

# DSO

Nº 13 • DICIEMBRE 2014

DEPORTE, SALUD Y ENTRENAMIENTO



OBJETIVO  
DE BENGT SAETIN



PLATOS Q-RING /  
BUSCANDO LA  
PEDALADA PERFECTA



EFFECTOS DEL  
ENTRENAMIENTO  
INTERVALICO DE  
ALTA INTENSIDAD EN EL  
RENDIMIENTO  
DEPORTIVO Y LA SALUD

HIPOSMETILBUTIRATO  
Y SU POSIBLE  
APLICACIÓN DEL  
DEPORTE A LA SALUD

GOBIERNO DEL  
PRINCIPADO DE ASTURIAS  
DIRECCIÓN DE POLÍTICAS  
DEPORTIVAS Y OLEAS Y DEPORTES



PRINCIPADO  
DEPORTIVO MUNICIPAL  
PRINCIPADO DE ASTURIAS



Unidad Regional  
de Medicina Deportiva  
Principado de Asturias

CON EL DEPORTE,  
de toda  
la vida



**FDM**  
AVILÉS

# SUMARIO

# 01



Obituario Dr. Bengt Saltin. ▶	02	04
Platos Q-Ring – Buscando la Pedalada Perfecta. ▶	05	20
Efectos del entrenamiento interválico de alta intensidad en el rendimiento deportivo y la salud. ▶	21	31
Hidroximetilbutirato y su posible aplicación del deporte a la salud. ▶	32	42
Bibliografía. ▶	43	48

Edita: CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE.  
DIRECCIÓN GENERAL DE DEPORTE.  
Depósito Legal: AS-3692-2002  
Diseño y maquetación: SIGNUM COMUNICACIÓN Y DISEÑO.  
Filmación: Gráficas Apel.  
Imprime: Gráficas Apel.



\* La revista Deporte, Salud y Entrenamiento no se responsabiliza de las opiniones aquí vertidas por los diferentes autores de los artículos.



## OBITUARIO DR. BENGT SALTIN

El pasado 12 de Septiembre falleció el Dr. Bengt Saltin a los 79 años. Bengt Saltin no solo ha sido una de los científicos y propulsores más importantes de la Fisiología del Ejercicio y la Medicina Deportiva, sino que fue toda su vida un gran ejemplo como persona. Investigó en aspectos muy variados de la fisiología y trabajó en colaboración con los fisiólogos más punteros a nivel mundial, pero siempre tuvo una visión global del ser humano y de su salud.

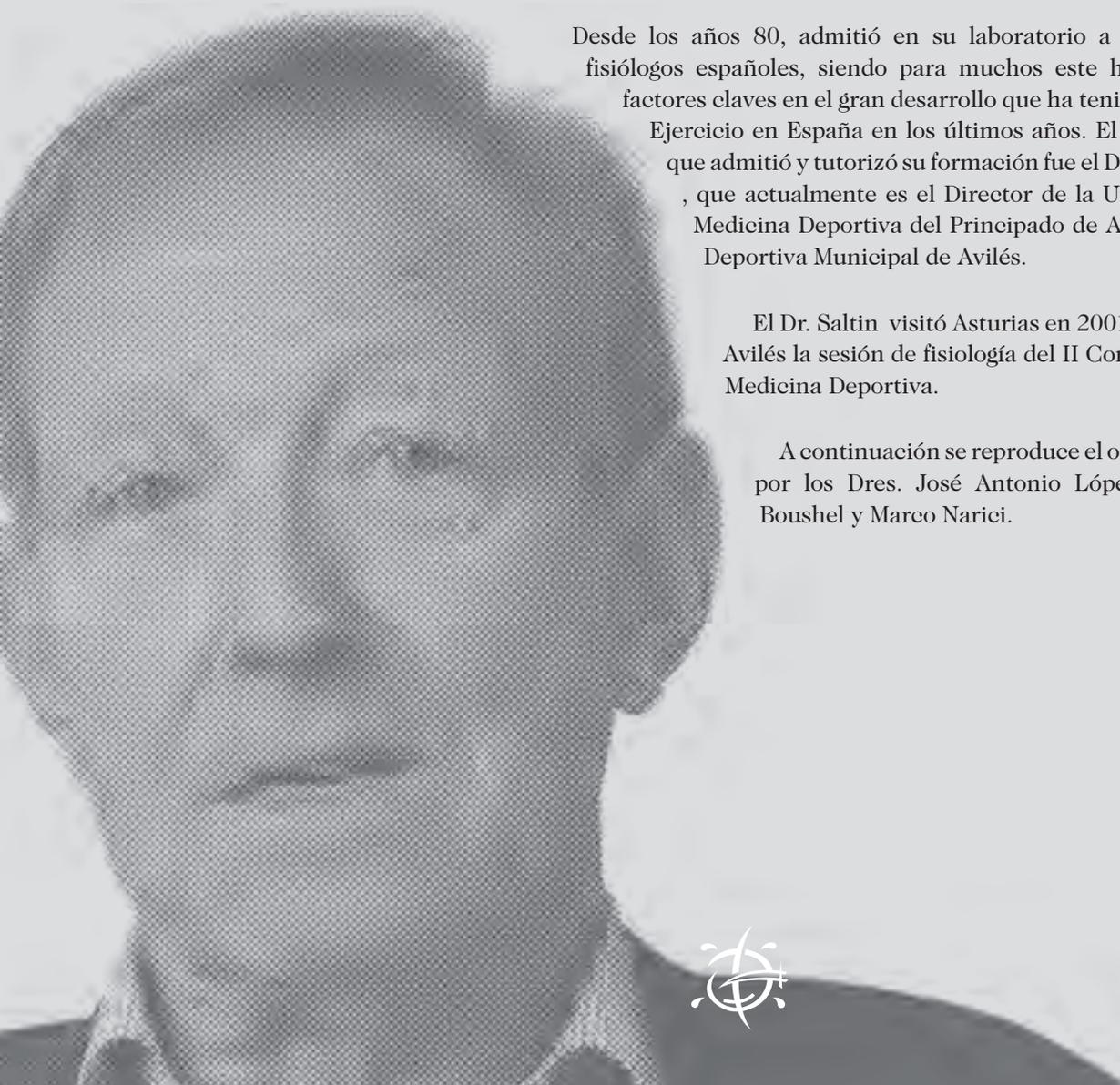


A pesar de su inmensa producción científica (más de 500 publicaciones de primer nivel e innumerables premios y reconocimientos internacionales), tenía tiempo siempre para atender a sus “estudiantes”.

Desde los años 80, admitió en su laboratorio a varios médicos y fisiólogos españoles, siendo para muchos este hecho, uno de los factores claves en el gran desarrollo que ha tenido la Fisiología del Ejercicio en España en los últimos años. El primer español al que admitió y tutorizó su formación fue el Dr. Nicolás Terrados, que actualmente es el Director de la Unidad Regional de Medicina Deportiva del Principado de Asturias-Fundación Deportiva Municipal de Avilés.

El Dr. Saltin visitó Asturias en 2001, pues presidió en Avilés la sesión de fisiología del II Congreso Europeo de Medicina Deportiva.

A continuación se reproduce el obituario redactado por los Dres. José Antonio López Calbet, Robert Boushel y Marco Narici.



Falleció en Estocolmo, a los 79 años, Bengt Saltin, considerado como uno de los padres de la moderna fisiología del ejercicio.

Bengt Saltin nació en Suecia el 3 de junio de 1935 y pasó su infancia y juventud en las afueras de Estocolmo, donde sus padres, Margaret y Sven eran profesores en un colegio público. Creció en pleno contacto con la naturaleza y aunque mostró buenas dotes para el atletismo, que practicó, su primera intención fue estudiar para ingeniero forestal. Su madre, sin embargo, le convenció para que estudiara Medicina, lo que hizo en el Instituto Karolinska, donde Ulf van Euler lo tomó como ayudante. Van Euler, quien posteriormente, en 1970, fue laureado con el premio Nobel, ya había descubierto por entonces algunas sustancias vasoactivas, como la noradrenalina. Dado que Saltin mostró un gran interés por el deporte, logró que le presentaran al profesor danés Erik Hohwü Christensen, quien tras haber trabajado con August Krogh y Johannes Lindhard en Copenhague acaba de ser nombrado director del Real Instituto de Gimnasia de Estocolmo (actualmente, Escuela Sueca de Deporte y Ciencias de la Salud).

El verano de 1959, a los 24 años, Saltin comenzó sus prácticas académicas en el campo de la Fisiología del Ejercicio, y su primera investigación, un estudio de la fisiología del ejercicio intermitente, se publicó en 1960. En 1964 defendió su tesis doctoral, dirigida por Hohwü Christensen y Per-Olof Åstrand y posteriormente se embarcó en una prodigiosa producción de investigaciones en el ámbito de la fisiología del ejercicio, que le convirtieron en una de las referencias mundiales. Durante los años 60, Saltin trabajó con algunos de los mejores fisiólogos del mundo, y dio a luz a varios artículos científicos que rápidamente se convirtieron en clásicos de la ciencia del deporte. La mayoría de ellos versaban sobre los factores que limitan el rendimiento físico y las adaptaciones derivadas del entrenamiento. En esa época, trabajando con Jonas Bergstrom y Erik Hultman, comenzó una nueva línea de investigación centrada en las adaptaciones del músculo al ejercicio que en la que trabajó a lo largo de su carrera. A finales de los años 60, su trabajo en Dallas "Respuesta al ejercicio después de descansar en la cama y después del entrenamiento" tuvo un gran impacto tanto en fisiología como en medicina, pues sentó las bases científicas para que los pacientes con enfermedades coronarias comenzaran a hacer ejercicio. En 2002, en parte debido a este estudio, el Comité Olímpico Internacional le galardonó con su premio en Ciencias del deporte, el mayor reconocimiento que un científico puede recibir del mundo del deporte. En 1973 entró como profesor en la Universidad de Copenhague, donde terminó siendo director de Centro de Investigación Muscular, donde diversos grupos de científicos, alimentados por el liderazgo de Saltin, investigaron la fisiología cardiovascular y del músculo desde el enfoque más sistémico hasta los más avanzados niveles moleculares. Saltin, además, lideró varias investigaciones de campo en el Himalaya, los Andes, Groenlandia y Kenia, donde se estudió diferentes aspectos de la adaptación del organismo humano al medio ambiente. También dirigió estudios comparativos de la fisiología de los camellos y los caballos que se convirtieron rápidamente en clásicos en su campo.



# 04

Gracias a su tremenda curiosidad en diversas áreas científicas y a su enorme capacidad de trabajo, Saltin publicó más de 500 obras, dirigió las investigaciones de decenas de estudiantes de todo el mundo y hasta ocupó el cargo de decano de la facultad de Ciencias de la Universidad de Copenhague. Fue condecorado como caballero del reino danés y honrado con la medalla de oro del rey sueco. Fue miembro de la Academia de Ciencias danesa, recibió doctorados honoris causa de 12 universidades de todo el mundo y fue presidente fundador del European College of Sport Science (1995-1997).

Fue Saltin un hombre de talento excepcional, capaz de abarcar cualquier aspecto de la fisiología del ejercicio. Su trabajo contribuyó significativamente al avance de la comprensión del metabolismo muscular, de la regulación de la circulación sanguínea y de los mecanismos de adaptación al entrenamiento. Su interés en los mecanismos que subyacen bajo las respuestas fisiológicas le llevó a desarrollar nuevos métodos, como el modelo de extensión de la pierna y la medición del flujo sanguíneo durante el ejercicio mediante termodilución. Gracias a ello se alcanzó un nuevo nivel de complejidad en los experimentos diseñados para estudiar la regulación de la vasodilatación muscular, el metabolismo muscular y el transporte y el consumo de oxígeno.

Cuando le preguntaban cuál era el secreto de una carrera investigadora exitosa, él siempre respondía: “una buena pregunta”. Disfrutaba de las discusiones científicas y le motivaban especialmente los desafíos que le planteaban experimentos aparentemente imposibles que él a veces conseguía llevar a cabo. Tenía una memoria magnífica, que unida a su gran gusto literario, artístico y teatral, su agudeza intelectual y su gran sentido del humor, le convirtió en un fascinante contador de historias. Fue no solo un brillante científico, sino, sobre todo, una magnífica persona. Todos le echaremos de menos.



▶ José Antonio L. Calbet

*Catedrático, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria*

▶ Robert Boushel

*Catedrático, Universidad de Estocolmo*

▶ Marco Narici

*Catedrático, Universidad de Nottingham, Presidente del European College of Sport Science*



# PLATOS Q-RING / BUSCANDO LA PEDALADA PERFECTA

Buscando la pedalada perfecta ◀

Antecedentes ◀

Materiales y métodos ◀

Protocolo de estudios ◀

Resultados ◀

Discusión ◀

Conclusiones ◀

## ▶ Buscando la pedalada perfecta

EL OBJETO DE ESTUDIO DEL PRESENTE TRABAJO, DESCRIBE LA BÚSQUEDA DE LA PEDALADA MÁS EFICIENTE POSIBLE, VALORANDO EL TRABAJO DE LOS PLATOS OVALES COMO MEJORA DEL RENDIMIENTO Y MENOR STRESS MUSCULAR DURANTE EL TRABAJO.

El objeto de estudio del presente trabajo, describe la búsqueda de la pedalada más eficiente posible, valorando el trabajo de los platos ovals como mejora del rendimiento y menor stress muscular durante el trabajo.

Durante el mismo, vamos a realizar diferentes pruebas objetivas para valorar la pedalada de cada corredor, y poder determinar, la mayor eficiencia posible. Este trabajo, vamos a realizarlo con los corredores del equipo Júnior de la Fundación Alberto Contador.

El equipo está formado por 14 corredores con edades comprendidas entre los 16 a 18 años, con un peso que varía de los 60 a 72 kgs, una estatura que varía desde 1,65 a 1,82 y un consumo de oxígeno de entre 65-72 ml/kg/min.

*José Luis de Santos*

PRESIDENTE DE LA ASOCIACIÓN DE CICLISTAS PROFESIONALES (ACP)

EX-DIRECTOR DEPORTIVO DEL EQUIPO CICLISTA SPECIALIZED-FUNDACIÓN ALBERTO CONTADOR.

EX-SELECCIONAR NACIONAL ESPAÑOL DE CICLISMO EN CARRETERA PROFESIONAL - SUB-23 Y CICLOCROS.



# 06

Nuestro elenco de corredores proceden de diferentes provincias españolas (Madrid, Castilla-La Mancha, Andalucía, Cantabria, Islas Baleares..) por lo que cualquier trabajo que realizamos lo hacemos en momentos concretos, juntando a todos los corredores en diferentes concentraciones y realizando un seguimiento, la mayoría de los fines de semana, en las diferentes competiciones.

La primera toma de contacto con los platos ovals la realizamos en la primera concentración, allá por el mes de Diciembre. Algunos de los corredores ya los habían probado y otros muchos no. Esto ha supuesto mucha adaptación y modificación biomecánica de la bicicleta, zapatillas, etc.

En una segunda concentración, ya con los corredores en plena adaptación, se les hizo una prueba específica (rodillo computrainer) para comprobar en que posición debían llevar colocados los platos, si era correcta o no la posición que llevaban. Esta prueba específica valoraba el tipo de pedalada de cada corredor a diferentes intensidades y tiempo, viendo si ésta era redonda o no a lo largo del tiempo (1', 5', ...).

Las zonas de máxima ovalidad, implican el trabajo de la musculatura de manera uniforme, así músculos como el vasto interno, femorales o la zona externa del gemelo, cuya implicación en el pedaleo suele ser menor, ahora han de trabajar más de la cuenta, para ponerse al día con la demanda de fuerza. El rendimiento muscular es bueno y la velocidad no baja, pero se nota cierta reorganización muscular con la finalidad de que toda la musculatura trabaje de manera mas eficiente y coordinada.

Los platos Q-RING, no tienen porqué ir en el mismo punto, ya que no tenemos la misma postura ni cadencias subiendo que rodando en llano. Se pueden cambiar los puntos platos por plato, hasta conseguir una adaptación plena en el pedaleo.

La maduración del hematíe a partir de la célula precursora es un proceso largo y que necesita de diferentes estímulos y substratos plásticos hasta llegar a formar parte del pool de sangre circulante.

Las características metabólicas, tintoriales, morfológicas histológicas, etc. van cambiando a lo largo de su proceso madurativo y son indicativos de su funcionalidad.





## Rangos de cadencias (aproximado)

- ▶ **Q-RING Punto 2/1 (mtb):** 50-65 ppm
- ▶ **Q-RING Punto 3/2 (mtb):** Ideal para la fase de adaptación: 70-90ppm
- ▶ **Q-RING Punto 4/3 (mtb):** 85-115ppm

Por ejemplo, un ciclista ligero de carretera, de cadencias medias-altas, usará el punto 3 en el plato Q-RING grande, para en llano aprovechar su fuerza y el punto 4 en el Q-RING pequeño para subir con cadencias altas y disponer de toda su aceleración.

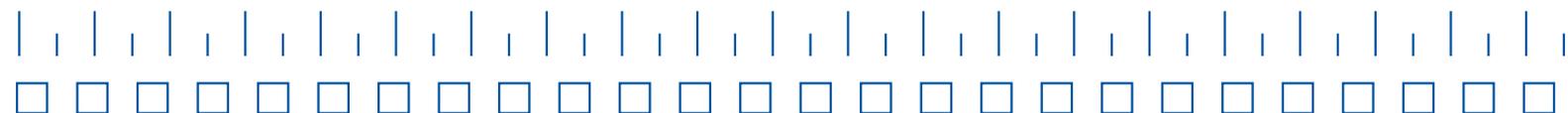
Pasar el Q-RING, al 4 en carretera o al 3 en montaña, ayudará a mantener cadencias altas sostenidas y a la aceleración, pero restará cierta velocidad punta.

Pasar el Q-RING, al punto 2 en carretera o al 1 en mtb, restará aceleración, pero aportará "tranca" y capacidad para rodar a alta velocidad aplicando fuerza de forma constante. Es para corredores que pedalean con bastante retraso de sillín y apoyan sobre el final de este, en las aletas, yendo sentados la mayor parte del tiempo y a cadencia mas baja. En este caso la llegada un poco superior de la máxima ovalidad es un beneficio.

Por otro lado, el Q-RING en el punto 4/punto 2 mtb sitúa la aplicación de fuerza un poco mas abajo en la biela, es decir, a nivel posicional en la bici, favorecerá a un corredor que pedalee con cierto adelanto de sillín o en la punta de este.



**FOTOGRAFÍAS IZQUIERDA:**  
Platos Q-Ring y sus diferentes puntos de cadencia





A lo largo de la historia se han descrito dos formas diferentes de pedalear: pedaleo en forma de pistón y pedaleo redondo. El pedaleo a pistón se ha definido como un pedaleo irregular en la forma de aplicar fuerza al pedal, semejante al mecanismo de funcionamiento de un pistón en un motor (de ahí su nombre). Se consideraba que sólo se aplicaba fuerza al pedal en la fase descendente de la pedalada, existiendo dos puntos muertos (superior e inferior) y una fase negativa, cuando se produce el recobro de la pedalada.

El pedaleo redondo, se ha descrito como la aplicación de fuerza al pedal durante todo el ciclo de la pedalada, no existiendo puntos muertos en el ciclo, y aplicando fuerza tanto en la fase descendente como en el recobro de la pedalada (tirando del pedal hacia arriba y atrás).

Evidentemente, lo ideal sería poder conseguir un pedaleo redondo siempre, pero...¿es posible? Para responder a esta pregunta se han hecho diferentes estudios del pedaleo con ROTOR y con nuestros corredores.

A lo largo del informe iré comentando que evolución hemos tenido con los ciclistas Júnior basándonos en datos objetivos.

## Antecedentes



Existen numerosos estudios cuyo fin es analizar la actividad de los músculos que intervienen en el pedaleo. En la mayoría de ellos se analizan factores fisiológicos que incluyen las variables determinantes del rendimiento deportivo, como son: consumo Máximo de Oxígeno ( $VO_2$  máx.), principal indicador de la capacidad aeróbica del ciclista, Frecuencia Cardíaca Máxima, Umbrales Aeróbico y Anaeróbico, Lactacidemia Máxima, Eficacia Mecánica, etc.

En un ámbito más común los parámetros más utilizados para determinar la intensidad de un esfuerzo son la frecuencia cardíaca y el acumulo de lactato en sangre, si bien este último actualmente se ha puesto tan de moda por el abaratamiento de los instrumentos para su medida; ya los medidores de lactato son hoy por hoy asequibles a muchos bolsillos (Dumke y cols., 2006).

Para dotarnos de mas información diversos estudios han relacionado el  $VO_2$  con los factores cardiovasculares (Vella & Robergs, 2005) y parámetros como la frecuencia cardíaca se han estudiado junto a otros como la acumulación del lactato en sangre en ciclismo contrarreloj (Dumke y cols., 2006).

Vella & Robergs investigan sobre las relaciones no lineales del  $VO_2$  y los parámetros cardiovasculares centrales (gasto cardíaco, volumen sistólico y ritmo cardíaco) durante una prueba incremental hasta el  $VO_2$  máx. en ciclistas entrenados. Los autores deducen que el  $VO_2$  máx. y los factores cardiovasculares centrales son determinantes en el rendimiento ciclista, y de ahí, que se propongan estudiar si existe relación entre ambos, de manera que uno interfiera la consecución del otro y viceversa. Concluyen su investigación con que, las relaciones entre el  $VO_2$  y los factores cardiovasculares centrales son no lineales a altas intensidades cercanas al  $VO_2$  máx. en atletas de nivel medio y alto cuando se les someten a pruebas incrementales máximas de laboratorio sobre cicloergómetro midiendo directamente todas estas variables aquí indicadas.



De otro modo, dentro de las variables cardiovasculares centrales, quizá sea la frecuencia cardíaca la más utilizada para reflejar la intensidad de un esfuerzo continuo, ya que la misma es de fácil y precisa medida mediante la colocación de un pulsímetro que ofrece un feedback inmediato tanto a atleta como a entrenadores y científicos. Así (Dumke y cols., 2006) han investigado el comportamiento de la frecuencia cardíaca y de la acumulación láctica en torno al umbral anaeróbico durante las contrarrelojes. Si en el deporte de resistencia el concepto umbral anaeróbico es importante, en el ciclismo de carretera lo es aún más. Este punto de inflexión tanto de las respuestas ventilatorias (VT2), frecuencia cardíaca (segunda pérdida de la linealidad en ejercicio incremental), o la acumulación de lactato en sangre (en torno a 4 mmol) supone el gran factor de rendimiento que es necesario entrenar para poder rendir en algunas especialidades del ciclismo en ruta como son la contrarreloj individual y por equipos.

La Fuerza de aplicación durante el pedaleo no es constante. Ericsson y Nisell han mostrado que la fuerza tangencial es máxima cuando las bielas están sobre la horizontal. Sin embargo, estos autores indican la existencia de dos puntos críticos en la evolución de la fuerza tangencial y que corresponden a los puntos muertos superior (PMS) e inferior (PMI), justamente cuando las bielas se posicionan verticalmente. Para aumentar la efectividad mecánica del pedaleo, se han propuesto diferentes tipos de platos, no circulares. Platos elípticos que pretendían acelerar la pedalada hacia abajo y hacia arriba, como por ejemplo Cullen y Hull hablan de un plato elíptico (Shimano Biopace), en el que la máxima velocidad angular ocurría cuando los ángulos de las bielas estaban a  $66^{\circ}$  y  $246^{\circ}$  desde el (PMS). Además Hull, presentó una forma elíptica (ENG 10) que obtenía la máxima velocidad cuando los ángulos de las bielas estaban a  $100^{\circ}$  y  $280^{\circ}$  desde el (PMS). Todos estos platos tenían la particularidad de que los brazos de las bielas se colocaban de modo que el diámetro perpendicular era el menor, y el mayor era el paralelo.

En esta última década, se desarrolló un nuevo plato ovoide llamado "O.Symetric Harmonic", diferente a los platos "Shimano Biopace" y "Eng 10". Los estudios concluyen que aunque los platos "Harmonic" habían sido diseñados para optimizar el pedaleo, no se obtuvieron ventajas en la respuesta fisiológica de los ciclistas, a esfuerzos máximos y submáximos, con respecto a los platos circulares normales.

Actualmente, la empresa Rotor Componentes Tecnológicos SL, ha desarrollado un nuevo tipo de platos ovales "platos Q de desarrollo variable (Q-Rings)". Los Platos Q imitan



# 10

la biomecánica del pedaleo Rotor durante la bajada del pedal, cuando el ciclista genera mayor potencia; es decir, que cuando el pedal baja, el plato Q mueve progresivamente un desarrollo mayor según la capacidad de las piernas en cada momento. Así, el plato *i* aumenta el diámetro a medida que el ciclista aumenta la fuerza sobre el pedal en la zona de potencia (bajada de pedal); mientras que en el paso por los puntos muertos reducen su diámetro (y por tanto desarrollo), comportándose prácticamente como un plato circular pero de menor diámetro (menos dientes) a fin de reducir la carga sobre las rodillas

Estos platos reducen el punto muerto y optimizan la entrega de potencia desarrollada, durante la acción del pedaleo.

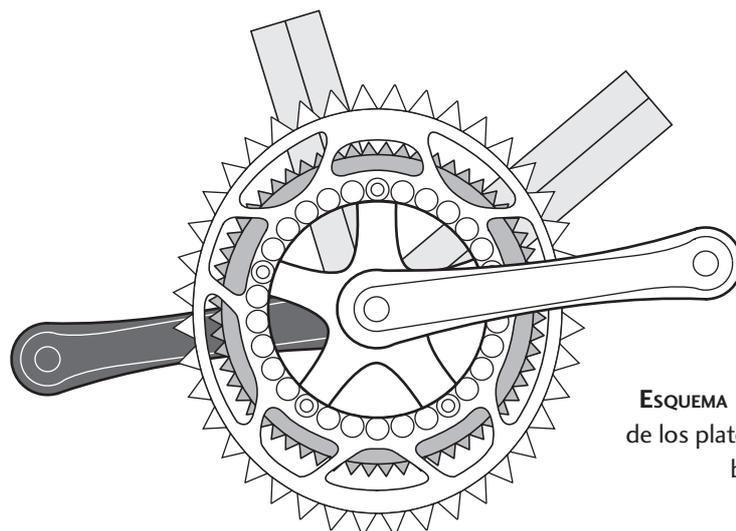
El plato Q-Rings tiene dos zonas diferenciadas, una de desarrollo creciente y otra decreciente.

La zona creciente, se sitúa donde la musculatura de las piernas, durante la acción del pedaleo, es capaz de desarrollar toda su potencia. El plato Q-Ring, en ese momento concreto, crece hasta dar un desarrollo 2,6 dientes superior, respecto al desarrollo original del plato (al usar un plato de 52 dientes con los juveniles, en la zona máxima de optimización será equivalente a uno de 54,6 dientes) con el fin de aprovechar al máximo toda la potencia que desarrollamos y no desperdiciar energía.

Inmediatamente después de superar ese punto concreto, de máxima fuerza, el desarrollo comienza a decrecer progresivamente hasta lograr su desarrollo mínimo en la zona del punto muerto (el desarrollo será de 2,4 dientes menos, es decir, 49,6 dientes). Pasado el punto muerto, el desarrollo vuelve a crecer progresivamente hasta el siguiente punto de máximo esfuerzo.

Durante una vuelta completa de los pedales, el plato Q-Rings pasa por dos zonas de máximo desarrollo y dos zonas minimizadas de punto muerto, consiguiendo una optimización de la entrega de fuerza y una aceleración moderada de la cadencia de pedaleo.

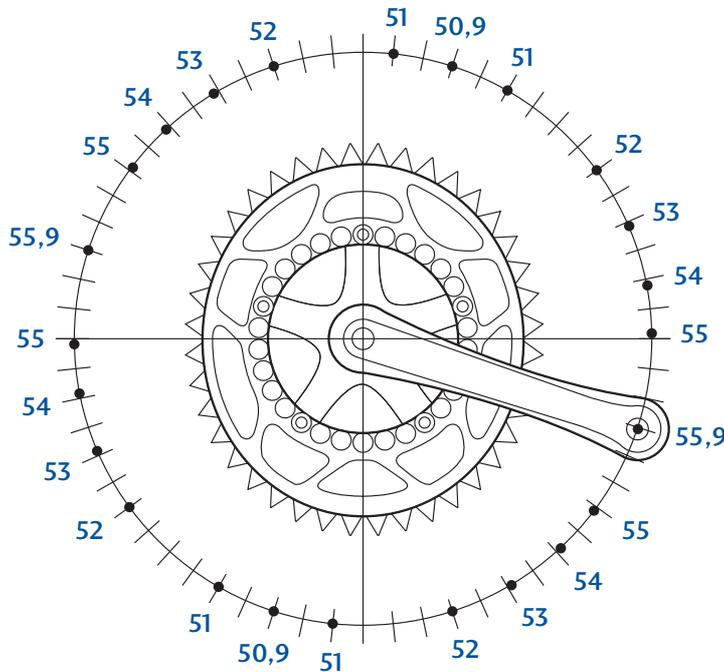
Los platos Q, sitúan el momento de máximo desarrollo (máximo diámetro del plato) unos 15 – 20° bajo la horizontal durante el golpe del pedal, ya que en realidad es en torno a la horizontal donde mayores son las fuerzas tangenciales. Basándose en esto, los Q-Rings orientan el máximo desarrollo del óvalo para optimizar la entrega de potencia ciclista.



**ESQUEMA 1:** Esquema sintético de los platos Q adaptados a las bielas convencionales



Por ejemplo, para un plato de 53: en torno al PMS, el plato Q aplica un desarrollo equivalente a un plato circular de 51 dientes (figura 2); posteriormente, según el pedal va bajando y va creciendo la componente tangencial de la fuerza aplicada sobre el pedal, el diámetro del plato Q también se incrementa, con lo que el desarrollo sube para llegar hasta un 56 que se posiciona con cierto ángulo de desfase ( $\sim 15^\circ$ ) respecto al momento de máxima potencia ( $\sim$ la horizontal).



**ESQUEMA 2:** Desarrollo variable que genera el plato Q a lo largo del ciclo de pedaleo.

Por otra parte el plato Q tiene la particularidad de que permite su anclaje a las bielas con diferentes orientaciones, de forma que se pueda ajustar el citado ángulo de desfase para cada ciclista. Es decir, cada ciclista es capaz de aplicar su máxima fuerza. Por otra parte el plato Q tiene la particularidad de que permite su anclaje a las bielas con diferentes orientaciones, de forma que se pueda ajustar el citado ángulo de desfase para cada ciclista. Es decir, cada ciclista es capaz de aplicar su máxima fuerza. En un momento concreto (y distinto) del Por otra parte el plato Q tiene la particularidad de que permite su anclaje a las bielas con diferentes orientaciones, de forma que se pueda ajustar el citado ángulo de desfase para cada ciclista. Es decir, cada ciclista es capaz de aplicar su máxima fuerza. ciclo Por otra parte el plato Q tiene la particularidad de que permite su anclaje a las bielas con diferentes orientaciones, de forma que se pueda ajustar el citado ángulo de desfase para cada ciclista. Es decir, cada ciclista es capaz de aplicar su máxima fuerza. de pedaleo: Por otra parte el plato Q tiene la particularidad de que permite su anclaje a las bielas con diferentes orientaciones, de forma que se pueda ajustar el citado ángulo de desfase para cada ciclista. Es decir, cada ciclista es capaz de aplicar su máxima fuerza. “punto de par máximo” (PPM).

Siguiendo esta teoría, la novedad de los platos Q es que incorporan un sistema de regulación múltiple OCP (Optimum Chainring Position) que permite a cada ciclista orientar el diámetro mayor del plato en función de su propio punto de máximo par, adaptando la tracción del plato variable a la biomecánica de cada ciclista.



Este es un punto de originalidad que permite una mejor adaptación del ciclista, toda vez que tras definir cuál es su orientación o regulación idónea (es decir, variación de los ejes del plato con respecto a las bielas), el sujeto puede desarrollar el pedaleo de una forma más eficaz.

Si al aminorar el punto muerto, los platos q-Rings contribuyen a un pedaleo más eficaz con la consiguiente mejora para el rendimiento deportivo, ello debería reflejarse en las respuestas fisiológicas de los ciclistas durante los entrenamientos y competiciones, así como en las pruebas o test fisiológicos de laboratorio y/o de campo.

Por ello, el objetivo de este estudio ha sido comparar los datos fisiológicos obtenidos tras test máximos y submáximos en ciclistas aficionados élite sub23 que desarrollaron las pruebas con platos PQ (Platos Q-Rings ovalados) frente a los Platos PN (Platos circulares convencionales).

## Materiales y métodos

En el presente estudio han participado catorce (n=14) ciclistas juveniles del equipo Specialized-Fundación Alberto Contador Team. El estudio se llevó a cabo desde la primera a la tercera semana de entrenamiento, es decir, coincidiendo con el inicio de la preparación para la presente temporada 2013.

Para llevar a cabo las pruebas de laboratorio se ha utilizado un rodillo COMPUTAINER™ que combina freno electromagnético y aerodinámico, junto a la propia fuerza de rozamiento rueda-rodillo.

Este tipo de máquina controla la resistencia aplicada a la rueda de la bicicleta, por ordenador. Las pruebas realizadas en dicho rodillo, como cualquier otro, no pueden asegurar que los resultados sean extrapolables al pedaleo real en carretera. La ventaja es que dicho rodillo computerizado permite que cada ciclista pueda usar una regulación adecuada del plato Q, gracias a su herramienta SPINSCAN, que da información adecuada sobre la forma de pedalear de cada corredor. Además cada ciclista puede utilizar su propia bicicleta para llevar a cabo la prueba. En todos los test se utilizó la misma rueda trasera (la de fricción) a la misma presión (8 atmósferas), y a cada uno de los ciclistas se le colocó el plato Q-Rings (PQ) o el plato circular normal (PN), dependiendo de la prueba que le correspondiera realizar.

Dos días antes de la realización de las pruebas se convocó a los corredores en el laboratorio con el fin, por una parte, de darles a conocer el objetivo del estudio y las pruebas a realizar, para obtener el permiso escrito de su consentimiento firmado; y por otra, llevar a cabo la historia clínica y la exploración física correspondiente. Así mismo, se procedió a la extracción de sangre para su posterior estudio bioquímico y hematológico, a fin de conocer el estado y perfil biológico de cada participante, además de poder permitir excluir a aquellos sujetos que pudieran mostrar alguna afección patológica o fuera de rango de un perfil fisiológico normal. (Criterios de la Comisión Médica de la UCI-2005).



Por último, la mitad de los ciclistas (aquellos que en el test tenían que hacer la prueba con PQ en primer lugar) pedalearon con sus bicicletas por 5 minutos en el COMPUTRAINER, de forma que según su SPINSCAN fuera alto, medio o bajo, se les instalara el PQ regulado según dicha orientación. Para la otra mitad esto no fue necesario, pues al realizar estos ciclistas en primer lugar el test con plato normal (PN), de tal test se pudo obtener el SPINSCAN de cada uno de los corredores, determinándose su regulación optimizada del PQ.

Así, previamente a cada test PQ, se definió para cada ciclista su punto de regulación Q u orientación de la biela respecto al diámetro mayor de dicho plato.

El mismo día de las pruebas o test de laboratorio también se procedió a obtener muestras de sangre venosa en la vena basílica mediana, antes e inmediatamente después de finalizar el test de ejercicio máximo en su propia bicicleta adaptada a un ergómetro, con el objeto de determinar los cambios inducidos por el mismo en las variables sanguíneas.

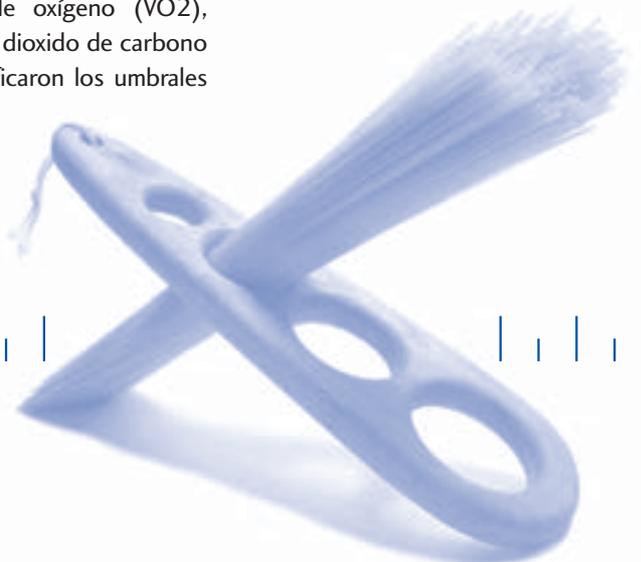
Para las valoraciones analíticas, disponemos de autoanalizador para las determinaciones sanguíneas (Coulter Electronics Ltd.) y bioquímicas (Hitachi). La medición de lactatos se realizó, previa punción con lancetas estériles (Boehringer®), con el sistema de micrométodo "Lactate Pro" (digital con tiras de prueba) con base en un método amparométrico que utiliza una reacción enzimática, cuyo método necesita de tan solo 5 TI y cuyo coeficiente de variación es del 3%. Así mismo y en paralelo se llevaron a cabo medidas con un "Accusport" que lleva a cabo las determinaciones por método enzimático y fotometría de reflejo (con longitud de onda de 660 nm) de lactato utilizando muestras de sangre pura, con unos 20-30 TI. Este método tiene una buena correlación en las determinaciones con respecto al analizador YSI 1500 (analizador de referencia con el que se validó) de entre  $r=0.90$  y  $r=0.97$ . Las muestras se obtuvieron antes de iniciar el test, así como a los 1,3 y 5 min. De finalizar el mismo para obtener el lactato máximo.

El registro de la frecuencia cardiaca se realizó de forma continua y almacenada, con pulsómetro (Polar -- RC3 ).

Durante toda la prueba se monitorizó continuamente el intercambio de gases respiración a respiración (Medical Graphics System CPX-Plus).

Se recomendó a los ciclistas realizar el día anterior a la prueba, un entrenamiento ligero una dieta rica en hidratos de carbono. Estudios nutricionales han sugerido que uno de los factores limitantes del rendimiento es la habilidad de consumir adecuadamente importantes cantidades de carbohidratos para recuperar la provisión de glucógeno en los músculos en el día a día.

Las variables calculadas en la prueba fueron el consumo de oxígeno ( $VO_2$ ), ventilación (VE), equivalente ventilatorio del oxígeno ( $VE \cdot VO_2^{-1}$ ), del dióxido de carbono ( $VE \cdot VCO_2^{-1}$ ), cociente respiratorio (RER). Posteriormente se identificaron los umbrales ventilatorios, atendiendo al criterio del incremento de  $VE \cdot VO_2^{-1}$  sin el aumento del  $VE \cdot VCO_2^{-1}$  para el VT1 y el incremento del  $VR \cdot VO_2^{-1}$  paralelamente al del  $VR \cdot VCO_2^{-1}$  para hallar el VT2.





## Protocolo de estudio

Las pruebas se realizaron en tres sesiones de dos días con cada participante, en semanas diferentes.

En la **primera y la tercera semanas**, la prueba se hace dos días seguidos, el primer día la mitad del grupo usaba el PQ (ya regulado para cada ciclista) y la otra mitad el PN, y al día siguiente al revés. El protocolo desarrollado consistió en calentar 15-20 minutos en rodillo, luego se les puso una carga de 200 W (vatios) durante 4 minutos antes de empezar la prueba incremental. La prueba incremental progresiva se inició a 200W, y a partir del 5º minuto, se incrementó 10 W más cada minuto hasta llegar al agotamiento. El desarrollo utilizado por los ciclistas para realizar fue libre, pero siempre Manteniendo un pedaleo entre 85 y 95 pedaladas por minuto, procurando mantener la cadencia en 90-91 ppm. A lo largo de la prueba se obtuvieron 4 muestras de sangre de la yema del dedo para la determinación del lactato sanguíneo. En cada uno de los momentos en que se obtuvieron las muestras sanguíneas se anotaron el tiempo y las pulsaciones. Tras 15 minutos de recuperación pedaleando sin resistencia y a 130 pulsaciones, se llevaron a cabo 4 sprints máximos de 20 segundos con 40 segundos de recuperación entre cada uno, dejándose llevar. Tanto inmediatamente antes de iniciar la serie de sprints como al 1º y 3º min después de finalizar los sprints se tomaron muestras para el análisis del lactato.

En la **segunda semana**, la prueba se hace también en dos días seguidos, el primer día la mitad del grupo usaba el PQ y la otra mitad el PN, y el día siguiente se intercambiaron los platos. Se intenta mantener horario y condiciones de cada ciclista en las que lo hicieron la semana anterior. Tras calentar 20 minutos en el rodillo se comienza la prueba, que consistió en una prueba submáxima al 90%.

Para calcular este 90% tomamos en cuenta los resultados de la semana anterior. Se hizo la media de los vatios máximos ( $W_{m\acute{a}x}$ ) alcanzados con cada uno de los platos (PQ y PN) para cada ciclista y se calcula el 90%. La prueba consiste en mantenerse pedaleando al 90% durante el máximo tiempo posible. Al igual que en el protocolo de la semana anterior se obtuvieron muestras sanguíneas al final de la prueba obteniéndose la lactademia.

Hay que tener en cuenta que el primer día si el ciclista sobrepasaba los 25 minutos se le paraba y se anotaba pulso y lactato. En las pruebas del segundo día en cuanto los sujetos sobrepasaban más de 8 minutos el tiempo ejercitado con respecto al día anterior, se detuvo igualmente la prueba y al final de la misma se tomaron el pulso y lactademia.

Debido a que pedaleando a altas potencias con cadencias muy bajas produce un aumento de la tasa de ácido láctico y un mayor reclutamiento de fibras tipo II; tanto pedalear a cadencias excesivamente altas como bajas, produce una estimulación temprana de la glucogenólisis en el músculo, siendo perjudicial en la economización del pedaleo.



Los resultados demostraron que con cadencias de pedaleo en torno a 120 rpm se reducía la potencia máxima generada en relación a cadencias inferiores. Sin embargo, cuando eligieron sus cadencias habituales el rendimiento no se vio afectado

En resumen una alta cadencia de pedaleo (el 34 % por encima de lo habitual; 120 revoluciones por minuto) reduce la potencia máxima ( $W_{m\acute{a}x}$ ) lograda durante una prueba de incremental progresiva en ciclistas bien entrenados. La disminución en la eficiencia fue asociada con un umbral anaeróbico inferior, que sugiere que el VT2 es un indicador sensible de cadencia óptima de pedaleo.

Los datos que se presentan son las medias aritméticas en cada momento analizado correspondiente a los datos obtenidos cuando realizaron las pruebas con platos Q-Rings (PQ) o platos normales (PN).

## Resultados

Los resultados obtenidos son presentados como expresión de las medias de los datos en cada una de las circunstancias analizadas y son reflejados en las siguientes tablas (1,2,3). En la interpretación de los resultados no se ha tenido en cuenta las variaciones estadísticas de los resultados, dado que se trata de un estudio preliminar, y se ha atendido más a las tendencias biológicas observadas. Obviamente con un grupo mayor de sujetos y con el control de los parámetros que consideraríamos óptimos, sería necesaria la valoración estadística de los resultados, de cara a su presentación para una Publicación científica.

En los resultados observamos que los sujetos cuando realizaron la prueba con los PQ desarrollaron una potencia algo mayor (en torno a un 3%), acompañado de una también ligera menor frecuencia cardiaca media (en torno a un 2%) a lo largo de la prueba incremental progresiva (Tabla 1).

En cuanto al test mantenido a una potencia del 90% observamos que con los PQ los ciclistas estuvieron pedaleando durante mayor tiempo que lo que lo hacían con los platos PN, una diferencia que a pesar de ser importante no podemos establecer numéricamente puesto que como se ha indicado anteriormente, cuando los sujetos sobrepasaban en 8 minutos el tiempo ejercitado el día anterior, se detuvo la prueba. Ello se acompañó de una menor producción de ácido láctico al final de la prueba. Sin embargo la frecuencia cardiaca media a lo largo del test no tuvo diferencias en las pruebas realizadas con cualquiera de los platos, PQ o PN (Tabla 2).

Cuando realizaron los sprints repetidos máximos de 20 segundos con 40 segundos de recuperación entre cada uno, obtuvimos que excepto en el segundo sprint en el que no hubo diferencias, en los otros tres (primero, tercero y cuarto), la potencia desarrollada en cada uno de ellos fue superior cuando lo hicieron con los PQ, con respecto a los PN (Tabla 3).

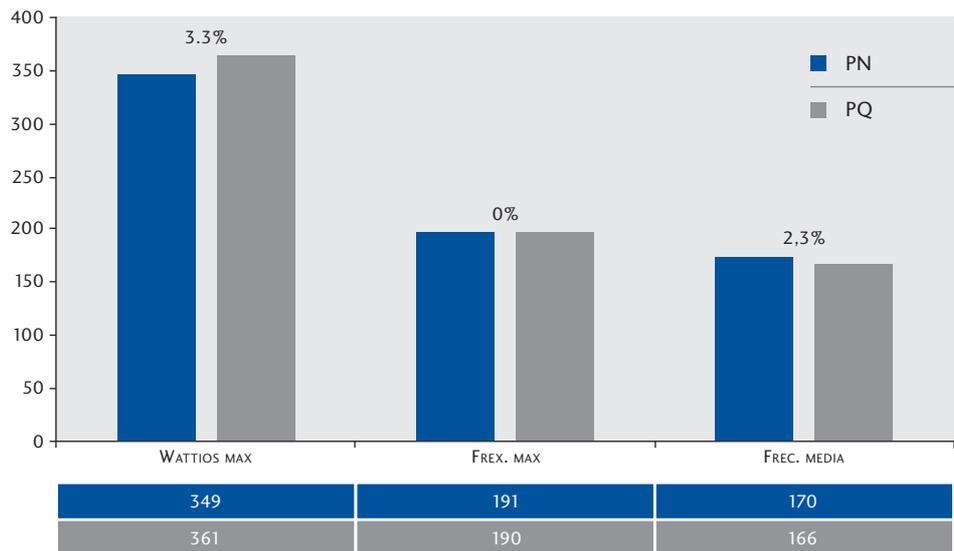




Independientemente de los platos utilizados (PQ o PN) los niveles máximos alcanzados de frecuencia cardiaca y consumo de oxígeno (VO2 max.) no varían, lo cual parece lógico puesto que se trata de pruebas donde cada sujeto debe seguir pedaleando hasta llegar a su máximo (hasta el agotamiento).

**TABLA 1:** Variables analizadas (W, HR-max, X-HR) en el test máximo incremental, realizados con los platos Q (PQ) y con los platos circulares normales (PN).

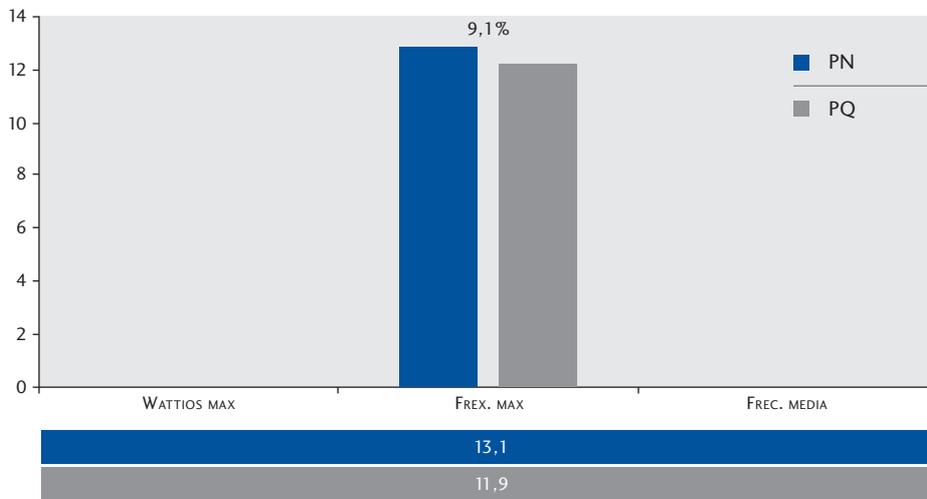
PLATOS	WATIOS	FRECUENCIA CARDIACA	FRECUENCIA CARDIACA
PQ	36 (54)	7,4	1
PN	32 (59)	22	3
DIF (-%)	41 (40)	22	2





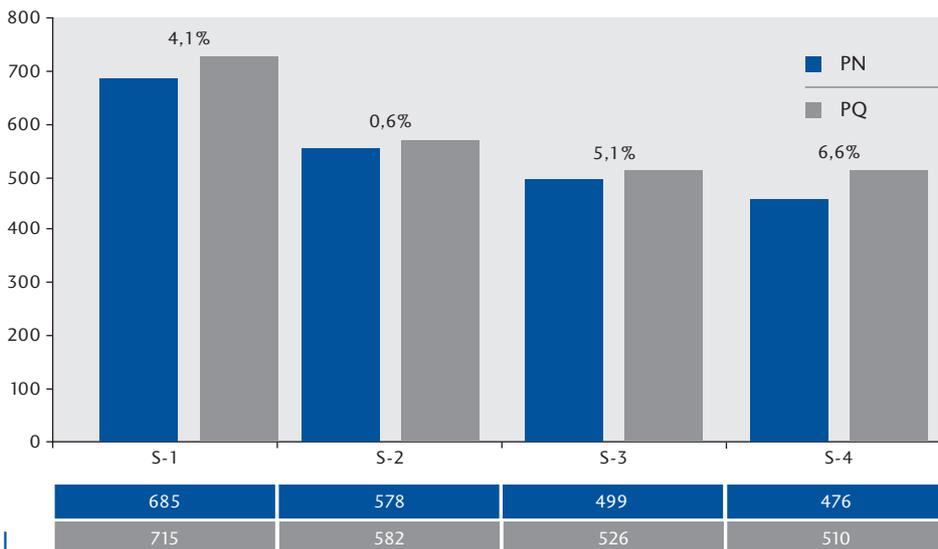
PLATOS	LACTACIDEMIA	FRECUENCIA CARDIACA
PQ	11.9+2.9	189+6.9
PN	13.1+4.1	190+5.4
DIF (-%)	9.1	=

**TABLA 2:** Variables analizadas (La-max, HR-max) en el test máximo mantenido al 90% de la potencia máxima obtenida en el test incremental, y realizados con los platos Q (PQ) y con los platos circulares normales (PN).



SPRINTS	PN	PQ	DIFEERNCIA PN VS PQ
S-1	685+100	715+74	4,1
S-2	578+62	582+47	0,6
S-3	499+71	526+78	5,1
S-4	476+74	510+84	6,6

**TABLA 3:** Variables analizadas (W, HRmax, X-HR) en el test de sprints cortos consecutivos, y realizados con los platos Q (PQ) y con los platos circulares normales (PN)





## Discusión



El hecho de no encontrar diferencias en el consumo de oxígeno máximo ( $VO_2$  max.) no nos parece relevante por cuanto se trata de una prueba máxima y por tanto no deberíamos esperar variaciones en este aspecto. En este sentido y concierne a otros estudios comparando los platos ovales con los circulares convencionales, otros autores tampoco han encontrado diferencias (B12,15,20). Por ejemplo, Henderson et al. (B19) encontraron que el  $VO_2$  max n era diferente en ciclistas no entrenados cuando pedaleaban en un cicloergómetro Monark equipado con platos circulares o elípticos a potencias de 50, 100 y 200 W. Cullen et al. (B12) tampoco encontraron diferencias significativas ni en e  $VO_2$  máx. ni en la frecuencia cardiaca durante un test submáximo usando platos circulares o elípticos en ciclistas entrenados.

Sin embargo, sí encontramos hechos relevantes. Lo más llamativo del estudio preliminar realizado ha sido observar que cuando los ciclistas realizaban la prueba al 90% del máximo establecido (media de las medidas obtenidas los platos PQ y PN), éstos eran capaces de mantener durante más tiempo el esfuerzo al que habían sido requeridos.

Por otra parte, en los sprints realizados tras la prueba de esfuerzo máxima, también aquellos que utilizaron los PQ fueron capaces de desarrollar (aunque en un porcentaje pequeño) mayor potencia en cada uno de los sprints, que cuando lo llevaron a cabo con los platos PN.

Un hecho destacable del estudio es también que tras la prueba máxima realizada al 90% observamos una menor producción de ácido láctico al final de la prueba, aún habiendo alcanzado la misma frecuencia cardiaca máxima. Este hecho podría interpretarse como un indicador de menor requerimiento metabólico cuando se utilizan los platos PQ con respecto a la exigencia requerida por los platos PN, ya que además se acompaña de un mayor tiempo de esfuerzo al 90% de la potencia máxima.

El hecho de haber obtenido una mayor entrega de potencia en los sprints repetidos cuando se realizaron con los plato PQ frente a los platos PN, podría interpretarse también como un indicador de una mayor eficacia biomecánica que se acompaña además de una mejor eficiencia metabólica como anteriormente se ha constatado. Es decir, en un mismo ejercicio máximo que supone una serie de 4 sprints, se obtuvo una entrega de potencia del orden del 4% en general favorable a los platos PQ. Aunque las diferencias porcentuales sean pequeñas, en el ámbito de la alta competición pueden ser decisivas en el resultado final, especialmente en las pruebas de esfuerzo máximo y continuo como las contrarrelojes.

Dado que no hemos encontrado diferencia en el consumo de oxígeno cuando los test se realizaban con un modelo u otro de platos, se podría sugerir que las demandas fisiológicas fueran insignificantes, hechos que coincidirían con la opinión de Kautz and eptune (B3), quienes postulan que el trabajo interno para mover las piernas podría no





ser independiente del trabajo externo para vencer la resistencia del pedal. Sin embargo, en nuestro estudio observamos que a pesar de no existir variaciones significativas ni en la frecuencia cardíaca máxima ni en el consumo máximo de oxígeno, desde el punto de vista metabólico observamos una menor producción de ácido láctico en el test mantenido con una carga del 90%. A este respecto y en un estudio llevado a cabo por Santalla et al (B19) analizando el sistema de pedaleo Rotor, que también pretende eliminar el punto muerto en el pedaleo, observaron que con el sistema Rotor se obtenía una mejora en la eficacia mecánica.

Estos autores (B19) justifican este fenómeno en el hecho de que cuando la pierna está en la fase de empuje desde la posición más alta, podría facilitar el trabajo de la otra pierna, que a su vez está implicada en la aplicación de la máxima fuerza descendente.

Normalmente los músculos aceleran y desaceleran las piernas lo que resulta en un incremento y descenso de la energía aportada. Sin embargo con los platos PQ la entrega de la fuerza parece ser más continua, con menos altibajos (como así comentan los propios ciclistas que realizaron las pruebas), lo que podría justificar que la producción de lactato estuviera de alguna forma amortiguada por el mero hecho del pedaleo armónico y continuado. Estos cambios que se producen en el aporte de la energía para realizar el trabajo externo, repercuten en el requerimiento para llevar a cabo el trabajo interno antes mencionado.

Por todo ello, pensamos que en los ciclistas experimentados en los cuales ya existe una perfecta coordinación muscular, el hecho de utilizar unos platos que aportan cierto ahorro energético podría ser beneficioso sobre todo en las pruebas en las que se requiere una máxima exigencia como son las contrarrelojes, sprints, demarrajés y escaladas.

Aparentemente, la posibilidad de ajustar la regulación del plato a la biomecánica óptima de cada ciclista, podría ser la clave de las diferencias de rendimiento que se han encontrado.

Dicho esto, creemos que sería necesario un estudio electromiográfico (EMG) complementario acompañado de un estudio metabólico que analice las variables bioquímicas que se ven afectadas por la actividad física, tanto en pruebas de laboratorio del tipo de las realizadas como tras pruebas de campo (ejemplo un entrenamiento de 3- 4 horas). Este estudio podría aportar información valiosa a la hora de comprobar la mejora y eficacia del pedaleo hallada, en qué condiciones sería más favorables o no, y así poder adecuar dicha optimización del pedaleo. El punto de originalidad de los platos Q en cuanto a sus posibilidades de regulación puede contribuir a tener una visión más precisa de las variaciones fisiológicas, metabólicas y biomecánicas que se producen con la utilización de platos no circulares.



# 20

## Conclusiones

- ▶ 1 • Como tal, no existe el denominado pedaleo redondo. Sí existen diferentes aproximaciones a él, ya sea por técnicas correctas en sistemas convencionales o por la utilización de sistemas no convencionales.
- ▶ 2 • La técnica de pedaleo requiere un entrenamiento sistematizado y adaptado a las circunstancias del deportista y las características de la competición, como principales factores de influencia en la economía eficiencia del pedaleo.
- ▶ 3 • La elección del sistema de pedaleo a utilizar se verá condicionada por los factores de rendimiento de la competición y las características del deportista.
- ▶ 4 • Los sistemas no convencionales de pedaleo pueden resultar más eficientes, siempre y cuando se tenga un entrenamiento y una adaptación adecuada a los PN.



# EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO DE ALTA INTENSIDAD EN EL RENDIMIENTO DEPORTIVO Y LA SALUD

# 21

- Introducción ◀
- Definición del entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) ◀
- Adaptaciones producidas por el entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) en deportistas de alto rendimiento ◀
- Adaptaciones producidas por el entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) en sujetos sedentarios ◀
- Adaptaciones producidas por el entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) relacionadas con el tratamiento de patología ◀
- Conclusiones ◀

## ▶ Introducción

EN LA ACTUALIDAD, EXISTEN NUMEROSOS MÉTODOS PARA DESARROLLAR LA FORMA FÍSICA DE TODA LA POBLACIÓN, TANTO DE ATLETAS, PERSONAS SEDENTARIAS O PERSONAS QUE SUFREN DIVERSAS PATOLOGÍAS, POR TANTO, ES FUNDAMENTAL EMPLEAR EL MÉTODO QUE RESULTE MÁS ADECUADO PARA CADA UNA DE ESTAS PERSONAS, TENIENDO EN CUENTA SUS CARACTERÍSTICAS PARTICULARES.

Durante los últimos años han venido emergiendo numerosos estudios para analizar a través del método científico a un sistema de entrenamiento intrigante a la vez que prometedor, el entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT). Si bien el empleo de métodos fraccionados interválicos y por repeticiones formaba parte de las metodologías empleadas para mejorar la resistencia cardio-respiratoria desde hace más de medio siglo, siendo especialmente popularizada en los años 50 por el corredor Emil Zatopek, no fue hasta los años 60 cuando el fisiólogo Astrand y sus colaboradores despertaron por primera vez el interés de la comunidad científica por analizar en profundidad este tipo de prácticas en el laboratorio para conocer sus efectos fisiológicos en el organismo y sus posibles virtudes (Buchheit & Laursen, 2013).

Antes de entrar en un análisis y mayores detalles sobre el denominado “entrenamiento interválico de alta intensidad” o “HIIT”, se hace necesaria una primera reflexión en torno al significado terminológico de este método de entrenamiento, la cual se expone en los siguientes apartados.

*Luis Camacho Mateo*

MASTER EN ALTO RENDIMIENTO DEPORTIVO,  
COMITÉ OLÍMPICO ESPAÑOL Y  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID



# 22

## Definición del entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT)

El entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) es definido por Gibala, Little, MacDonald y Hawley (2012) como un ejercicio físico caracterizado por series breves, intermitentes de actividad vigorosa, intercaladas con períodos de descanso o de baja intensidad. Este ejercicio es infinitamente variable y las adaptaciones fisiológicas específicas inducidas por este tipo de entrenamiento están determinadas por diversos factores que determinan la naturaleza precisa del estímulo del ejercicio. Estos factores serían la duración, intensidad y número de intervalos realizados, además de los patrones de duración y actividad durante la recuperación.

Según Finn (2001), el HIIT es una forma de entrenamiento intervalado que consiste de series breves de actividad máxima, separadas por períodos de descanso de entre 20 y 5 min.

Paton y Hopkins (2004) afirman que el HIIT consiste en la realización de intervalos repetidos de un ejercicio específico del deporte practicado sin emplear resistencia adicional.

Boutcher (2013) señala que los protocolos de ejercicio interválico de alta intensidad varían considerablemente, pero típicamente involucran piques repetidos a intensidad máxima seguidos por ejercicio a baja intensidad o por periodos de pausa.

Según Daniels y Scardina (1984), el HIIT implica series repetidas de ejercicio al 95-100 % del consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub> máx.) de una duración de entre 30 segundos y 5 minutos cada una, con periodos de descanso iguales o ligeramente inferiores a los de trabajo.

Billat (2001), afirmó que el HIIT es la realización de series largas o cortas de ejercicio de alta intensidad, siendo ésta igual o superior a la velocidad del máximo estado estable de lactato, alternándolas con periodos de recuperación a baja intensidad o incluso de descanso. De forma similar, Laursen y Jenkins (2002) definieron el HIIT como series repetidas con una duración de entre 10 segundos y 5 minutos, completadas a una intensidad mayor que el umbral anaeróbico del sujeto, con periodos de descanso que permitan una pequeña recuperación antes de la siguiente repetición.

Por su parte, Gibala y Ballantyne (2007) dicen que el HIIT generalmente se refiere a series repetidas de ejercicio intermitente relativamente breve, habitualmente efectuado a una intensidad "all out" o cercana al VO<sub>2</sub> máx. Dependiendo de la intensidad del entrenamiento, cada repetición puede durar desde unos pocos segundos



a varios minutos, estando los esfuerzos intercalados con periodos de descanso o de baja intensidad de escasos minutos de duración. En contraste con el entrenamiento de fuerza, en el que se emplean resistencias pesadas para aumentar la masa muscular, el HIIT normalmente se asocia con actividades como correr o ciclismo, las cuales no inducen un marcado incremento de masa magra (Ross & Leveritt, 2001).

Finalmente, Gaesser y Angadi (2011) y Kemi y Wisløff (2010) afirman que el HIIT de bajo volumen tradicionalmente consiste en varias tandas de ejercicio de alta intensidad que duran entre 1 y 4 minutos, que tienen una intensidad del 85-95% de la frecuencia cardiaca máxima (FC máx.) y/o del VO2 máx., y que se intercalan con tandas de descanso o recuperación activa. Además, algunas versiones del HIIT conllevan intervalos mucho más cortos, durando sólo 8 segundos y con hasta 60 repeticiones en la misma sesión. En general, el HIIT tiene una duración de entre 8-16 minutos de esfuerzo intenso, siendo la duración total de las sesiones, incluyendo calentamiento, vuelta a la calma y periodos de recuperación, de 20-25 minutos (Tjønnå et al., 2008).

Tras haber visto varias definiciones de lo que es el HIIT podemos concluir que el único punto en el que están de acuerdo científicos, entrenadores y atletas respecto a la definición de este tipo de entrenamiento es que incluye periodos alternos de ejercicio y recuperación (Driller, 2012). En el siguiente apartado se expondrán los protocolos de HIIT encontrados durante la revisión bibliográfica para que quede de manifiesto la diversidad de maneras en las que se puede llevar a cabo el mismo método de entrenamiento.

En este apartado se expondrán las adaptaciones que produce el HIIT en el organismo, las cuales tienen influencia directa en el rendimiento deportivo.

Para empezar, una adaptación del organismo al HIIT con influencia directa en el rendimiento sería en la capacidad de resistencia. Según Ferguson, Wilson, Birch y Kemi (2013) el HIIT es un método efectivo para mejorar la capacidad de resistencia, Burgomaster, Heigenhauser y Gibala (2006) y Burgomaster, Hughes, Heigenhauser, Bradwell y Gibala (2005) exponen que la realización de HIIT produjo notables mejoras en la capacidad de resistencia al pedaleo y Fernandez-Fernandez, Zimek, Wiewelhove y Ferrauti (2012) señalan que se obtuvieron grandes mejoras en la resistencia específica del tenis tras un periodo de HIIT.

La capacidad anaeróbica también se ve influenciada de diversas formas por el HIIT. Tabata et al. (1996), Boutcher (2010), Dupont, Akakpo y Berthoin (2004) y Trapp, Chisholm, Freund y Boutcher (2008) afirman que la realización de HIIT mejoró considerablemente la capacidad anaeróbica, la cual Dupont, Akakpo y Berthoin (2004) mide como el déficit de oxígeno acumulado. Tabata, Irisawa, Kouzaki, Nishimura, Ogita y Miyachi (1997) señalan que el HIIT con descansos cortos podría llegar a solicitar el sistema energético anaeróbico de forma máxima y Kent (2012) expone que la realización de HIIT es un método efectivo de mejorar la resistencia anaeróbica. No obstante, Burgomaster, Hughes, Heigenhauser, Bradwell y Gibala (2005) afirman que la realización de HIIT no mejoró la capacidad de trabajo anaeróbico.

## Adaptaciones producidas por el entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) en deportistas de alto rendimiento





Además de la capacidad anaeróbica, el HIIT también tiene influencia en la capacidad aeróbica. Ferguson, Wilson, Birch y Kemi (2013) y Talanian, Galloway, Heigenhauser, Bonen y Spriet (2007) afirman que la realización de HIIT mejoró notablemente la capacidad aeróbica, Tabata, Irisawa, Kouzaki, Nishimura, Ogita y Miyachi (1997) señalan que el HIIT con descansos cortos podría llegar a solicitar el sistema energético anaeróbico de forma máxima, Boutcher (2010), Fernandez-Fernandez, Zimek, Wiewelhove y Ferrauti (2012) y Kent (2012) afirman que la realización de HIIT mejora el fitness aeróbico, Wong, Chaouachi, Chamari, Dellal y Wisloff (2010) exponen que el HIIT podría usarse para mejorar la resistencia aeróbica de forma efectiva, Gibala y Ballantyne (2007) y Gibala (2007) señalan que el HIIT produce una mejora del rendimiento en ejercicios que solicitan fundamentalmente el metabolismo aeróbico, y finalmente, Heydari, Freund y Boutcher (2012) y Trapp, Chisholm, Freund y Boutcher (2008) afirman que el HIIT mejora la potencia aeróbica.

Por otra parte, MacDougall, Hicks, MacDonald, McKelvie, Green y Smith (1998), Burgomaster et al. (2008), Kent (2012), Laursen y Jenkins (2002) y Stepto, Hawley, Dennis y Hopkins (1999) afirman que la realización de un ciclo de HIIT produjo un incremento de la potencia pico, Burgomaster et al. (2008) exponen que el HIIT mejoró la potencia media en el test de Wingate y Little, Safdar, Wilkin, Tarnopolsky y Gibala (2010) añaden que el HIIT mejoró la potencia media en la realización del test de 50 Kilojulios (kJ) y en el test de 750 kJ.

Dupont, Akakpo y Berthoin (2004) afirman que realizando HIIT se mejoró la velocidad máxima aeróbica (VAM).

Helgerud et al. (2007) señalan que tras realizar un periodo de HIIT los sujetos consiguieron mejorar su economía de carrera.

El estudio de Kent (2012) muestra que el índice de fatiga se vio disminuido significativamente tras realizar HIIT.

Además, la realización de HIIT produce mejoras en el rendimiento físico Little, Safdar, Wilkin, Tarnopolsky y Gibala (2010), Buchheit y Laursen (2013) y Talanian, Galloway, Heigenhauser, Bonen y Spriet (2007), determinadas por pruebas hasta el agotamiento o pruebas contrarreloj (Gibala, Little, MacDonald & Hawley, 2012; Ferguson, Wilson, Birch & Kemi, 2013; Burgomaster, Heigenhauser & Gibala, 2006). Según Babraj, Vollaard, Keast, Guppy, Cottrell y Timmons (2009) el HIIT mejoró el rendimiento en el pedaleo aeróbico, Gibala y Ballantyne (2007) y Gibala y McGee (2008) afirman que tras un



protocolo de HIIT los sujetos doblaron el tiempo durante el que podían mantener una determinada intensidad submáxima de pedaleo, Nybo et al. (2010) señala que el HIIT produjo mejoras en un test de intensidad incremental corriendo, Gibala y Ballantyne (2007) afirman que la realización de HIIT mejoró el rendimiento en tests de laboratorio que simulaban carreras ciclistas que duraban entre 2 minutos y 1 hora, Little, Safdar, Wilkin, Tarnopolsky y Gibala (2010) señalan que los sujetos mejoraron en la realización del test de 50 Kilojulios (kJ) y en el test de 750 kJ tras el HIIT, Dupont, Akakpo y Berthoin (2004) afirman que se redujo la marca en el sprint de 40 metros tras realizar HIIT, Laursen y Jenkins (2002) afirman que la realización de HIIT mejoró la marca en la prueba de 40 Km. pedaleando, Stepto, Hawley, Dennis y Hopkins (1999) señalan que los protocolos de HIIT mejoraron el rendimiento en esfuerzos de corta duración (30 segundos), y por último, Wong, Chaouachi, Chamari, Dellal y Wisloff (2010) exponen que a diferencia de los sujetos desentrenados y los que realizan ejercicio de forma recreativa, los sujetos entrenados sólo pueden obtener incrementos en el rendimiento mediante la realización de HIIT. Por el contrario, el estudio de Fernandez-Fernandez, Zimek, Wiewelhove y Ferrauti (2012) señalan que la realización de HIIT no indujo ningún efecto en la capacidad de esprintar de los sujetos.

Fernandez-Fernandez, Zimek, Wiewelhove y Ferrauti (2012) afirman que tras un protocolo de HIIT los sujetos no mejoraron su capacidad de salto.

Little, Safdar, Wilkin, Tarnopolsky y Gibala (2010), Smith et al. (2009) y MacDougall, Hicks, MacDonald, McKelvie, Green y Smith (1998) dicen que la cantidad de trabajo total mejoró tras el HIIT, Burgomaster, Hughes, Heigenhauser, Bradwell y Gibala (2005) señalan que al acabar el HIIT se dobló el tiempo que tardaron los sujetos en fatigarse y Gibala (2007) afirma que los sujetos mejoraron su habilidad para completar una determinada cantidad de trabajo tras seguir un protocolo de HIIT.

Finalmente, Laursen (2010) señala que la realización de un ciclo de HIIT incrementó la habilidad de los sujetos para utilizar una mayor cantidad de masa muscular durante el ejercicio y Gibala (2007) afirma que la virtud fundamental del HIIT es la gran cantidad de reclutamiento de fibras musculares que provoca.



## Adaptaciones producidas por el entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) en sujetos sedentarios



En este apartado se describirán las diferentes adaptaciones que produce el HIIT en el organismo en sujetos sedentarios, relatando las investigaciones realizadas por los diferentes autores.

Según Hamilton, Paton y Hopkins (2006), el HIIT favorece el rendimiento de resistencia en atletas previamente desentrenados.

Warburton et al. (2005) muestran en su estudio que el HIIT es una herramienta efectiva para incrementar la potencia aeróbica máxima en hombres sedentarios.

El estudio de Boutcher (2013) expone que la realización de diferentes protocolos de HIIT por parte de sujetos sedentarios o desentrenados produjo un aumento de la capacidad anaeróbica, una mejora en el test de Wingate y una mayor liberación de los ácidos grasos durante la realización del HIIT.

Driller (2012) afirma que el HIIT ha demostrado incrementar tanto la capacidad de las enzimas oxidativas como la de las enzimas glucolíticas, además de incrementar la capacidad de ejercicio en sujetos desentrenados. Junto a esto, añade que el HIIT produce un elevado incremento del VO<sub>2</sub> máx.

El estudio de Babraj, Volvaard, Keast, Guppy, Cottrell y Timmons (2009) muestra la eficacia de un protocolo de HIIT de bajo volumen y que sólo suponía un gasto calórico de 250 calorías semanales, realizado por sujetos sedentarios. En dicho estudio, los participantes mejoraron la acción de la insulina en su organismo, el control glucémico y la homeostasis de la glucosa, reduciendo así los factores de riesgo metabólicos.

Wisløff, Ellingsen y Kemi (2009) afirman que un protocolo de HIIT incrementó el VO<sub>2</sub> máx., el tamaño del ventrículo izquierdo y la contractilidad del ventrículo izquierdo durante el ejercicio en mujeres desentrenadas.

Boutcher (2010) comenta que un protocolo de HIIT de 15 semanas produjo una notable disminución de la grasa abdominal en mujeres jóvenes desentrenadas.

Nybo et al. (2010) afirman que un grupo de hombres desentrenados realizó un protocolo de 12 semanas de HIIT, el cual produjo mejoras en su fitness cardiorrespiratorio, en su tolerancia a la glucosa, redujeron su presión arterial sistólica y mejoraron su rendimiento durante un test de intensidad incremental realizado en una cinta de correr. No obstante, no se produjeron mejoras en la masa libre de grasa, en la masa ósea y no se redujo el porcentaje de grasa corporal.



Tremblay, Simoneau y Bouchard (1994) afirman que un programa de 15 semanas de HIIT realizado por 5 hombres y 5 mujeres sedentarios produjo diversas adaptaciones positivas en el organismo. Tras el estudio, los participantes habían reducido la adiposidad subcutánea, habían mejorado el marcador del ciclo del ácido cítrico, mejoraron la actividad de las enzimas glucolíticas, mejoraron la máxima actividad de la 3-hidroxiacil-CoA dehidrogenasa y se produjo un incremento en la actividad de la enzima fosfofructoquinasa (PFK).

Martinez (2013) afirma que el HIIT es muy efectivo para reducir los factores de riesgo cardiovascular y metabólico en hombres sedentarios. Además, añade que el HIIT es un método útil de mejorar el rendimiento aeróbico y la sensibilidad a la insulina en hombres sedentarios.

Trapp, Chisholm, Freund y Boutcher (2008) afirman que un protocolo de HIIT realizado por mujeres sedentarias incrementó la masa libre de grasa, redujo los niveles de insulina en ayunas y redujo significativamente la grasa subcutánea tras 15 semanas de entrenamiento.

El estudio de Laursen y Jenkins (2002) muestra que en individuos sedentarios se puede mejorar el VO<sub>2</sub> máx. de forma destacable tras 10 semanas de HIIT. Además, señalan que el HIIT incrementa la capacidad oxidativa en individuos sedentarios y que al realizar HIIT y entrenamiento continuo, los sujetos sedentarios oxidaron una mayor cantidad de grasa y una menor cantidad de glucógeno al realizar HIIT.

Finalmente, Rodas, Ventura, Cadefau, Cussó y Parra (2000) afirman que los individuos sedentarios de su estudio mejoraron la actividad de la enzima citrato sintasa (CS), la actividad de la enzima fosfofructoquinasa (PFK) y el VO<sub>2</sub> máx. tras sólo 2



En este apartado se describirán las diferentes adaptaciones que produce el HIIT en el organismo, clasificándolas según la patología a la que haga referencia el estudio. Las patologías en las que se han producido las adaptaciones son: cardiopatía coronaria (CHD), enfermedad de las arterias coronarias (CAD), síndrome metabólico, obesidad, fallo cardíaco, diabetes y enfermedad cardiovascular.



**Adaptaciones  
producidas por  
el entrenamiento  
interválico de  
alta intensidad  
(HIIT)  
relacionadas con  
el tratamiento  
de patologías**



# 28

## Cardiopatía coronaria (CHD)



Según Guiraud, Nigam, Juneau, Meyer, Gayda y Bosquet (2011), el HIIT ha probado ser más efectivo que el ECIM mejorando la salud de pacientes que sufren CHD, y añade que el HIIT, alternando esfuerzos de 15 segundos con recuperación pasiva de 15 segundos, es un método seguro y efectivo de entrenamiento en pacientes estables que padecen CHD. Junto a esto, afirma que los esfuerzos de intensidad más vigorosa resultan más efectivos que los de intensidad moderada reduciendo los riesgos de padecer CHD y que además tienen más beneficios cardioprotectores.

Por su parte, Guiraud et al. (2010) aplicaron 4 protocolos diferentes de HIIT, todos con una intensidad del 100% del VO2 máx., con esfuerzos de 15 ó 60 segundos, y con recuperaciones activas al 50% del VO2 máx. o pasivas. Los estudios muestran que el protocolo óptimo de HIIT fue el que realizó 15 segundos de esfuerzo al 100% del VO2 máx. intercalado con recuperación pasiva, y agregan que dicha intensidad de ejercicio resulta segura y factible en pacientes con CHD que estén en buena forma.



## Enfermedad de las arterias coronarias (CAD)



Según Gibala, Little, MacDonald y Hawley (2012), se ha demostrado que el HIIT mejora la aptitud cardiorrespiratoria en personas que padecen enfermedad de las arterias coronarias.

Helgerud et al. (2007) afirman que el HIIT a una intensidad del 80-90% del VO2 máx. mejoró más la capacidad aeróbica que el entrenamiento continuo realizado a una intensidad de 50-60% del VO2 máx. en pacientes con CAD.

Warburton et al. (2005) señalan que el HIIT es un método efectivo de mejorar la salud cardiovascular y el estado de salud general de pacientes funcionales con CAD. Además, afirman que la realización de HIIT por parte de estos pacientes mejora su tolerancia al ejercicio, su volumen latido submáximo y su contractilidad miocárdica. Junto a esto, recalcan que el HIIT facilita la actividad diaria de los pacientes con CAD ya que les permite realizar sus actividades cotidianas durante un periodo más largo de tiempo y con menos esfuerzo.

Finalmente, Guiraud, Nigam, Gremeaux, Meyer, Juneau y Bosquet (2012) afirman que el HIIT mejora la función endotelial en pacientes con CAD y que les permite desarrollar su capacidad física sin someter su función cardíaca a una demanda excesiva. Además, muestran en su estudio que el HIIT mejora más el VO2 máx. que el ECIM, y que la velocidad de llenado del ventrículo izquierdo y la relajación diastólica mejoraron en el grupo que realizó HIIT y no en el que realizó ECIM.





## Síndrome metabólico

Según Gibala, Little, MacDonald y Hawley (2012), se ha demostrado que el HIIT mejora la aptitud cardiorrespiratoria en adultos mayores con síndrome metabólico.

En el estudio de Boutcher (2013), 32 hombres y mujeres que padecían síndrome metabólico realizaron 3 sesiones semanales de HIIT durante 16 semanas. Tras concluir el protocolo incrementaron su VO<sub>2</sub> máx. notablemente y su peso corporal se redujo más de 2 kilogramos de media. Además, sugiere que la reducción de grasa durante HIIT puede deberse al incremento de la oxidación de grasas durante y después del ejercicio y a la supresión del apetito que provoca dicho ejercicio.

Guiraud, Nigam, Gremaux, Meyer, Juneau y Bosquet (2012) señalan que en pacientes con síndrome metabólico, un programa largo (9 meses) de HIIT produjo una destacable pérdida de peso y tuvo un impacto positivo en la composición corporal, fundamentalmente reduciendo la cantidad de grasa visceral.



## Obesidad

Según Gibala, Little, MacDonald y Hawley (2012), se ha demostrado que el HIIT mejora la aptitud cardiorrespiratoria en individuos obesos.

Boutcher (2010) afirma que el HIIT tiene el potencial para ser un método de entrenamiento económico y altamente efectivo para reducir la grasa corporal de individuos obesos. Además, añade que la pérdida de peso y grasa corporal es mayor en individuos con mayor porcentaje de grasa corporal que en los que tenían un índice de masa corporal normal, tras realizar HIIT. Finalmente señala que la realización de HIIT por parte de individuos obesos resulta un método de entrenamiento seguro y beneficioso para la salud de éstos.

Martinez (2013) comenta que la que la realización de protocolos de HIIT es una forma efectiva de reducir los factores de riesgo cardiovasculares y metabólicos por parte de individuos obesos. Junto a esto, señala que la realización de 2 semanas de HIIT por parte de personas obesas produjo una reducción en su ratio cintura/cadera y una mejora en su presión arterial sistólica.

Finalmente, el estudio de Heydari, Freund y Boutcher (2012) muestra que tras 12 semanas de realizar HIIT por parte de individuos con sobrepeso, se produjo una mejora de su potencia aeróbica, una reducción de su peso corporal, una destacada reducción de su masa grasa total, una disminución de su grasa visceral y abdominal, y un aumento de su masa libre de grasa. Además, Heydari, Freund y Boutcher (2012) sugieren que el incremento en la oxidación de grasa después de HIIT puede deberse a la necesidad del organismo de remover el exceso de lactato y de resintetizar glucógeno.





## Fallo cardiaco



Según Driller (2012), la realización de HIIT por parte de individuos que habían padecido un fallo cardiaco mejoró la función del ventrículo izquierdo, la función endotelial y el VO2 máx.

Guiraud, Nigam, Gremeaux, Meyer, Juneau y Bosquet (2012) señalan que un protocolo de HIIT produjo un incremento del 24% del VO2 máx. en individuos con fallo cardiaco, y que este incremento se complementa con una mejora del umbral ventilatorio y un descenso de la frecuencia cardiaca realizando esfuerzos a una intensidad de 56 Vatios de potencia.

Wisløff et al. (2007) afirman que pacientes que habían sufrido un fallo cardiaco y que estaban en tratamiento farmacológico realizaron un protocolo de HIIT de 3 veces por semana durante 12 semanas con efectos positivos en su salud. Tras el HIIT mejoró el VO2 máx., mejoró la función endotelial, se incrementó la economía de carrera, mejoró la función mitocondrial en el músculo vasto externo y se produjo un remodelado del ventrículo izquierdo. Además, añade que realizar HIIT es factible incluso en pacientes en edad avanzada con fallo cardiaco crónico, y que este método puede ser efectivo mejorando la calidad de vida de dichos pacientes.

## Diabetes



Según Boutcher (2013), se ha demostrado que hombres y mujeres con diabetes tipo 2 mostraron reducciones de grasa subcutánea y abdominal tras realizar HIIT.

Gaesser y Angadi (2011) afirman que el HIIT mejoró el control del nivel de glucosa y de los marcadores del metabolismo esquelético muscular en pacientes que padecían diabetes tipo 2.

Martinez (2013) señala que realizar HIIT puede ser eficaz para mejorar la salud de personas en edad avanzada con diabetes tipo 2.

Por último, Heydari, Freund y Boutcher (2012) afirman que hombres mayores con diabetes tipo 2 que realizaron un protocolo de HIIT durante 8 semanas disminuyeron su adiposidad central un 44%.





# 31



## Enfermedad cardiovascular

Para empezar, Guiraud, Nigam, Gremeaux, Meyer, Juneau y Bosquet (2012) afirman que el HIIT es más efectivo que el ECIM produciendo adaptaciones cardiovasculares positivas en pacientes que padecen una enfermedad cardiovascular.

Zuhl y Kravitz (2012) afirman que en el tratamiento de pacientes que sufren una enfermedad cardiovascular, el HIIT es un método que produce las mismas mejoras en la salud que el ECIM, pero que lo consigue en un menor número de sesiones y con una menor duración cada una de ellas.

Finalmente, Martínez (2013) señala que el HIIT es un sistema de entrenamiento efectivo para producir mejoras en pacientes que padecen una enfermedad cardiovascular y para mejorar los factores de riesgo cardiovasculares en un amplio sector de la población.



## Conclusiones

Se puede concluir que para los deportistas de múltiples disciplinas, el HIIT puede ser una herramienta muy útil de su entrenamiento, debido a los diversos efectos positivos que produce tanto en su sistema cardiovascular como en su musculatura esquelética, junto al menor tiempo de entrenamiento que este método requiere en comparación con la metodología usada tradicionalmente.

Además, en personas sedentarias se ha demostrado que la realización de un bajo volumen semanal de HIIT favorece su sistema cardiorrespiratorio, disminuye su resistencia a la insulina, reduce su presión arterial sistólica y mejora su rendimiento en el ejercicio, todas estas mejoras favorecen su calidad de vida y dificultan la aparición de enfermedades, siendo este método muy positivo para su salud.

También se ha demostrado que las personas que padecen diversas patologías pueden resultar muy beneficiadas por la realización de HIIT, ya que este método, prescrito por un profesional que conozca las intensidades y volúmenes que los pacientes pueden realizar, puede ayudarles a mejorar su salud cardíaca, su sistema metabólico y a reducir varios factores de riesgo nocivos para su salud.



# 32

## HIDROXIMETILBUTIRATO Y SU POSIBLE APLICACIÓN DEL DEPORTE A LA SALUD.

- ▶ Introducción
- ▶ Descripción del hidroximetilbutirato
- ▶ Efectos del hidroximetilbutirato en la salud
- ▶ Conclusiones

### Introducción ◀

Sergio Martínez López



MÁSTER EN ALTO RENDIMIENTO DEPORTIVO.  
COMITÉ OLÍMPICO ESPAÑOL Y UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA DE MADRID.

HOY EN DÍA, LAS AYUDAS ERGONUTRICIONALES ESTÁN MUY PRESENTES EN TODAS LAS ESCALAS DEL DEPORTE Y , ADEMÁS, ALGUNAS DE ELLAS SE ESTÁN APLICANDO EN EL CAMPO DE LA SALUD. EN LA ACTUALIDAD, LOS DEPORTISTAS EN GENERAL CONOCEN LOS DIFERENTES PRODUCTOS QUE EN SU ESPECIALIDAD LE PERMITIRÍAN MEJORAR MÁS SU RENDIMIENTO U OBTENER BENEFICIOS ANTES CON EL FIN DE LLEGAR EN LAS MEJORES CONDICIONES A LA COMPETICIÓN, POR LO QUE, EL ENTRENADOR DEBE CONOCER AQUELLAS SUSTANCIAS NECESARIAS PARA MEJORAR DE MANERA EFICIENTE EL RENDIMIENTO DEL DEPORTISTA. ÉXISTEN CORPORACIONES Y EMPRESAS QUE INVIERTEN MUCHOS MILLONES DE DÓLARES PARA DESARROLLAR LAS INVESTIGACIONES QUE AYUDEN A MEJORAR LA CONDICIÓN FÍSICA DE SUS ATLETAS (BURKE, 2007).

Actualmente, una de las sustancias emergentes está siendo el hidroximetil butirato, también conocido como HMB. En EEUU se viene suministrando a deportistas de manera regular desde el año 1995, convirtiéndose en el 5º producto más utilizado por las personas que practican deporte en dicho país en el año 2007 (Wilson, 2008). Sin embargo, en España aún no es muy conocido, como así indica la literatura referente al HMB, prácticamente toda en inglés y los estudios realizados son en EEUU en su gran mayoría. Menos conocido, pero de gran interés es su aplicación en el campo de la salud.



Con el presente trabajo se busca realizar una revisión bibliográfica actualizada, que abarca desde finales de los años 90 hasta el presente año, sobre el HMB y conocer cómo afectaría su aplicación en la salud y sus efectos en personas con patologías.

## Descripción del hidroximetilbutirato

### Bioquímica del hidroximetilbutirato

Para conocer el HMB, primero es necesario saber que la leucina es un aminoácido importantísimo en la bioquímica muscular. Indispensable en el mantenimiento de tejido muscular que puede ayudar a preservar las reservas de glucógeno que se encuentran en este. Junto con la isoleucina y valina, son necesarios para crear proteínas (Virus, 2001). Es el cuarto aminoácido más abundante en nuestros músculos, y junto al resto de los aminoácidos que forman parte de él, hacen aproximadamente un tercio de la proteína de éstos. Además de ser el combustible del metabolismo muscular, protege el músculo contra el estrés producido por el ejercicio estimulando la síntesis de las proteínas, incrementando la reutilización de aminoácidos y disminuyendo la degradación de las proteínas cuando se ha producido un elevado daño muscular debido a la actividad física desarrollada previamente (Melo, 2007). El HMB es un metabolito derivado de la leucina cuyos aminoácidos son esenciales y de cadena ramificada (Kreider, 1999) (Gallagher, 2000).

La cantidad de leucina que nosotros generamos depende en gran medida de la dieta. El primer paso que se produce en el músculo es la formación  $\alpha$ -cetoisocaproico (KIC) reacción que ocurre en el citosol como en la mitocondria, acoplada por la formación de alanina. El 90% del KIC es oxidado en la mitocondria a isovaleril-CoA (Baptista, 2013) por la enzima de cetoácidos de cadena ramificada deshidrogenasa (BCKAD) y el 10% restante se convierte en HMB (en el citosol) por acción de la KIC dioxigenasa. Esta enzima requiere oxígeno molecular y cuya Km es mucho mayor que la de BCKAD.





## Tipos, dosis y tiempos de ingesta recomendados



Son varias las dosis que se han ido administrando en los diferentes estudios para poder obtener resultados positivos. La administración de 3g/d fue establecida por Nissen (1996), ya que obtuvo mejores concentraciones de HMB en músculos con dichas cantidades, llegando a las máximas cantidades que se pueden almacenar en el músculo de HMB. Más tarde, se probó administrar dosis diferentes en grupos seleccionados, obteniendo prácticamente las mismas mejoras tanto en los sujetos que tomaban 3g/d que 6g/d, la única diferencia encontrada es que parece ser que dosis más altas pueden ayudar a mejorar los tiempos de fuerza-velocidad, y que las dosis más bajas ayudan a aumentar la masa libre de grasa. (Gallagher, 2000).

## Seguridad



Existen estudios que demuestran que el HMB es seguro en cuanto a su consumo se refiere Gallagher (2000), Palisin (2005), Wilson (2008), Kreider (1999) y Holecek(2009). Todos los artículos establecen los 3g/día como suplementación standard, cantidades inferiores no han producido efecto alguno y cantidades superiores, aunque no del todo demostrado, parece no tener efectos reseñables (Portal, 2010). Uno de los estudios que realiza ingestas superiores es Gallagher (2000) exceptuando que prueba a introducir 6g/día para observar posibles mejoras que no se producen de manera destacada. No se han encontrado cambios reseñables por una ingesta superior en cuanto al recuento de la hemoglobina, niveles de glucosa o el ácido úrico. Nissen (2002) destaca que parece ser que sólo un consumo de hasta 6g/día reduce los niveles de colesterol de manera notoria en personas que padecen niveles de colesterol más elevados, sin embargo Gallagher (2000) reporta tales beneficios consumiendo 3g/d. Sin embargo, no se explica el motivo por el que se reducen esos niveles con cantidades más elevadas y no con menos. Otros estudios realizados Jowko (2001), Clements (2008), Famarazzi (2009) y EFSA (2011)



muestran que la combinación de HMB con otros suplementos como la lisina, arginina y glutamina no producen efectos nocivos en la persona, más bien al contrario, son un complemento idóneo que actúa conjuntamente al HMB aumentando los efectos beneficiosos para el deportista. Sin embargo, destaca Fitschen (2013) que sigue siendo necesario realizar más estudios en este ámbito, ya que a pesar de no haberse dado casos contraproducentes por exceso de HMB, sería necesario aumentarlos en diversos sectores poblacionales, especialmente los efectos que pueden generarse a largo plazo personas que muestren una necesidad clínica, para tener un mayor bagaje y por lo tanto una mejor información sobre posibles efectos contraproducentes del HMB. Pero se recalca que hasta la fecha no se han encontrado efectos perjudiciales.

## Efectos del hidroximetilbutirato en la salud

### Efectos en la salud.

Uno de los ámbitos de más influencia que ha tenido el HMB ha sido en la salud. El término salud es muy amplio ya que abarca las diferentes etapas de una persona y en condiciones diferentes. Por ello, es necesario realizar los grandes grupos en los que los investigadores han ido realizando estudios para clasificarlos. Por lo tanto, se hará una revisión general (abarca aquellos temas que se han estudiado pero que no se repiten) y luego se analizarán las referencias realizadas a la sarcopenia pero en sujetos con condiciones diferentes.

A nivel general, se recoge en la revista Nutrición hospitalaria (2011) los efectos beneficiosos sobre la salud que tiene el HMB y se recogen los descubrimientos en temas de salud que se han realizado en los últimos años que bien pueden relacionarse con los efectos que se han producido tanto en sujetos entrenados como no entrenados:

El HMB es producido de forma natural en humanos, y es precursor de la síntesis de colesterol en células musculares. Los beneficios del HMB sobre el músculo son diversos:

- ▶ Mejora la integridad del músculo.
- ▶ Ayuda a reducir el daño muscular.
- ▶ Desempeña un papel vital en la síntesis del colesterol.
- ▶ Protege el músculo del daño relacionado con estrés.
- ▶ Disminuye la degradación proteica en estados de enfermedad.
- ▶ Protege la masa muscular.
- ▶ Incrementa la síntesis proteica.
- ▶ Ayuda a mejorar la función inmunológica, como han demostrado estudios con animales.



La primera referencia la encontramos con Nissen et al. (2000) que investigó los efectos del HMB en personas con riesgo de padecer un infarto de miocardio. Los efectos no pudieron ser más beneficiosos, ya que en el grupo HMB disminuyó el colesterol LDL y el colesterol total (3,5 y 5,7%), produciéndose una mayor caída cuando los niveles de colesterol en sangre eran más elevados. También se produjo una disminución del 3% en la presión arterial diastólica mayor en el grupo HMB, esto puede deberse al efecto del calcio adicional que incorpora el HMB Ca, sin embargo, en cuanto la presión sistólica la reducción fue igual en ambos grupos. Por último, a nivel sanguíneo no se produjeron cambios reseñables como ya estudió en su momento Gallagher (2000).

Matthew et al. (2001) investigó la cinética del HMB y su influencia en la glucosa, donde el único aspecto reseñable es que la glucosa altera la cinética de HMB en la sangre retrasando más su pico pero permitiendo mantener niveles en sangre durante más tiempo, esto puede deberse a un vaciamiento más lento a nivel gástrico.

Hsieh et al. (2006) realizó un estudio con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) los cuales estaban ingresados en la UCI. El grupo suplementado con HMB parece reducir la inflamación de la PCR (proteína de la fase aguda para la inflamación temprana), mejora de la función pulmonar, y reducción en el recuento de glóbulos blancos. Además, como luego se verá en sujetos encamados, el grupo suplementado ayudó a mantener el peso corporal de una manera más eficaz que los métodos con suplementos alimenticios más agresivos, los cuales resultaron ineficaces. Sin embargo, la falta de tiempo de aplicación del estudio y la poca muestra pueden determinar mejores beneficios.

Otra nueva línea de investigación y de posible aplicación del HMB es la realizada por Seker et al. (2013) es la curación de la anastomosis en el colón. Este tipo de intervención se realiza en personas que han sufrido cáncer de colón, que actualmente es el segundo cáncer que en fase avanzada más muertes produce, por detrás del cáncer de pulmón, y el tercero más detectado, por detrás del de pulmón y el de piel, por ello la importancia de investigar en este tipo de intervención pero con el inconveniente que se ha probado en animales.

La combinación de HMB con arginina y glutamina produjo beneficios destacables en las ratas que fueron suplementadas a la hora de cicatrizar la herida. Esto se debe al aumento en la síntesis de colágeno (proteína que se encuentra en el organismo en mayor cantidad), y principal componente de la matriz de la herida, ayudando a la cicatrización más rápida. El estudio sugiere la posibilidad de que esta combinación da lugar a la

aparición de un efecto sinérgico entre los aminoácidos y ayuda en la curación de anastomosis de colon, reduciendo de esta manera los daños y favoreciendo una temprana recuperación.

Rahman et al. (2013) recoge las conclusiones de algunos estudios realizados en personas ingresadas en la UCI, que presenten estados críticos que vaya a suponer la pérdida de masa muscular o debilidad muscular adquirida, y el rol desarrollado por el HMB en estas personas. Critica la falta de controles establecidos para asegurar la correcta administración del HMB. Destaca que el HMB cumple su función de disminuir la proteólisis en los sujetos encamados, pero pone en duda los beneficios que pueda reportar la ganancia de peso en personas encamadas.



Por último, en cuanto a estudios diferentes de la sarcopenia, encontramos el estudio de Clements et al. (2011) donde trataba con sujetos recién operados con un bypass gástrico que presentaban obesidad mórbida. Durante 8 semanas al grupo HMB se le suplementó con glutamina y arginina. Ambos grupos perdieron peso, pero en el grupo suplementado con HMB+complementos, la pérdida comenzó a producirse antes ( 2 semanas apróx.). El estudio presenta un problema y es que los sujetos no fueron operados el mismo día, por lo tanto, las pérdidas producidas cambian de fecha según la persona, por lo que, errores de este tipo, con suplementación inadecuada, etc. no permiten aprobar un efecto positivo en los sujetos.



## Efectos en enfermos con cáncer

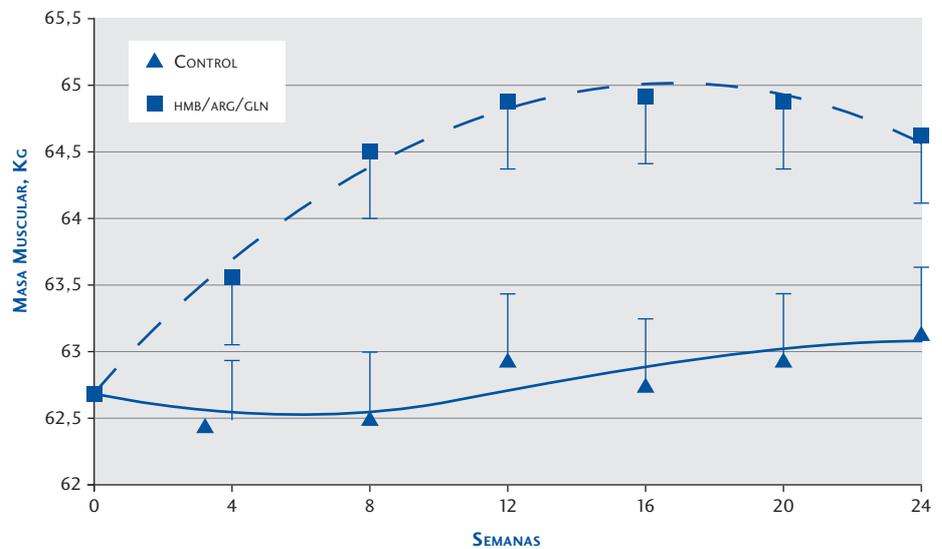
En este apartado, se trabaja sobre la función del HMB en personas con cáncer ya que este, produce sarcopenia. Más tarde también se analizará en personas mayores o encamadas, pero se ha considerado relevante hacerlo por separado ya que hablamos de condiciones diferentes en las que se produce este cambio.

Sin duda alguna es una de las nuevas vías de investigación que se han abierto en los últimos años, y aunque el número de estudios realizados con este suplemento aun es bastante escaso, ya se esbozan las primeras conclusiones evidentes que aportan los beneficios del HMB en personas con cáncer y niveles de pérdida de peso muy elevado. El papel que desarrolla el HMB en personas con cáncer puede ser más importante que el que se cree y sin duda, como ahora se verá, puede ayudar a reducir uno de los problemas más evidentes y que antes se producen en personas con cáncer que es el de la pérdida evidente de peso.



May et al. (2002) estudió el efecto del HMB en personas las cuales mostraban diferentes tipos de cáncer. Su objetivo era analizar la capacidad del HMB suplementado con arginina y glutamina para mejorar la calidad de vida de las personas. El tiempo de aplicación fue de 6 meses, aunque los beneficios del grupo suplementado con HMB+ARG+GLU empezaron a mostrarse a las 4 semanas de comenzar el estudio. Parece evidente la mejora en cuanto al peso corporal se refiere y al retroceso de la caquexia propia de las personas con cáncer (Figura 1). Parece ser que el HMB suplementado es un buen aliado para mejorar la calidad de vida de las personas que padecen cáncer y los efectos colaterales que ello conlleva.

**FIGURA 1:** Evolución de la masa corporal en sujetos suplementado con HMB+ARG+GLU y en sujetos que tomaban placebo. Resultados evidentes desde la 4ª semana. Tomado de May (2002)



Smith, H et al. (2005) realizó un estudio con pacientes que mostraban una evidente pérdida de peso debido a la depresión en la síntesis de proteínas que padecían, producido por el tumor MAC 16, y a un aumento de la degradación de las mismas, reflejándose en un aumento de la expresión ubiquitina-proteosoma. Se compara el efecto que produce el HMB en estos pacientes, con el efecto conocido por el EPA (ácido eicosapentaenoico) con el que se ha demostrado que estabiliza el peso corporal en pacientes con cáncer. La ventaja que mostró el HMB fue que además de atenuar la degradación de proteínas, también atenúa la síntesis de las mismas, lo que implica el aumento de la masa libre de grasa.



Berk et al. (2008) realizó un estudio con personas que tenían SIDA. El objetivo del trabajo era combinar el HMB con glutamina y arginina para analizar los efectos sobre la pérdida de masa corporal. Los resultados fueron muy positivos, ya que los sujetos suplementados aumentaron 2,6 kg en lo que a masa libre de grasa se refiere, estando muy por encima de los sujetos que sólo realizaban el tratamiento con placebo. Además, otro resultado a destacar es que el grupo HMB aumentó el número de antígenos CD3<sup>+</sup>, CD4<sup>+</sup> y CD8<sup>+</sup>, que son antígenos propios del sistema inmune de los mamíferos y cuya función biológica es la de intervenir en la transducción de señales, expresión del TCR en la superficie de la célula y asociación a este último receptor.

Deborah et al. (2008), y más tarde confirmada por Fuller et al. (2011), propuso la combinación del HMB con glutamina y arginina, la cual ha demostrado que contrarrestan el desgaste relacionado con el cáncer pasando a impulsar la síntesis proteica. Como hallazgo principal, es que el grupo suplementado con HMB + ARG+ GLU debió de mostrar niveles más bajos de 3 MH pero no fue así, siendo posiblemente necesario realizar más estudios en este aspecto para conocer mejor los efectos. Sin embargo, se el grupo suplementado tanto con HMB y con HMB + GLU+ ARG mejoraron tanto en peso corporal como en segregación de 3 MH.

Las ideas reseñadas anteriormente, fueron también la base de la confirmación de Fanelli. (2011) quien demostró el efecto producido por el HMB en pacientes con cáncer, en el estudio destacan que todos los pacientes disminuyeron la pérdida de masa muscular y aumentaron sus porcentajes de masa libre de grasa.

Molfino et al. (2013) también destaca en su revisión la necesidad, una vez analizados los estudios que tratan el cáncer, la necesidad de administrar HMB a los sujetos para reducir la pérdida de peso acelerada. Destaca la importancia de realizar más estudios encaminados a los pacientes que padecen cáncer ya que es posible que estemos ante uno de los productos que además de mejorar la calidad de vida de estas personas, posiblemente, permita alargar la esperanza de vida de las mismas y reducir efectos secundarios que produce el cáncer.

Uno de los últimos estudios realizados en el tratamiento del cáncer con HMB ha sido el realizado por Iami et al. (2014) donde administró HMB combinado con arginina y glutamina para la prevención de la radiación en dermatitis tanto en la cabeza como en el cuello con pacientes tratados con quimioterapia. A pesar que el objetivo del estudio era el de ver la capacidad del HMB de reducir de manera importante el grado 3 por la exposición de la radiación en pacientes, sí que se obtuvo que los pacientes tratados con HMB+ARG+GLU se redujo el porcentajes de niveles de grado 2, y se redujo drásticamente en la dermatitis de grado 1 en los sujetos suplementados con HMB. Por lo tanto, y a pesar de necesitar más estudios, podemos afirmar que sería interesante la suministración de HMB+GLU+ARG para prevenir la radiación en la dermatitis en personas tratadas con quimioterapia.



Por lo tanto, el efecto beneficioso del HMB queda demostrado a pesar de la poca literatura todavía existente. Ayuda a mejorar la calidad de vida de la persona debido a que se reduce la pérdida de peso pronunciada existente en este tipo de pacientes.

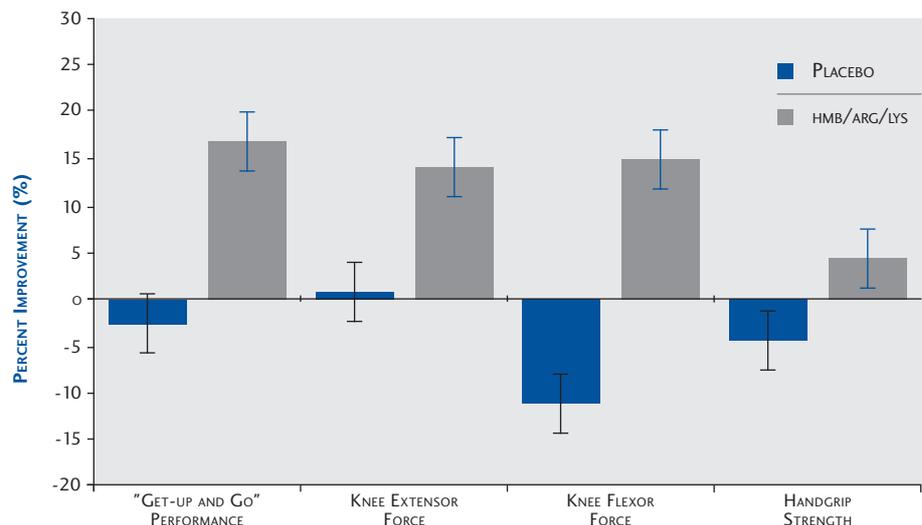
## Efectos en la salud de personas mayores

En referencia al HMB, su influencia en condiciones especiales hace que sea de relativa importancia su presencia en el uso diario.

Uno de los principales cambios que se produce una vez las personas se van haciendo mayores es la pérdida progresiva de masa muscular: sarcopenia. Vukovich (2001) recalca que no se conoce con exactitud el motivo de esta pérdida, pero se achaca a trastornos alimenticios, falta de actividad física y reducción del número de unidades motoras activas. Otro motivo que apunta Deutz (2013) es que también puede darse el caso que estas personas se encuentren encamadas debido a alguna enfermedad que les impida moverse con cierta facilidad, lo que produce atrofia muscular y por lo tanto pérdida de masa. Sin embargo, Vukovich (2001) destaca que la actividad física no siempre es una opción viable para no perder de manera tan progresiva masa muscular ya que el proceso de recuperación del mismo es un proceso lento, limitante para muchas personas mayores que puede producir un mayor daño y proteólisis muscular. Es por ello, que en este ámbito se han aplicado estudios con HMB para intentar mejorar la calidad de vida de estas personas con el objetivo de reducir en la medida de lo posible la pérdida continua de masa muscular.

Existen estudios que valoran específicamente la función del HMB en las personas mayores. Vukovich et al. (2001) intentaba demostrar los efectos que tenía el HMB en personas mayores con un programa de ejercicios durante 8 semanas. Flakoll et al. (2004) realizó la prueba de administración durante 12 semanas en mujeres de edad avanzada, pero añadiendo suplementos como arginina, y lisina. Los resultados fueron más que satisfactorios ya que con referencia al grupo que sólo tomaba placebo, se consiguió mejorar más la fuerza en varios segmentos del cuerpo, aumento de la masa libre de grasa y la pérdida de masa grasa. (ver Figura 2)

**FIGURA 2:** Efectos en la fuerza y en la funcionalidad de los grupos estudiados durante 12 semanas. Se observa la mejora del grupo suplementado con HMB+ ARG+LIS. Tomado de Flakoll (2004)



Baier et al. (2009) mostró los efectos de la suplementación con HMB acompañado de arginina y lisina en personas mayores que se encontraban en residencias. En función del peso, la cantidad de suplementación variaba variando desde los 2g de HMB en personas de menos de 68kg y los 5g en personas de mayor peso, todos ellos combinando la misma cantidad de lisina y arginina para poder analizar mejor los beneficios del HMB según la cantidad y que cantidad de complemento muestra una mayor mejora. Se demuestra los beneficios que presentan los sujetos suplementados frente al grupo placebo, ya que consiguen aumentar la masa libre de grasa, reducir la proteólisis muscular propia de estas edades.

Otro estudio realizado por Deutz et al. (2013) se realizó con sujetos encamados que no tenían posibilidad alguna de llevar a cabo una rutina de ejercicios y que sólo consumían HMB con el objetivo de disminuir la sarcopenia y la atrofia muscular durante un periodo de 24 meses. Se realizaron dos estudios con objetivos diferentes dentro del propio estudio. Tenían un objetivo común pero uno valoraba la función del HMB con entrenamiento de resistencia y el otro su ingesta como afectaba al organismo. Los resultados demostraron en el primer estudio que el grupo que consumió HMB aumentó su masa libre de grasa ligeramente y que el grupo que consumió placebo aumentó aún más la pérdida de masa total. También se demostró que la fuerza aumentaba tanto en el tren inferior como superior como en los jóvenes que consumieron HMB en otros estudios. Por otro lado, el grupo que tomaba placebo aumentó también los niveles de fuerza pero no a los niveles mostrados por el grupo HMB. Sin embargo, la falta de más tiempo para seguir con el estudio hubiese posiblemente aportado mejores resultados.

Por otra parte, los sujetos encamados no mostraron una disminución masa muscular y si de masa grasa en las extremidades (7% brazos y 5% piernas) a lo largo de los dos años, lo que en condiciones normales esa disminución hubiese sido mucho mayor. Por lo que llegaron a la conclusión que el aporte de 3g de HMB diario preserva la masa muscular del sujeto.

Fuller et al. (2011) investigó las mejoras que se producían en personas mayores con la suplementación de HMB acompañado de arginina y lisina. Se produjo un aumento de la masa libre de grasa independientemente del nivel de Vitamina D presente. Sin embargo, los sujetos con mayores niveles de Vitamina D mostraron amplias mejoras en la fuerza, lo que puede reportar una sinergia entre los suplementos y la Vitamina D.

Por último Stou et al. (2013), abarca 3 fases dentro del mismo. La primera fase se realizó con suplementación de HMB sin ejercicio y demostró aumentar la masa magra al igual que en el anterior estudio. La segunda fase se suministró HMB con un programa de entrenamiento de resistencia, disminuyendo la masa grasa del cuerpo pero de una manera más elevada que por Vukovich (2001), posiblemente se deba a la mayor intensidad de la carrera en este estudio. Esto choca con lo descrito por Breen y Phillips (2011), quienes sugirieron recientemente que los ejercicios de baja intensidad y el ejercicio de resistencia de alta repetición pueden ser más efectivos para las personas mayores. Los estudios futuros deben considerar el examen de la eficacia del entrenamiento de la resistencia de menor intensidad, con y sin proteína y / o la suplementación HMB, para mejorar el cumplimiento de ejercicio en los ancianos.

Fitschen (2013) en sus revisión sobre el papel del HMB en personas que muestran pérdida de masa muscular, atrofia o caquexia, recomienda la aplicación de HMB en este sector poblacional, ya que es evidente que la suplementación produce un retraso y una



reconversión de los efectos de una manera más positiva y que mejora la calidad de vida de los mismos.

En resumen, el HMB es muy beneficioso en situaciones de personas encamadas ya que frena la pérdida de masa muscular y favorece la pérdida de masa grasa. Sin embargo, el suministro de HMB combinado con actividad física promueve un mayor aumento de la masa magra y una mayor pérdida en intensidades al parecer más altas como demuestra el último estudio con mayor pérdida de masa grasa en pacientes trabajando al 80% que los pacientes del 2001 que trabajaban al 70%.

## Conclusiones



Los estudios realizados sobre el hidroximetilbutirato en relación con la salud, han obtenido resultados muy positivos para la mejora de la calidad de vida de las personas. En aspectos relacionados con la pérdida de peso producida en pacientes con cáncer, el tratamiento con HMB ha mostrado su efectividad. Esta efectividad se ve mejorada si dicho HMB va suplementado con otra sustancia complementaria. Actualmente se viene utilizando su tratamiento para personas encamadas o personas que presentan atrofia muscular severa como es el caso de ancianos que presentan deficiencias en salud relacionadas con el aparato locomotor. A pesar de los avances y descubrimientos en este ámbito, es necesaria aún mucha más investigación con el fin de confirmar los hallazgos y avances obtenidos y orientar los nuevos descubrimientos hacia otros campos de la salud.



## Artículo 1

Hug F, Bendahan D, Le Fur Y, Cozzone PJ, Grelot L. Heterogeneity of muscle recruitment pattern during pedaling in professional road cyclists: a magnetic resonance imaging and electromyography study. *Eur. J. Appl. Physiol.* 92:334-342, 2004.

Hakansson NA, Hull ML. Functional roles of the leg muscles when pedaling in the recumbent versus the upright position. *J. Biomech. Eng.* 127:301-310, 2005.

Kautz SA, Neptune RR. Biomechanical determinants of pedaling energetics: internal and external work are not independent. *Exerc Sport Sci Rev* 30:159--165, 2002

Martin JC, Spirduso WW. Determinants of maximal cycling power: crank length, pedaling rate and pedal speed. *Eur J Appl Physiol.* 84:413-418, 2001.

Lepers R, Hausswirth C, Maffiuletti N, Brisswalter J, van Hoekke J. Evidence of neuromuscular fatigue after prolonged cycling exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 32:1880-1886, 2000.

Faria EW, Parker DL, Faria IE. The science of cycling: physiology and training - part 1. *Sports Med.* 35:285-312, 2005.

Lucia A, Hoyos J, Chicharro JL. Physiology of professional road cycling. *Sports Med.* 31:325-37, 2001.

Margaritis I. Factors limiting performance in the triathlon. *Can J Appl Physiol.* 21:1-15, 1996.

Patterson RP, Moreno MI. Bicycle pedaling forces as a function of pedaling rate and power output. *Med Sci Sports Exerc* 22:512--516, 1990

Ericson MO, Nisell R. Efficiency of pedal forces during ergometer cycling. *Int J Sports Med* 9:118--122, 1988

Coyle EF, Feltner ME, Kautz SA, Hamilton MT, Montain SJ, Baylor AM, Abraham LD, Petrek GW. Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. *Med Sci Sports Exerc* 23:93--107, 1991

Cullen LK, Andrew K, Lair M, Widger MJ, Timson BF. Efficiency of trained cyclists using circular and non-circular chainrings. *Int J Sports Med* 13:264--269, 1992

Hull ML, Williams M, Williams K, Kautz S. Physiological response to cycling with both circular and noncircular chainrings. *Med Sci Sports Exerc* 24:1114--1122, 1992

Barani D, Commandre F, Digoïn A. The "Harmonic" chainring: presentation and biomechanical characteristics. *Med Sport* 68:77--81, 1994

Hintzy F, Belli A, Rouillon JD, Grappe F. Effects of noncircular chainwheel on force-velocity relationship during sprinting on a cycle ergometer. *Sci Motricite* 40: 42--47, 2000.

Hue O, Galy O, Hertogh C, Casties JF, Prefaut C. Enhancing cycling performance using an eccentric chainring. *Med Sci Sports Exerc* 33:1006--1010, 2001

Ratel S, Duche P, Hautier CA, Williams CA, Bedu M. Physiological responses during cycling with noncircular "Harmonic" and circular chainrings. *Eur J Appl Physiol.* 91:100-104, 2004.

Henderson SC, Ellis RW, Klimovitch G, Brooks GA. The effects of circular and elliptical chainwheels on steady-rate cycle ergometer work efficiency. *Med Sci Sports Exerc* 9:202--207, 1977.

Santalla A, Manzano JM, Perez M, Lucia A. A new pedaling design: the Rotor-effects on cycling performance. *Med Sci Sports Exerc.* 34:1854-1858, 2002.

Sanderson, D. J., Hennig, E. M., Black, A. H.; "The influence of cadence and power output on force application and in-shoe pressure distribution during cycling by competitive and recreational cyclists", *Journal of Sports Sciences*, 2000, 18, 173-181.

## Artículo 2

Babraj, J. A., Vollaard, N. B., Keast, C., Guppy, F. M., Cottrell, G., & Timmons, J. A. (2009). Extremely short duration high intensity interval training substantially improves insulin action in young healthy males. *BMC Endocrine Disorders*, 9(1), 3.

Bangsbo, J. (2000). Physiology of intermittent exercise. *Exercise and sport science*, 53-65.

Barnett, C., Carey, M., Proietto, J., Cerin, E., Febbraio, M. A., & Jenkins, D. (2004). Muscle metabolism during sprint exercise in man: influence of sprint training. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 7(3), 314-322.

Bartlett, J. D., Close, G. L., MacLaren, D. P., Gregson, W., Drust, B. & Morton, J. P. (2011). High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: implications for exercise adherence. *Journal of sports sciences*, 29(6), 547-553.

Bell, G. J., & Wenger, H. A. (1988). The effect of one-legged sprint training on intramuscular pH and nonbicarbonate buffering capacity. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 58(1), 158-164

Billat, L. V. (2001). Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part 1: aerobic interval training. *Sports Medicine*, 31(1), 13-31.

Bishop, D., Edge, J., Thomas, C., & Mercier, J. (2008). Effects of high-intensity training on muscle lactate transporters and postexercise recovery of muscle lactate and hydrogen ions in women. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 295(6), R1991-R1998.

Boutcher, S. H. (2010). High-intensity intermittent exercise and fat loss. *Journal of obesity*, 2011.

Boutcher, S. H. (2013). Ejercicio Intermitente de Alta Intensidad y Pérdida de Grasa. *PubliCE Standard*. Recuperado de: <http://g-se.com/es/org/dario-cappa-capacitaciones/articulos/ejercicio-intermitente-de-alta-intensidad-y-perdida-de-grasa-1500>.

1Bravo, D. F., Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., & Wisloff, U. (2008). Sprint vs. interval training in football. *International journal of sports medicine*, 29(8), 668-674.

Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013). High-Intensity Interval Training. Solutions to the Programming Puzzle. *Sports medicine*, 43(5), 313-338.

Burgomaster, K. A., Hughes, S. C., Heigenhauser, G. J., Bradwell, S. N., & Gibala, M. J. (2005). Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. *Journal of applied physiology*, 98(6), 1985-1990.

Burgomaster, K. A., Heigenhauser, G. J., & Gibala, M. J. (2006). Effect of short-term sprint interval training on human skeletal muscle carbohydrate metabolism during exercise and time-trial performance. *Journal of applied physiology*, 100(6), 2041-2047.

Burgomaster, K. A., Cermak, N. M., Phillips, S. M., Benton, C. R., Bonen, A., & Gibala, M. J. (2007). Divergent response of metabolite transport proteins in human skeletal muscle after sprint interval training and detraining. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 292(5), R1970-R1976.





- Burgomaster, K. A., Howarth, K. R., Phillips, S. M., Rakobowchuk, M., MacDonald, M. J., McGee, S. L., & Gibala, M. J. (2008). Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *The Journal of physiology*, 586(1), 151-160.
- Coyle, E. F. (2005). Very intense exercise-training is extremely potent and time efficient: a reminder. *Journal of Applied Physiology*, 98(6), 1983-1984.
- Daniels, J., & Scardina, N. (1984). Interval training and performance. *Sports Medicine (Auckland, NZ)*, 1(4), 327.
- Driller, M. W., Fell, J. W., Gregory, J. R., Shing, C. M., & Williams, A. D. (2009). The effects of high-intensity interval training in well-trained rowers. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 4(1).
- Driller, M. (2012). *Enhancing athletic performance through high-intensity interval training and sodium bicarbonate supplementation* (Doctoral dissertation, University of Tasmania).
- Dupont, G., Akakpo, K., & Berthoin, S. (2004). The effect of in-season, high-intensity interval training in soccer players. *Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association*, 18(3), 584-589.
- Ferguson, C., Wilson, J., Birch, K. M., & Kemi, O. J. (2013). Application of the speed-duration relationship to normalize the intensity of high-intensity interval training. *PLoS one*, 8(11).
- Fernandez-Fernandez, J., Zimek, R., Wiewelhoe, T., & Ferrauti, A. (2012). High-intensity interval training vs. repeated-sprint training in tennis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(1), 53-62.
- Finn, C. (2001). *Effects of High-Intensity Intermittent Training on Endurance Performance*. *Sportscience*, 5(1).
- Gaesser, G. A., & Angadi, S. S. (2011). High-intensity interval training for health and fitness: can less be more?. *Journal of Applied Physiology*, 111(6), 1540-1541.
- Gibala, M. J., Little, J. P., Van Essen, M., Wilkin, G. P., Burgomaster, K. A., Safdar, A., Raha, S., & Tarnopolsky, M. A. (2006). Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *The Journal of physiology*, 575(3), 901-911.
- Gibala, M. J. (2007). High-intensity Interval Training: A Time-efficient Strategy for Health Promotion?. *Current Sports Medicine Reports*, 6, 211-213.
- Gibala, M. J., & Ballantyne, C. (2007). High-intensity interval training: New insights. *Sports Science Exchange*, 20(2), 1-5.
- Gibala, M. J., & McGee, S. L. (2008). Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain?. *Exercise and sport sciences reviews*, 36(2), 58-63.
- Gibala, M. J., Little, J. P., MacDonald, M. J., & Hawley, J. A. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *The Journal of physiology*, 590(5), 1077-1084.
- Guiraud, T., Juneau, M., Nigam, A., Gayda, M., Meyer, P., Mekary, S., Pailard, F., & Bosque, L. (2010). Optimization of high intensity interval exercise in coronary heart disease. *European journal of applied physiology*, 108(4), 733-740.
- Guiraud, T., Nigam, A., Juneau, M., Meyer, P., Gayda, M., & Bosquet, L. (2011). Acute responses to high-intensity intermittent exercise in CHD patients. *Med Sci Sports Exerc*, 43(2), 211-7.
- Guiraud, T., Nigam, A., Gremeaux, V., Meyer, P., Juneau, M., & Bosquet, L. (2012). High-intensity interval training in cardiac rehabilitation. *Sports medicine*, 42(7), 587-605.
- Hamilton, R. J., Paton, C. D., & Hopkins, W. G. (2006). Effect of high-intensity resistance training on performance of competitive distance runners. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 1(1).
- Harmer, A. R., McKenna, M. J., Sutton, J. R., Snow, R. J., Ruell, P. A., Booth, J., M. W. Thompson, N. A. Mackay, C. G. Stathis, R. M. Cramer, M. F. Carey & Eager, D. M. (2000). Skeletal muscle metabolic and ionic adaptations during intense exercise following sprint training in humans. *Journal of applied physiology*, 89(5), 1793-1803.
- Hatle, H., Støbak, P. K., Mølmen, H. E., Brønstad, E., Tjønn, A. E., Steinshamn, S., Skogvoll, E., Wisløff, E., Ingul, C. B., & Rognmo, Ø. (2014). Effect of 24 Sessions of High-Intensity Aerobic Interval Training Carried out at Either High or Moderate Frequency, a Randomized Trial. *PLoS one*, 9(2), e88375.
- Helgerud, J., Hoydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjørkaas, M., Simonsen, T., Helgesen, C., Hjørth, N., Bach, R., & Hoff, J. (2007). Aerobic High-Intensity Intervals Improve VO<sub>2</sub> max More Than Moderate Training. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(4), 665.
- Heydari, M., Freund, J., & Boutcher, S. H. (2012). The effect of high-intensity intermittent exercise on body composition of overweight young males. *Journal of obesity*, 2012.
- Hickson, R. C., Bomze, H. A., & Holloszy, J. O. (1977). Linear increase in aerobic power induced by a strenuous program of endurance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 42(3), 372-376.
- Iaia, F. M., Rampinini, E., & Bangsbo, J. (2009). High-intensity training in football. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 4(3).
- Kemi, O. J., Haram, P. M., Loennechen, J. P., Osnes, J. B., Skomedal, T., Wisløff, U., & Ellingsen, Ø. (2005). Moderate vs. high exercise intensity: differential effects on aerobic fitness, cardiomyocyte contractility, and endothelial function. *Cardiovascular research*, 67(1), 161-172.
- Kemi, O. J., & Wisløff, U. (2010). High Intensity Aerobic Exercise Training Improves the Heart in Health and Disease. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention*, 30(1), 2-11.
- Kent, W. (2012). *The Effects of Sprint Interval Training on Aerobic Fitness: A Systematic Review*. *WebmedCentral SPORTS MEDICINE* 2012;3(5):WMC003284
- Laursen, P. B. (2010). Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training?. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20(s2), 1-10.
- Laursen, P. B., & Jenkins, D. G. (2002). The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Medicine*, 32(1), 53-73.
- Lindsay, F. H., Hawley, J. A., Myburgh, K. H., Schomer, H. H., Noakes, T. D., & Dennis, S. C. (1996). Improved athletic performance in highly trained cyclists after interval training. *Medicine and science in sports and exercise*, 28(11), 1427-1434.
- Linossier, M. T., Denis, C., Dormois, D., Geyssant, A., & Lacour, J. R. (1993). Ergometric and metabolic adaptation to a 5-s sprint training programme. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 67(5), 408-414.
- Little, J. P., Safdar, A., Wilkin, G. P., Tarnopolsky, M. A., & Gibala, M. J. (2010). A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: potential mechanisms. *The Journal of physiology*, 588(6), 1011-1022.
- MacDougall, J. D., Hicks, A. L., MacDonald, J. R., McKelvie, R. S., Green, H. J., & Smith, K. M. (1998). Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. *Journal of Applied Physiology*, 84(6), 2138-2142.



- Martinez, N. (2013). *Perceptual Responses to High-Intensity Interval Training in Overweight and Sedentary Individuals* (Doctoral dissertation, University of South Florida).
- Nevill, M. E., Boobis, L. H., Brooks, S., & Williams, C. (1989). Effect of training on muscle metabolism during treadmill sprinting. *J Appl Physiol*, 67(6), 2376-82.
- Niklas, P., Li, W., Jens, W., Michail, T., & Kent, S. (2010). Mitochondrial gene expression in elite cyclists: effects of high-intensity interval exercise. *European journal of applied physiology*, 110(3), 597-606.
- Nybo, L., Sundstrup, E., Jakobsen, M. D., Mohr, M., Hornstrup, T., Simonsen, L., Bülow, J., Randers, M. B., Nielsen, J. J., Aagaard, P. & Krstrup, P. (2010). High-intensity training versus traditional exercise interventions for promoting health. *Med Sci Sports Exerc*, 42(10), 1951-8.
- Parra, J., Cadefau, J. A., Rodas, G., Amigo, N., & Cusso, R. (2000). The distribution of rest periods affects performance and adaptations of energy metabolism induced by high-intensity training in human muscle. *Acta physiologica Scandinavica*, 169(2), 157-166.
- Paton, C. D., & Hopkins, W. G. (2004). Effects of high-intensity training on performance and physiology of endurance athletes. *Sportscience*, 8, 25-40.
- Ray, C. A. (1999). Sympathetic adaptations to one-legged training. *Journal of Applied Physiology*, 86(5), 1583-1587.
- Rodas, G., Ventura, J. L., Cadefau, J. A., Cusso, R., & Parra, J. (2000). A short training programme for the rapid improvement of both aerobic and anaerobic metabolism. *European journal of applied physiology*, 82(5-6), 480-486.
- Ross, A. & Leveritt, M. (2001). Long-Term Metabolic and Skeletal Muscle Adaptations to Short-Sprint Training. *Sports Med*, 31(15), 1063-1082.
- Seiler, S. & Hetlelid, K. J. (2005). The impact of rest duration on work intensity and RPE during interval training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(9), 1601.
- Seiler, S. (2010). What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes. *Int J Sports Physiol Perform*, 5(3), 276-291.
- Simoneau, J. A., Lortie, G., Boulay, M. R., Marcotte, M., Thibault, M. C., & Bouchard, C. (1985). Human skeletal muscle fiber type alteration with high-intensity intermittent training. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 54(3), 250-253.
- Simoneau, J. A., Lortie, G., Boulay, M. R., Marcotte, M., Thibault, M. C., & Bouchard, C. (1987). Effects of two high-intensity intermittent training programs interspaced by detraining on human skeletal muscle and performance. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 56(5), 516-521.
- Smith, A. E., Walter, A. A., Graef, J. L., Kendall, K. L., Moon, J. R., Lockwood, C. M., Fukuda, D. H., Beck, T. W., Cramer, J. T. & Stout, J. R. (2009). Effects of  $\beta$ -alanine supplementation and high-intensity interval training on endurance performance and body composition in men; a double-blind trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 6(1), 1-9.
- Stepto, N. K., Hawley, J. A., Dennis, S. C. & Hopkins, W. G. (1999). Effects of different interval-training programs on cycling time-trial performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 31(5), 736-741.
- Tabata, I., Nishimura, K., Kouzaki, M., Hirai, Y., Ogita, F., Miyachi, M., & Yamamoto, K. (1996). Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO<sub>2</sub>max. *Medicine and science in sports and exercise*, 28(10), 1327-1330.
- Tabata, I., Irisawa, K., Kouzaki, M., Nishimura, K., Ogita, F., & Miyachi, M. (1997). Metabolic profile of high intensity intermittent exercises. *Medicine and science in sports and exercise*, 29(3), 390.
- Talanian, J. L., Galloway, S. D., Heigenhauser, G. J., Bonen, A., & Spriet, L. L. (2007). Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. *Journal of applied physiology*, 102(4), 1439-1447.
- Tjønnå, A. E., Lee, S. J., Rognum, Ø., Stølen, T. O., Bye, A., Haram, P. M., Loennechen JP, Al-Share QY, Skogvoll E, Slørdahl SA, Kemi OJ, Najjar SM & Wisløff, U. (2008). Aerobic Interval Training Versus Continuous Moderate Exercise as a Treatment for the Metabolic Syndrome A Pilot Study. *Circulation*, 118(4), 346-354.
- Trapp, E. C., Chisholm, D. J., Freund, J., & Boutcher, S. H. (2008). The effects of high-intensity intermittent exercise training on fat loss and fasting insulin levels of young women. *International journal of obesity*, 32(4), 684-691.
- Tremblay, A., Simoneau, J. A., & Bouchard, C. (1994). Impact of exercise intensity on body fatness and skeletal muscle metabolism. *Metabolism*, 43(7), 814-818.
- Warburton, D. E., McKenzie, D. C., Haykowsky, M. J., Taylor, A., Shoemaker, P., Ignaszewski, A. P., & Chan, S. Y. (2005). Effectiveness of high-intensity interval training for the rehabilitation of patients with coronary artery disease. *The American journal of cardiology*, 95(9), 1080-1084.
- Weston, A. R., Myburgh, K. H., Lindsay, F. H., Dennis, S. C., Noakes, T. D. & Hawley, J. A. (1996). Skeletal muscle buffering capacity and endurance performance after high-intensity interval training by well-trained cyclists. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 75(1), 7-13.
- Weston, M., Helsen, W., MacMahon, C. & Kirkendall, D. (2004). The impact of specific high-intensity training sessions on football referees' fitness levels. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(1 suppl), 545-615.
- Wisløff, U., Støylen, A., Loennechen, J. P., Bruvold, M., Rognum, Ø., Haram, P. M., Tjønnå, A. E., Helgerud, J., Slørdahl, S. A., Lee, S. J., Videm, V., Bye, A., Smith, G. L., Najjar, S. M., Ellingsen, O. & Skjærpe, T. (2007). Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients a randomized study. *Circulation*, 115(24), 3086-3094.
- Wisløff, U., Ellingsen, Ø., & Kemi, O. J. (2009). High-intensity interval training to maximize cardiac benefits of exercise training?. *Exercise and sport sciences reviews*, 37(3), 139-146.
- Wong, P. L., Chauachi, A., Chamari, K., Dellal, A. & Wisløff, U. (2010). Effect of preseason concurrent muscular strength and high-intensity interval training in professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(3), 653-660.
- Zuhl, M., & Kravitz, L. (2012). HIIT vs. Continuous Endurance Training: Battle of the Aerobic Titans. *IDEA Fitness Journal*, 9(2), 35-40.

### Artículo 3

Alway, S. E., Pereira, S. L., Edens, N. K., Hao, Y., and Bennett, B. T. (2013).  $\beta$ -Hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate (HMB) enhances the proliferation of satellite cells in fast muscles of aged rats during recovery from disuse atrophy. *Experimental gerontology*, 48(9), 973-984.

Arribas Castrillo, J.M and Vallina Álvarez, E. (2007). *Endocrinología médica y metabolismo*. Textos universitarios edición: Oviedo



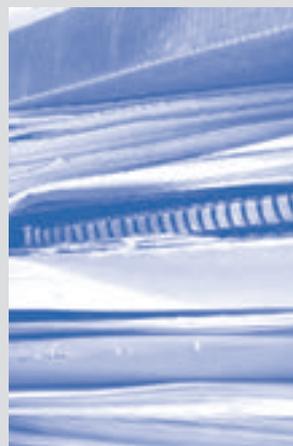
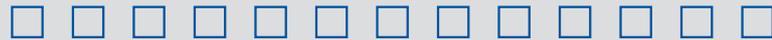
- Baier, S., Johannsen, D., Abumrad, N., Rathmacher, J. A., Nissen, S., and Flakoll, P. (2009). Year-long changes in protein metabolism in elderly men and women supplemented with a nutrition cocktail of  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate (HMB), L-arginine, and L-lysine. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 33(1), 71-82.
- Baptista, I. L., Silva, W. J., Artioli, G. G., Guilherme, J. P. L., Leal, M. L., Aoki, M. S., and Moriscot, A. S. (2013). Correction: Leucine and HMB Differentially Modulate Proteasome System in Skeletal Muscle under Different Sarcopenic Conditions. *PLoS one*, 8(10).
- Berk, L., James, J., Schwartz, A., Hug, E., Mahadevan, A., Samuels, M., and Kachnic, L. (2008). A randomized, double-blind, placebo-controlled trial of a  $\beta$ -hydroxyl  $\beta$ -methyl butyrate, glutamine, and arginine mixture for the treatment of cancer cachexia (RTOG 0122). *Supportive Care in Cancer*, 16(10), 1179-1188.
- Breen, L and Philips, S. (2011). Skeletal muscle protein metabolism in the elderly: interventions to counter act the "anabolic resistance" of ageing. *Nutrition metabolism*, 8(1), 68.
- Burke, L. (2007). *Nutrición en el deporte: un enfoque práctico*. Pág. 62. Barcelona: Paidotribo
- Calle M.C. and Fernandez M.L. (2010) Effects of resistance training on the inflammatory response. *Nutrition Research and Practice*, 4 (4), 259–269
- Cédric, R; Royer, D and Dionne, I. (2007). Effects of  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate on aerobic-performance components and body composition in college students. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 17(1), 56-69.
- Clements, R.H., Saraf, N., Kakade, M., Yellumhanthi, K., White, M., and Hackett JA (2011). Nutritional effect oral supplement enriched in  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate, glutamine and arginine on resting metabolic rate after laparoscopic gastric bypass. *Surgical Endoscopy*, 25(1), 1376-1382.
- Deborah. A., Rathmacher, J. A., Musngi, M. D., Frisch, D. A., Nielson, J., Barber, A. and Fildes, J. J. (2007).  $\beta$ -Hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate supplementation in critically ill trauma patients. *Journal of Trauma-Injury, Infection, and Critical Care*, 62(1), 125-132.
- Deutz, N. E., Pereira, S. L., Hays, N. P., Oliver, J. S., Edens, N. K., Evans, C. M., & Wolfe, R. R. (2013). Effect of  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate (HMB) on lean body mass during 10 days of bed rest in older adults. *Clinical Nutrition*, 32(5), 704-712.
- EFSA. (2011). -Hydroxy-methylbutyrate monohydrate (HMB) alone or in combination with  $\alpha$ -ketoisocaproic acid (KIC) related health claims. *EFSA Journal*, 9 (6), 2227.
- Eidy Zanchi, N., Gerlinger-Romero, F., Guimaraes-Ferreira, L., de Siqueira Filho, M. A., Felitti, V., Lira, F. S. and Lancha Jr, A. H. (2011). HMB supplementation: clinical and athletic performance-related effects and mechanisms of action. *Amino Acids*, 40(4), 1015-1025.
- Eley, H. L., Russell, S. T., Baxter, J. H., Mukerji, P., & Tisdale, M. J. (2007). Signaling pathways initiated by  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate to attenuate the depression of protein synthesis in skeletal muscle in response to cachectic stimuli. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 293(4), E923-E931.
- Fanelli, R. (2011).  $\beta$ -hydroxy methylbutyrate (HMB) attenuates muscle and body weight loss in experimental cancer cachexia. *International Journal of Oncology*, 38(3), 713-720.
- Faramarzi, M and Nuri, R. (2009). The effect of short-term combination of HMB- and creatine supplementation on aerobic performance and muscle injury markers in soccer players. *Barzilian Journal of Biomotricity*, 3(4), 366-375.
- Fitschen, P. J., Wilson, G. J., Wilson, J. M., and Wilund, K. R. (2013). Efficacy of  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate supplementation in elderly and clinical populations. *Nutrition*, 29(1), 29-36.
- Flakoll, P., Sharp, R., and Breen, A. (2004). Effect of  $\beta$ -Hydroxy- $\beta$ -Methylbutyrate, Arginine, and Lysine Supplementation on Strength, Functionality, Body Composition, and Protein Metabolism in Elderly Women. *Nutrition*, 20 (5): 445-451.
- Fuller, J. C., Baier, S., Flakoll, P., Nissen, S. L., Abumrad, N. N., & Rathmacher, J. A. (2011). Vitamin D Status Affects Strength Gains in Older Adults Supplemented With a Combination of  $\beta$ -Hydroxy- $\beta$ -Methylbutyrate, Arginine, and Lysine A Cohort Study. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 35(6), 757-762.
- Fuller, J. C., Sharp, R. L., Angus, H. F., Baier, S. M., & Rathmacher, J. A. (2011). Free acid gel form of  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate (HMB) improves HMB clearance from plasma in human subjects compared with the calcium HMB salt. *British Journal of Nutrition*, 105(3), 367-372.
- Gallagher, P.M., Carrithers, J.A., Godard, M.P., Schulze, K. E., and Trappe, S. (2000). -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate ingestion Part II: effects on hematology, hepatic and renal function. *Medicine and Science in Sports & Exercise*, 195 (1), 2216-2219.
- Gallagher, P.M., Carrithers, J.A., Godard, M.P., Schulze, K. E., and Trappe, S. (2000). -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate ingestion, Part I: effects on strength and fat free mass. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 195 (1), 2209-2215
- Gil A. (2010). *Tratado de nutrición: Bases fisiológicas y bioquímicas de la nutrición*. Panamericana: Madrid
- Gonzalez, A. M., Stout, J. R., Jajtner, A. R., Townsend, J. R., Wells, A. J., Beyer, K. S., and Hoffman, J. R. (2014). Effects of  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate free acid and cold water immersion on post-exercise markers of muscle damage. *Amino acids*, 46(6), 1501-1511.
- Hasselgren, P-O. (2014). -Hydroxy-methylbutyrate (HMB) and prevention of muscle wasting. *Metabolism clinical and experimental*, 63 (1), 5-8.
- Henning, P.C., Park, B.S., and Kim, J.S. (2014). -Hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate improves bone properties and attenuates the depression of protein synthesis during a simulated sustained operation. *Military Medicine*, 179 (6), 679-685.
- Hermano da Justa Pinheiro, C., Gerlinger-Romero, F., Guimaraes-Ferreira, L., de Souza-Jr, A. L., Vitzel, K. F., Nachbar, R. T., and Curi, R. (2012). Metabolic and functional effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) supplementation in skeletal muscle. *European Journal of Applied Physiology*, 112(7), 2531-2537.
- Holecek, M., Muthny, T., and Sispera, L. (2009). Effect of  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate (HMB) on protein metabolism in whole body and in selected tissues. *Food and Chemical Toxicology*, 47 (1), 255-259.
- Hsieh, L. C., Chow, C. J., Chang, W. C., Liu, T. H., and Chang, C. K. (2010). Effect of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate on protein metabolism in bed-ridden elderly receiving tube feeding. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 19(2), 200-208.
- Hsieh, L., Chien, S., Huang, M., Tseng, H., and Chang, C. (2006). Anti-inflammatory and anticatabolic effects of short-term beta-hydroxy-beta-methylbutyrate supplementation on chronic obstructive pulmonary disease patients in intensive care unit. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 15(4), 544-552.
- Hung, W., Liu, T. H., Chen, C. Y., and Chang, C. K. (2010). Effect of -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate supplementation during energy restriction in female judo athletes. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 8(1), 50-53.
- Imai, T., Matsuura, K., Asada, Y., Sagai, S., Katagiri, K., Ishida, E., and Saijo, S. (2014). Effect of HMB/Arg/Gln on the Prevention of Radiation Dermatitis in Head and Neck Cancer Patients Treated with Concurrent Chemoradiotherapy. *Japanese Journal of Clinical Oncology*, 44(5), 422-427.



- Jówko, E., Ostaszewski, P., Jank, M., Sacharuk, J., Zieniewicz, A., Wilczak, J., and Nissen, S. (2001). Creatine and  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate (HMB) additively increase lean body mass and muscle strength during a weight-training program. *Nutrition*, 17(7), 558-566.
- Knitter, A.; Panton, L and Sharp, R. (2000). Effect of  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate on muscle damage after a prolonged run. *Journal of applied of physiology*, 89 (2): 1340-1344.
- Kreider, R. (2004). Efectos de la suplementación con proteínas y aminoácidos sobre el rendimiento atlético. *PubliCE Standard*, 3; 1.
- Kreider, R. B., Cantler, E., Grindstaff, P., Almada, A. L., Greenwood, M., Ferreira, M., and Wilson, M. (2007). Efectos de la Suplementación con  $\beta$ -Hidroximetilbutirato de Calcio (HMB) Durante el Entrenamiento sobre los Marcadores del Catabolismo, Composición Corporal, Fuerza y Rendimiento de Esprint. *PubliCE Premium*.
- Kreider, R; Ferreira, M and Wilson, M. (1999). Effects of Calcium -Hydroxy-methylbutyrate (HMB) supplementation during resistance-training on markers of catabolism, body composition and strength. *International Journal Sports Medicine*, 20 (4), 503-509.
- Krenitsky, J (2012). Nutrition and nutraceuticals for muscle maintenance and recovery: Hero or hokum? *Nutrition Issues in Gastroenterology*, 109: 27-37.
- Lowery, R. P., Joy, J., Rathmacher, J. A., and Baier, S. M. (2014). Interaction of Beta-hydroxy-beta-methyl-butyrate Free acid (HMB-FA) and adenosine triphosphate (ATP) on muscle mass, strength and power resistance trained individuals. *Journal of Strength and conditioning research*. (Publish Ahead of Print).
- Lowery, R. P., Joy, J., Rathmacher, J. A., Baier, S. M., Fuller, J. C., Jäger, R., and Wilson, J. M. (2013). Effects of 12 weeks of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate free acid, adenosine triphosphate, or a combination on muscle mass, strength, and power in resistance trained individuals. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 10(Suppl 1), 17-29.
- May, P. E., Barber, A., D'Olimpio, J. T., Hourihane, A., and Abumrad, N. N. (2002). Reversal of cancer-related wasting using oral supplementation with a combination of  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate, arginine, and glutamine. *The American Journal of Surgery*, 183(4), 471-479.
- Melo, V and Cuamatzi, O. (2007). *Bioquímica de los procesos metabólicos*. Ediciones Reverte: México.
- Molfino, A., Gioia, G., Fanelli, F. R., and Muscaritoli, M. (2013). Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate supplementation in health and disease: a systematic review of randomized trials. *Amino Acids*, 45(6), 1273-1292.
- Nissen, N; Sharp, R and Ray, M. (1996). Effect of leucine metabolite  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate on muscle metabolism during resistance-exercise training. *The Journal of Physiology Society*. 81(5), 2095-2104.
- Nissen, S., and Sharp, R. (2002). Effect of dietary supplements on lean mass and strength gains with resistance exercise: a meta-analysis. *Journal of Applied Physiology*, 94 (2): 651-659.
- Nissen, S., Sharp, R., and Vukovich, M. (2000).  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate (HMB) supplementation in humans is safe and may decrease cardiovascular risk factors. *The Journal of Nutrition*, 130(7), 1937-1945.
- Nunan, D., Howatson, G., and van Somerem, A. (2010). Exercise-induced muscle damage is not attenuated by  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate and  $\alpha$ -ketoisocaproic acid supplementation. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24 (2), 531-537.
- Nutrición hospitalaria. (2011). Últimos avances en nutrición clínica. *Nutrición hospitalaria*, 26 (2), 249-440.
- Paddon-Jones, D., Keech, A., and Jenkins, D. (2001). Short-term  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate supplementation does not reduce symptoms of eccentric muscle damage. *International Journal of sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 11 (2), 442-450.
- Pailisin, T., and Stacy, J. (2005).  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate and its use in athletics. *Currents Sports Medicine Reports*, 4 (1), 220-223.
- Park, B. S., Henning, P. C., Grant, S. C., Lee, W. J., Lee, S. R., Arjmandi, B. H., and Kim, J. S. (2013). HMB attenuates muscle loss during sustained energy deficit induced by calorie restriction and endurance exercise. *Metabolism*, 62(12), 1718-1729.
- Pimentel, G. D., Rosa, J. C., Lira, F. S., Zanchi, N. E., Ropelle, E. R., Oyama, L. M., and Santos, R. V. (2011). HMB supplementation stimulates skeletal muscle hypertrophy in rats via the mTOR pathway. *Nutrition and Metabolism*, 8 (2), 11-24
- Portal, S., Eliakim, A., Nemet, D., Halevy, O., and Zadik, Z. (2010). Effect of HMB supplementation on body composition, fitness, hormonal profile and muscle damage indices. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, 23 (7), 641-650.
- Portal, S., Zadik, Z., Rabinowitz, J., Pilz-Burstein, R., Adler-Portal, D., Meckel, Y. and Nemet, D. (2011). The effect of HMB supplementation on body composition, fitness, hormonal and inflammatory mediators in elite adolescent volleyball players: a prospective randomized, double-blind, placebo-controlled study. *European Journal of Applied Physiology*, 111 (9), 2261-2269.
- Rahman, A., Wilund, K., Fitschen, P.J., Jeejeebhoy, K., Agarwala, R., Drover, J.W., and Mourtzakis, M. (2013). Elderly persons with ICU-acquired weakness: the potential role for  $\beta$ -hydroxyl  $\beta$ -methyl butyrate (HMB) supplementation?. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 20(10), 1-9.
- Rathmacher, J. A., Nissen, S., Panton, L., Clark, R. H., May, P. E., Barber, A. E., and Abumrad, N. N. (2004). Supplementation with a combination of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB), arginine, and glutamine is safe and could improve hematological parameters. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 28(2), 65-75.
- Reut Kornasio, R., Riederer, I., Butler-Browne, G., Mouly, V., Uni, Z., and Halevy, O. (2009).  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate (HMB) stimulates myogenic cell proliferation, differentiation and survival via the MAPK/ERK and PI3K/Akt pathways. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Cell Research*, 1793(5), 755-763.
- Ribeiro Ferreira, H. (2013). The effects of supplementation of  $\beta$ -hydroxy-methylbutyrate on inflammatory markers in high performance athletes. *Journal of Exercise Physiology online*, 16(1), 53-63.
- Rodas, G; Pruna, R; Til, L; and Martín, C (2009). Guía de práctica de las lesiones musculares. *Epidemiología, diagnóstico y prevención*. Apunts medicina de l'esport, 164 (3), 179-203.
- Slater, G., and Jenkins, D. (2000).  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate (HMB) supplementation and the promotion of muscle growth and strength. *Sports Medicine*, 30 (2), 105-116.
- Slater, G., and Jenkins, D. (2001).  $\beta$ -Hydroxy- $\beta$ -Methylbutyrate (HMB) Supplementation Does Not Affect Changes in Strength or Body Composition During Resistance Training in Trained Men. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 11 (8), 384-396.
- Slawi, E., Tatara, M., and Drobowski, P. (2011). Short -and long- term consequences on biochemical markers after fundectomy in pigs supplemented with 3-hydroxy-3-methylbutyrate and alpha-ketoglutarate. *Berl Münch Tierärztliche Wochenschrift*, 123: 10-18.
- Smith, H., Mukerji, P., and Tisdale, J. (2005). Attenuation of proteasome-induced proteolysis in skeletal muscle by  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate in cancer-induced muscle loss. *Cancer Research*, 65 (4): 277-283.
- Smith, H., Wyke, M., and Tisdale, M. (2004). Mechanism of the attenuation of proteolysis-inducing factor stimulated protein degradation in muscle by  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate. *Cancer Research*, 64 (2): 8731-8735.



- Stout, J. R., Smith-Ryan, A. E., Fukuda, D. H., Kendall, K. L., Moon, J. R., Hoffman, J. R., and Mustad, V. A. (2013). Effect of calcium  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate (CaHMB) with and without resistance training in men and women 65+ yrs: A randomized, double-blind pilot trial. *Experimental Gerontology*, 48(11), 1303-1310.
- Tatara, M (2008). Effect of HMB administration on volumetric bone mineral density, and morphometric and mechanical properties of tibia in male turkeys. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 93 (3), 669-677.
- Van Somerem, K., Edwards, A., and Howatson, G. (2005). Supplementation with  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate and -ketoisocaproic acid (KIC) reduces signs and symptoms of exercise-induced muscle damage in man. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 15 (2), 413-424.
- Viru, A and Viru, M. (2001). Análisis y control del rendimiento deportivo. Paidotribo: Barcelona.
- Vukovich, M. D., Slater, G., Macchi, M. B., Turner, M. J., Fallon, K., Boston, T., & Rathmacher, J. (2001).  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate (HMB) kinetics and the influence of glucose ingestion in humans. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 12(11), 631-639.
- Vukovich, M., Stubbs, N., and Bohlken, R. (2001). Body composition in 70 year old adults responds to dietary  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate similarly to that of young adults. *The Journal of Nutrition*, 131 (6): 2049-2052.
- Vulcan, P. (2012). Role of with-hydroxy-methylbutyrate (HMB) on inflammation after eccentric exercise. Graduate theses and dissertations. Paper 12501.
- Wilkinson, D. J., Hossain, T., Hill, D. S., Phillips, B. E., Crossland, H., Williams, J., and Atherton, P. J. (2013). Effects of leucine and its metabolite  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate on human skeletal muscle protein metabolism. *The Journal of Physiology*, 591(11), 2911-2923.
- Williams, M. (2002). *Nutrición para la salud, la condición física y deporte*. Barcelona: Paidotribo.
- Williams, M. (2006). *Dietary supplements and sports performance: Herbs*. *Journal of the international society of sports Nutrition*, 3(1): 1-6.
- Wilson, G. J., Wilson, J. M., & Manninen, A. H. (2008). Effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) on exercise performance and body composition across varying levels of age, sex, and training experience: A review. *Nutr Metab (Lond)*, 5, 1.
- Wilson, J. M., Fitschen, P. J., Campbell, B., Wilson, G. J., Zanchi, N., Taylor, L., and Antonio, J. (2013). *International Society of Sports Nutrition Position Stand: beta-hydroxy-betamethylbutyrate (HMB)*. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 10(1), 1-14.
- Wilson, J. M., Grant, S. C., Lee, S. R., Masad, I. S., Park, Y. M., Henning, P. C., and Kim, J. S. (2012). Beta-hydroxy-beta-methyl-butyrate blunts negative age-related changes in body composition, functionality and myofiber dimensions in rats. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 9(1), 18-32.
- Wilson, J. M., Kim, J. S., Lee, S. R., Rathmacher, J. A., Dalmay, B., Kingsley, J. D., and Panton, L. B. (2009). Acute and timing effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) on indirect markers of skeletal muscle damage. *Nutrition Metabolism*, 6(6), 1-8.
- Wilson, J. M., Lowery, R. P., Joy, J. M., Walters, J. A., Baier, S. M., Fuller, J. C., and Rathmacher, J. (2013).  $\beta$ -Hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate free acid reduces markers of exercise-induced muscle damage and improves recovery in resistance-trained men. *British Journal of Nutrition*, 110(3), 538-544.
- Wilson, J., Lowery, R.P., Joy, J.M., Andersen, J.C., Stout, R., Duncan, N., Fuller, J.C. and Baier, S. (2014). The effects of 12 weeks of  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate free acid supplementation on muscle mass, strength, and power in resistance-trained individuals: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *European Journal Applied of Physiology*, 5 (14), 2854-2859
- Zanchi, N. E., Gerlinger-Romero, F., Guimaraes-Ferreira, L., de Siqueira Filho, M. A., Felitti, V., Lira, F. S., and Lancha Jr, A. H. (2011). HMB supplementation: clinical and athletic performance-related effects and mechanisms of action. *Amino Acids*, 40(4), 1015-1025.





# 50

## UNIDAD REGIONAL DE MEDICINA DEPORTIVA

### ► Revistas

#### Nº1 \_\_\_\_\_

- EJERCICIO FÍSICO PARA LA SALUD DE LOS ADULTOS  
Nicolás Terrados Cepeda / Javier Pérez-Landaluce  
Benjamín Fernández García
- NUEVOS ASPECTOS DEL METABOLISMO ENERGÉTICO  
Y DE LA FATIGA EN DEPORTES DE LARGA DURACIÓN  
Nicolás Terrados Cepeda / Javier Pérez-Landaluce  
Benjamín Fernández García

#### Nº2 \_\_\_\_\_

- EJERCICIO FÍSICO EN NIÑOS Y ADOLESCENTES. LA FUERZA  
Javier Pérez-Landaluce / Raquel Ortolano Ríos  
Benjamín Fernández García / Nicolás Terrados Cepeda
- RESPUESTAS Y ADAPTACIONES FISIOLÓGICAS AL EJERCICIO  
DE ALTA INTENSIDAD: APLICACIONES AL ENTRENAMIENTO  
Benjamín Fernández García / Javier Pérez-Landaluce  
Nicolás Terrados Cepeda
- ANTIOXIDANTES Y DEPORTE  
Dr. Juan Carlos Bango Melcón

#### Nº3 \_\_\_\_\_

- LA ACTIVIDAD FÍSICA EN EDAD ESCOLAR. SU RELACIÓN CON LA SALUD  
Javier Rodríguez Ordax / Sara Márquez Rosa  
Serafín de Abajo Olea / Nicolás Terrados Cepeda
- CICLO MENSTRUAL Y DEPORTE  
María Luisa Ruiz Fernández / Luis María Gutiérrez Glez.
- EJERCICIO FÍSICO DURANTE EL EMBARAZO  
María Esther Álvarez Cueto

#### Nº4 \_\_\_\_\_

- MEDICINA DEPORTIVA APLICADA A DEPORTES DE EQUIPO (BALONCESTO)  
Antonio Tramullas
- EL ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA EN EL FÚTBOL MODERNO  
Ricardo Rodríguez Suárez
- NUTRICIÓN Y FÚTBOL: NECESIDADES NUTRICIONALES  
Y PRÁCTICAS DIETÉTICAS RECOMENDADAS  
Eduardo Iglesias / Ángeles M Patterson
- NOVEDADES EN GENÉTICA Y EJERCICIO  
Raquel Ortolando Ríos / Nicolás Terrados Cepeda



#### Nº5 \_\_\_\_\_

- EL ESQUÍ ALPINO. ACONDICIONAMIENTO FÍSICO PREVIO AL INICIO  
DE LA TEMPORADA  
Javier Pérez-Landaluce López
- ACTUALIZACIONES SOBRE LA ACIDOSIS LÁCTICA  
Y EL ENTRENAMIENTO AERÓBICO  
Nicolás Terrados Cepeda
- OBESIDAD Y EJERCICIO. METABOLISMO DE LA GRASA DURANTE EL EJERCICIO  
Nicolás Terrados Cepeda

#### Nº6 \_\_\_\_\_

- CARGAS DE TRABAJO SALUDABLES EN EL DEPORTE  
Y APLICACIÓN DE LA GENÉTICA  
María Ramos Bueno / Tania Fernández González  
Nicolás Terrados Cepeda
- ASPECTOS FISIOLÓGICOS DEL TENIS DE COMPETICIÓN  
Jaime Fernández Fernández / Alberto Méndez Villanueva  
Babette Pluim / Nicolás Terrados Cepeda

#### Nº7 \_\_\_\_\_

- IMPORTANCIA DEL EJERCICIO FÍSICO EN LA PREVENCIÓN  
Y TRATAMIENTO DE CIERTAS PATOLOGÍAS  
Nicolás Terrados Cepeda
- METABOLISMO DEL BALONCESTO  
Nicolás Terrados Cepeda / Enrique Salinas  
Julio Calleja
- AYUDAS ERGOGÉNICAS NATURALES EN LA SALUD Y EL RENDIMIENTO  
DEPORTIVO. UTILIZACIÓN DE SUBSTANCIAS TAMPÓN PARA MEJORAR  
EL RENDIMIENTO DEPORTIVO  
Manuel Rodríguez Alonso
- PAPEL DE LA FISIOTERAPIA EN LA RECUPERACIÓN DEL DEPORTISTA  
Tania Fernández González



## PUBLICACIONES

## Nº8 \_\_\_\_\_

- ▶ NIÑOS, EJERCICIO, OBESIDAD Y ESTILO DE VIDA.  
Javier Pérez Landaluce
- ▶ ANEMIAS NUTRICIONALES  
Xabier Leibar
- ▶ EL EJERCICIO FÍSICO COMO FUENTE DE SALUD EN EL NIÑO Y EL ADULTO.  
Nicolás Terrados Cepeda

## Nº9 \_\_\_\_\_

- ▶ ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA EN ESCOLARES DE MEDIO URBANO.  
Hernández L. A. / Ferrando J. A. / Quílez J.  
Aragonés M. / Terreros J. L.
- ▶ NUEVOS EFECTOS DEL EJERCICIO FÍSICO Y DEL ENTRENAMIENTO EN LOS FACTORES DE RIESGO CARDIOVASCULAR EMERGENTES.  
Gracia Valcárcel Piedra / Nicolás Terrados Cepeda  
Rafael Venta Obaya
- ▶ ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE ÉXITO ASOCIADOS AL ENTRENAMIENTO DE LA CONDICIÓN FÍSICA EN EL BALONCESTO MODERNO.  
Julio Calleja-González / Argja Langarika Rokafort  
Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ EL CORE. LA ESTABILIDAD LUMBOPÉLVICA EN EL DEPORTISTA.  
Belén Fernández Alonso

## Nº10 \_\_\_\_\_

- ▶ INTRODUCCIÓN AL ENTRENAMIENTO EN CICLISMO.  
Yago Alcalde.
- ▶ ACTUALIZACIÓN SOBRE LOS BENEFICIOS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA PARA LA SALUD.  
Nicolás Terrados Cepeda.
- ▶ CONSIDERACIONES PARA EL RENDIMIENTO DEPORTIVO EN ALTURA EXTREMA Y PERFIL DEL DEPORTISTA.  
Gaizca Mejuto.

## Nº11 \_\_\_\_\_

- ▶ EXIGENCIA EN BALONCESTO: CARGA EXTERNA E INTERNA.  
Xavi Schelling i del Alcázar
- ▶ DEMANDA FÍSICA DEL BADMINTON EN CATEGORÍA JUNIOR.  
Francisco Félix Álvarez Dacal
- ▶ BASES COMUNES PARA LA RECUPERACIÓN DEL JUGADOR EN DEPORTES DE EQUIPO.  
Nicolás Terrados Cepeda / Julio Calleja-González
- ▶ REFLEXIONES DESPUÉS DE LOS JUEGOS OLÍMPICOS DE LONDRES 2012.  
Nicolás Terrados Cepeda / Julio Calleja-González  
Xabier Leibar Mendarte

## Nº12 \_\_\_\_\_

- ▶ APLICACIÓN DE LA CUANTIFICACIÓN Y CONTROL DE LA CARGA EN EL FÚTBOL, PARA LA RECUPERACIÓN DEL FUTBOLISTA  
Ramón Moré García / Álvaro Vázquez García
- ▶ ACTUALIZACIÓN SOBRE EL METABOLISMO ANAERÓBICO  
Nicolás Terrados Cepeda  
Francisco Sánchez Sotomayor
- ▶ EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON ÁCIDOS GRASOS OMEGA 3 EN LA RECUPERACIÓN MUSCULAR  
Juan Martínez Fernández

## Nº13 \_\_\_\_\_

- ▶ PLATOS Q-RING – BUSCANDO LA PEDALADA PERFECTA  
José Luis de Santosa
- ▶ EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO DE ALTA INTENSIDAD EN EL RENDIMIENTO DEPORTIVO Y LA SALUD.  
Luis Camacho Mateo
- ▶ HIDROXIMETILBUTIRATO Y SU POSIBLE APLICACIÓN DEL DEPORTE A LA SALUD.  
Sergio Martínez López



## ► Monografías



### Nº 1 NUTRICIÓN PARA EL DEPORTISTA ADOLESCENTE

**Editores:** Ángeles M. Patterson  
Nicolás Terrados Cepeda

Eduardo Iglesias  
Ángeles M. Patterson  
Xabier Leibar  
Nicolás Terrados



- CAP.1 NECESIDADES NUTRICIONALES Y HÁBITOS ALIMENTICIOS DE LOS ADOLESCENTES. GENERALIDADES
- CAP.2 INVESTIGACIÓN EN NUTRICIÓN DEPORTIVA: EVALUACIÓN DEL ESTADO NUTRICIONAL Y LOS HÁBITOS ALIMENTICIOS DE FUTBOLISTAS ADOLESCENTES ASTURIANOS
- CAP.3 ANEMIAS NUTRICIONALES
- CAP.4 RECOMENDACIONES NUTRICIONALES Y CONSEJOS PRÁCTICOS

### Nº 2 ACTUALIZACIONES EN EL ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA

**Editor:** Nicolás Terrados Cepeda

Benjamín Fernández García  
Nicolás Terrados Cepeda  
Dionisio Alonso Curiel  
Juan M. del Campo Vecino  
Ricardo Rodríguez Suárez  
Daniel Alonso Curiel



- CAP.1 METABOLISMO ENERGÉTICO DE LOS DEPORTES DE RESISTENCIA
- CAP.2 ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE LARGA DURACIÓN
- CAP.3 LA RESISTENCIA EN BALONCESTO
- CAP.4 EL ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA EN EL FÚTBOL MODERNO
- CAP.5 DE LA INICIACIÓN ATLÉTICA AL ALTO RENDIMIENTO EN LA PRUEBA DE MARATÓN: UNA PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN A LARGO PLAZO



7E EPITES SOWEP

# deporte en Avilés

CON:



deporte

deporte

deporte

deporte

deporte

deporte



---

# DEPORTE ASTURIANO

---

GOBIERNO DEL  
PRINCIPADO DE ASTURIAS

---

[www.asturias.es/deporteasturiano](http://www.asturias.es/deporteasturiano)