

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

MÁSTER UNIVERSITARIO EN ENTRENAMIENTO Y RENDIMIENTO DEPORTIVO

Curso Académico 2017-2018

ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO DE ALTA INTENSIDAD Y BOXEO

High Intensity Interval Training and Boxing

Autor: Ismael Hugo Barquín Fournet

Tutor: Eugenio Izquierdo Macón

Fecha: 2-7-18

Vº Bº TUTOR

Vº Bº AUTOR

RESUMEN

El boxeo olímpico es uno de los deportes más antiguos que existen, siendo su primera aparición hace 5000 años. A pesar de ello, sobre todo en España, los métodos y herramientas de entrenamiento prácticamente no han avanzado al igual que en otros deportes. El boxeo es muy completo y se necesita tener una gran condición física, principalmente un alto VO₂max y una gran capacidad para repetir esfuerzos máximos, además de tener un porcentaje bajo de grasa.

En los últimos años, se ha puesto de moda un tipo de entrenamiento, el entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT), el cual no es tan nuevo, ya que se lleva usando cerca de un siglo. Este tipo de entrenamiento tiene grandes mejoras en los sistemas metabólicos como el VO₂max, umbral anaeróbico, capacidad para repetir esfuerzos a máxima intensidad, etc., además estas mejoras se consiguen empleando menos tiempo que con el entrenamiento continuo, además de ser más apropiado para deportes intermitentes debido a su carácter interválico.

Observando los beneficios del HIIT y las características y los factores de rendimiento del boxeo, se ha confeccionado una planificación basada en el HIIT para asentar las bases necesarias para competir a lo largo de toda la temporada al máximo nivel.

Palabras clave: Entrenamiento Interválico, Alta Intensidad, Boxeo, Planificación

ABSTRACT

Olympic boxing is one of the oldest sport of the world, which first appearance was 5000 years ago. Despite that, especially in Spain, the training methods and tools haven't been developed like in other sports. Boxing is a very complete sport that requires a very high physical condition such VO₂max or the ability to repeat maximal efforts, and a low percentage of body fat.

In last years, high intensity interval training (HIIT) has become a very popular training method, which is not so new because it has been used for nearly a century. This training type has big benefits in metabolic systems like VO₂max, lactate threshold or the ability to repeat maximal efforts, besides, is more appropriate for intermittent sports due to its intervallic character.

Beholding benefits HIIT and boxing characteristics and its performance factors, it has been designed a training planning based on the HIIT to set the necessary bases to compete throughout the season at the highest level.

Key Words: Interval Training, High Intensity, Boxing, Planning

ÍNDICE	
ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE FIGURAS	4
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. El boxeo olímpico	5
2. MARCO TEÓRICO	8
2.1. Análisis del boxeo olímpico	8
2.1.1. Demandas del boxeo	8
2.1.2. Composición corporal	8
2.1.3. Metabolismo aeróbico	9
2.1.4. Metabolismo anaeróbico	10
2.1.5. Fuerza de golpeo	10
2.1.6. Velocidad y agilidad	12
2.1.7. Perfil de actividad	12
2.2. Entrenamiento interválico de alta intensidad	14
2.2.1. Beneficios del entrenamiento interválico de alta intensidad	17
2.2.2. Indicadores de la intensidad del ejercicio para la prescripción del HIIT	18
2.2.3. Respuestas del VO ₂ al entrenamiento interválico de alta intensidad	19
2.2.4. Contribución del metabolismo anaeróbico láctico al HIIT	20
2.2.5. Respuestas neuromusculares al entrenamiento interválico de alta intensidad	22
2.2.6. Entrenamiento interválico de alta intensidad y pérdida de peso	23
3. OBJETIVOS	24
3.1. Competencias	24
4. CONTEXTUALIZACIÓN DEL CLUB	25
4.1. Objetivos del club	25
4.2. Recursos humanos, económicos y técnicos	25
4.3. Calendario	26
4.4. Boxeadores	27
5. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	28
5.1. Test	28
5.2. Periodización	30
5.2.1. Entrenamiento de resistencia	30
5.2.2. Entrenamiento de fuerza	32
5.3. Calendario final	33
6. BENEFICIOS Y RESULTADOS ESPERADOS	34
7. CONCLUSIONES	35
8. VALORACIÓN PERSONAL Y REFLEXIÓN CRÍTICA	35

9. BIBLIOGRAFÍA	36
10. ANEXOS	43
10.1. Anexo I. Descripción de las sesiones de entrenamiento de HIIT	43
10.2. Anexo II. Test específico de boxeo de resistencia anaeróbica	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Pulsaciones y tiempo en cada los umbrales ventilatorios durante una simulación de combate de boxeo (de Lira y col., 2013).....	14
Tabla 2. Características y demandas lácticas de los diferentes tipos de HIIT (Buchheit y Laursen, 2013b).	21
Tabla 3. Características de los boxeadores.....	27
Tabla 4. Calendario de contenidos de julio, agosto, septiembre y octubre.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Respuestas fisiológicas de la sesión de HIIT (Buchheit y Laursen, 2013b)	15
Figura 2. Variables para el diseño de una sesión de HIIT (Buchheit y Laursen, 2013a)	16
Figura 3. Carga de los microciclos.....	31

1. INTRODUCCIÓN

1.1. El boxeo olímpico

El boxeo olímpico es un deporte de contacto donde el objetivo es golpear con el puño al oponente sin recibirlos de este. En cada combate, hay varios árbitros que puntúan los golpes realizados limpiamente con la zona de los nudillos del guante de boxeo. Estos golpes han de ser en la zona permitida por el reglamento, es decir, por encima del cinturón y siempre por delante o los lados del contrincante. Para evitar ser golpeado el boxeador realiza movimientos defensivos ya sea con los pies, con el tronco o con los propios guantes. (Davis, Wittekind y Beneke, 2013)

El boxeo, al cual, también se lo conoce como noble arte, es uno de los deportes de combate más antiguos que se conoce. Según la Asociación Internacional de Boxeo Amateur (AIBA), la primera aparición del boxeo fue en Egipto hace aproximadamente 5000 años. Su primera aparición en unos Juegos Olímpicos fue en el año 688 a.c. El boxeo ha sido incluido en el programa de los JJOO desde el año 1904 en hasta la actualidad, a excepción de la edición organizada por Estocolmo en 1912.

Como en la mayoría de los deportes de combate, en el boxeo, los boxeadores se dividen en categorías de peso para que los combates sean más justos emparejando deportistas de un tamaño corporal, fuerza, velocidad y agilidad semejante (Langan-Evans, Close y Morton, 2011). Según el reglamento técnico de la AIBA, el boxeo amateur masculino se divide en 10 categorías de peso (46 kg, 49 kg, 52 kg, 56 kg, 60 kg, 64 kg, 69 kg, 75 kg, 81 kg, 91 kg, 91+ kg), al igual que en el boxeo femenino (45 kg, 48 kg, 51 kg, 54 kg, 57 kg, 60 kg, 64 kg, 69 kg, 75 kg, 81 kg, 81+ kg).

Las reglas del boxeo han sido modificadas en numerosas ocasiones, aunque las modificaciones más importantes, en cuanto a la preparación física se refiere, son la duración y el número de los asaltos que tiene un combate. En la actualidad, los combates de boxeo olímpico masculino constan de tres asaltos de tres minutos cada uno y, entre cada asalto, un minuto de descanso. Esto supone que un combate dura un máximo de 11 minutos en total.

Según el reglamento de la Federación Española de Boxeo (FEB), los combates se pueden ganar por diferentes tipos de decisiones: a los puntos, por abandono, por suspensión del árbitro, por lesión, por descalificación, por KO o victoria por incomparecencia de un boxeador. En caso de que en un combate los árbitros no dictaminen a un vencedor, se declarará el

combate nulo. Esta decisión no podrá ocurrir nunca en torneos, campeonatos autonómicos o campeonatos nacionales.

Para alcanzar un buen rendimiento en este deporte, los boxeadores necesitan, además de buenas habilidades técnico – tácticas, un alto nivel físico y fisiológico. (Davis y col., 2013). El boxeo olímpico se caracteriza por acciones o movimientos realizados a muy alta intensidad y breves momentos de descanso, el cual no permite una recuperación completa del boxeador (El Ashker y Nasr, 2012), por ello, se necesita unos buenos niveles en el umbral anaeróbico y en la potencia aeróbica (Guidetti, Musilin y Baldari, 2002).

El principal problema del boxeo olímpico, sobre todo, en España, es que se ha caracterizado por ser muy hermético, sin permitir la introducción de nuevos métodos o recursos más contemporáneos. Tradicionalmente, en boxeo olímpico, la resistencia aeróbica se ha desarrollado a través del entrenamiento continuo de baja intensidad, a pesar de que, desde hace tiempo, se conocen otros métodos que pueden ser más específicos para boxeo.

Además, en el boxeo olímpico y, sobre todo, a nivel de club es muy difícil planificar una temporada ya que no existe ninguna fecha de combate o competición fijada. Los entrenadores pueden hacerse una idea de cuándo pueden disputarse los campeonatos provinciales y nacionales por las fechas utilizadas en años anteriores. En cuanto a los combates realizados durante la temporada, normalmente se conoce la fecha unas 3 o 4 semanas antes, pudiendo, en ocasiones conocer el día del enfrentamiento con solo una semana de antelación, lo cual no permite que la preparación del boxeador sea la mejor posible.

En la actualidad, se está estudiando y utilizando mucho el entrenamiento interválico debido a los grandes beneficios que se obtienen. Revisando la literatura, no se ha encontrado material relacionando el entrenamiento interválico de alta intensidad con el boxeo o boxeo olímpico, por lo que se ha realizado una búsqueda de ambos temas y se ha decidido aunarlo todo para demostrar las posibles mejoras que se pueden obtener en este deporte con el entrenamiento interválico de alta intensidad.

Es importante decir que este tipo de entrenamiento es más específico para los deportes intermitentes como puede ser el boxeo (Fernández, 2013). Además de conseguir mejoras en el metabolismo aeróbico (Chicharro y Campos, 2018), también se mejoran los valores del metabolismo anaeróbico (Gibala y McGee, 2008), los cuales son muy importante para muchos deportes y, concretamente, para este deporte.

Por todo esto, la utilización del entrenamiento interválico de alta intensidad puede favorecer la preparación de los boxeadores ya que las mejoras se obtienen empleando menos tiempo que con el entrenamiento continuo (Wewege, van den Berg, Ward y Keech, 2017).

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Análisis del boxeo olímpico

2.1.1. Demandas del boxeo

El boxeo es un deporte de intermitente de alta intensidad en el cual predomina la energía proveniente del metabolismo aeróbico. El metabolismo aeróbico contribuye a que el boxeador pueda mantener ataques repetidos a alta intensidad durante la duración de todo el combate, acelerando el proceso de recuperación y resíntesis de las fuentes de energía necesarias para el metabolismo anaeróbico durante los breves descansos entre asaltos. (Davis, Leithäuser y Beneke, 2014). La vía anaeróbica proporciona la energía necesaria para que el boxeador pueda realizar acciones a máxima intensidad (Nassib y col., 2017).

Como en la mayoría de los deportes de combate, además de un alto nivel técnico-táctico, se necesitan unos niveles altos de fuerza, capacidad aeróbica y anaeróbica, potencia y velocidad. No siempre se presentan similares valores en las diferentes capacidades físicas, sino que existen diferencias entre los asaltos (Davis y col., 2014) y boxeadores de distintas categorías (Khana y Manna, 2006).

El objetivo de los preparadores físicos son analizar y cuantificar los factores de rendimiento del boxeo olímpico, para diseñar programas de entrenamiento adecuados para cada boxeador (Slimani y col., 2017a).

Los boxeadores de alto nivel obtienen mejores resultados en cuanto a la composición corporal, potencia aeróbica, potencia anaeróbica, fuerza muscular de todo el cuerpo, potencia muscular (Chaabène y col., 2015).

2.1.2. Composición corporal

Según la revisión realizada por Chaabène y col. (2015), el boxeo, al ser un deporte que se divide en categorías de peso, obtener unos resultados óptimos en cuanto a la composición corporal es un parámetro relevante para alcanzar un alto nivel de rendimiento. Lo que se pretende es disminuir el porcentaje de grasa corporal y, por consiguiente, aumentar el porcentaje de masa libre de grasa. En dicha revisión se obtiene que los boxeadores tienen un porcentaje de grasa de entre 9% y 16% sin tener en cuenta la categoría de peso de los boxeadores. En cuanto a los boxeadores de categoría internacional el porcentaje de grasa es

de 12%. Además, se observa que los boxeadores senior de media tienen una mayor masa corporal que los boxeadores de categoría junior (Khanna y Manna, 2006). Estas diferencias se pueden deber a los diferentes programas de entrenamiento que realizan unos y otros, teniendo más importancia el entrenamiento de fuerza en los boxeadores senior que en los boxeadores junior (Chaabéne y col., 2015).

En boxeo, al igual que en otros deportes divididos en categorías, se realizan prácticas de pérdida de peso muy severas para dar el peso acordado, o poder competir en categorías inferiores. Algunos de procedimientos utilizados son la reducción de ingesta de alimento y líquidos, el aumento de la práctica de actividad física y la pérdida de líquidos a través de productos diuréticos o laxantes, sudoración excesiva mediante la utilización de plásticos o chubasqueros o realizar sesiones de sauna. Los boxeadores son capaces de perder un 4% de su peso corporal 3 horas antes del pesaje (Smith, 1998), lo cual puede inducir una pérdida de rendimiento. Smith y col. (2001), en un estudio en el que comparaban un grupo de boxeadores que realizaban una pérdida rápida de peso y un grupo control, obtenían que la fuerza ejercida en un ejercicio específico de boxeo y la concentración de lactato en sangre era menor en el grupo experimental.

2.1.3. Metabolismo aeróbico

La capacidad cardiovascular es una de las cualidades físicas más importantes del boxeo olímpico. Una buena capacidad aeróbica permite al deportista mantener repetidas acciones a alta intensidad durante el combate, acelerar la recuperación entre asaltos. (El-Ashker y Nasr, 2012)

La revisión de Chaabène y col. (2015) muestra que los valores de VO₂máx de los boxeadores olímpicos están entre 49 y 65 ml/kg/min, aunque no se tienen en cuenta las diferentes categorías de peso ni el nivel competitivo de los deportistas. En el estudio de Guidetti y col. (2002) se obtuvo que los boxeadores con mejores valores en el umbral anaeróbico y en el VO₂máx eran los púgiles con mayor nivel, además, de ser los factores fisiológicos más relevantes para alcanzar el mejor rendimiento.

Se sabe que el metabolismo aeróbico es importante en el boxeo olímpico, pero medir el consumo máximo de oxígeno en un combate es muy complicado (Chaabéne y cols., 2015). Davis y col. (2014) realizaron un estudio para solventar este problema a través de un combate de semicontacto. Los resultados obtenidos en un combate de 3 asaltos de 2 minutos con 1 minuto de descanso entre asaltos fueron que el 85% de la energía total es obtenida a través del metabolismo aeróbico. Estos resultados indican que el boxeo es un deporte

predominantemente aeróbico y, por lo tanto, un factor de rendimiento importante. Para Chaanène y col., (2015) el metabolismo aeróbico es el principal factor de rendimiento a desarrollar por los preparadores físicos y entrenadores. A pesar de ser, el boxeo, un deporte muy popular, los protocolos utilizados para medir el consumo de oxígeno son inespecíficos ya que durante el test no se realizan acciones propias del deporte.

Cabe destacar que, aunque el metabolismo aeróbico sea la principal vía energética utilizada durante un combate, las acciones decisivas que se desarrollan en el mismo se realizan a través del metabolismo anaeróbico (de Lira y col., 2013).

2.1.4. Metabolismo anaeróbico

El boxeo se caracteriza por ser una actividad intermitente en el que se realizan acciones de muy alta intensidad separadas por periodos de menor intensidad y o de descanso. El principal formato de combate son 3 asaltos de 3 minutos y 1 minuto de descanso entre asaltos, por lo que la ratio actividad/descanso es de 9:2 (Davis y col, 2014). Este tipo de deportes con esta ratio actividad/descanso necesita un buen desarrollo del metabolismo anaeróbico (Khanna y Manna, 2006). Estos mismos autores establecen que la potencia externa media de los boxeadores senior es de $6,5 \pm 0,5$ W/kg en el test de Wingate. Estos resultados son similares a los obtenidos por Gacesa, Barak y Grujic (2009). Por el contrario, los resultados obtenidos por Hübner-Woźniak, Kosmol y Błachnio (2011) fueron 8,6 W/kg.

El boxeo es un deporte en el que se ha de golpear de forma precisa y potente al adversario únicamente con los puños, por lo que es importante medir la potencia externa del tren superior. En el estudio de Hübner-Woźniak y col. (2011), obtuvieron que la potencia media externa en el tren superior de los boxeadores era de 6.3 W/kg. La falta de un test específico hace que los resultados no sean del todo fiables.

2.1.5. Fuerza de golpeo

La fuerza de golpeo de un boxeador es un indicador de rendimiento en el boxeo (Smith, 2006). En este estudio, Smith evalúa la fuerza aplicada en los golpes directos y ganchos con ambos puños a diferentes partes del cuerpo como son a la cabeza y al cuerpo en boxeadores de alto nivel competitivo. Los resultados muestran que los golpes directos realizados con el puño retrasado (2643N) son más fuertes que con el puño adelantado (1722N). Esto se debe a la fuerza adicional generada por la pierna (Filimonov, Koptsev, Husyanov y Nazarov, 1985). También se puede deber a la mayor rotación del tronco y la mayor distancia recorrida por el puño durante el golpeo con el puño retrasado (Smith, 2006). Según este mismo autor, la

fuerza ejercida en los golpes realizados de gancho con ambos puños es similar al obtenido en el golpe de directo con la mano retrasada. No existen diferencias entre el gancho con la mano adelantada (2414N) y la retrasada (2588N). Este incremento de fuerza en el puño adelantado con respecto al golpe de directo con el mismo puño se debe a la rotación del tronco asociada a la técnica de este golpe.

En la revisión de Chaabéne y col. (2015), se puede observar que la máxima fuerza de impacto era más alta en los deportistas de alto nivel que en los de nivel intermedio y los de nivel intermedio mejores que los novatos o principiantes. Esto indica que la fuerza de golpeo está relacionada con el nivel competitivo de los boxeadores. Los boxeadores más técnicos y, generalmente, con mejor nivel competitivo, tienen una mayor contribución de las piernas cuando realizan los golpes. La contribución de las piernas en los boxeadores cuando lanzan un puñetazo es de 38,6%, 32,2% y 16,5% en experimentados, nivel intermedio y principiantes respectivamente (Filiminov y col., 1985), por lo que la fuerza generada por las piernas es un factor determinante en golpeo. Estos resultados son obtenidos en el laboratorio y en las mejores condiciones, mientras que durante un combate estos valores son considerablemente más bajos (Pierce, Reinbold, Lyngard, Goldman y Pastore, 2006). Además, estos mismos autores, señalaron que los boxeadores con mayor fuerza acumulada (suma de la fuerza ejercida en todos los golpes) durante todo el combate ganaban por decisión unánime.

Para evaluar la potencia del tren superior se realiza el lanzamiento de balón medicinal a una mano (Obmiński, Borkowski y Sikorski, 2011). Este lanzamiento se realiza con un brazo y, posteriormente, con el otro. Los resultados obtenidos con el brazo no dominante son inferiores a los obtenidos con el brazo dominante (Čepulenas, Bružas, Mockus y Subačius, 2011; Obminski y col., 2011). Como se ha descrito anteriormente, los boxeadores experimentados generan más fuerza en los golpes, en parte, gracias a una mayor implicación de las piernas en los golpes. Por esto, es necesario realizar test para evaluar la potencia de las piernas. Cepulenas y col. (2011) realiza dos pruebas, como el test de salto vertical con ayuda de los brazos y el test de salto horizontal a pies juntos. En el estudio realizado por Giovani y Nikolaidis (2012) llegan a la conclusión de que los boxeadores (de nivel no competitivo) con mayor potencia en las piernas en un test de fuerza velocidad, también obtienen mayores resultados en el test de fuerza velocidad de las extremidades superiores. Estos resultados muestran la importancia de diseñar un programa de entrenamiento de fuerza en todas las partes del cuerpo.

2.1.6. Velocidad y agilidad

Además de los parámetros anteriormente mencionados es muy importante tener buenos valores de velocidad (en todas sus variantes) y agilidad.

Como viene descrito en el trabajo de Slimani y col., (2017b), la velocidad es definida como el mínimo tiempo necesario por un cuerpo para moverse en un espacio determinado, en el cual hay dos componentes fundamentales como son la aceleración y la resistencia a la velocidad. Por el contrario, la agilidad es la capacidad para mover rápidamente el cuerpo mediante cambios de dirección y cambios de velocidad en respuesta a uno o varios estímulos (Sheppard y Young, 2006)

Para conseguir puntuar y, posteriormente ganar el combate se necesita realizar las acciones ofensivas y defensivas a máxima velocidad sin que la técnica se vea deteriorada. Para ello, el deportista debe estudiar las acciones del oponente y posteriormente reaccionar rápida y eficazmente (Slimani y col., 2017b).

2.1.7. Perfil de actividad

El boxeo olímpico es un deporte en el que la duración máxima está preestablecida en 9 minutos (3 asaltos de 3 minutos cada uno). Los árbitros, si los boxeadores se agarran, paran el combate para separarlos, sin parar el tiempo; por otro lado, en ocasiones el árbitro manda parar el cronómetro para notificar algún dato a los demás árbitros. Según el estudio de Davis, Benson, Pitty, Connorton y Waldock (2015) estos parones (con y sin parada de cronómetro) duran 21,5, 32,3 y 50,2 segundos en los asaltos 1 (A1), 2 (A2) y 3 (A3) respectivamente. Este aumento a medida que pasan los asaltos se debe al aumento de la fatiga (aumenta el número de agarrones con el fin de descansar unos segundos). Estos autores reflejan que las ratios de actividad: descanso durante los asaltos son 16:1, 8:1 y 6:1 en A1, A2 y A3 respectivamente, dando una ratio del combate sin los descansos de 9:1.

Para ganar un combate se necesita pegar más puñetazos al contrincante. De media en un combate se lanzan 61, 70,2, 63,8 puñetazos en A1, A2 y A3 respectivamente, de los cuales son acertados 11,3, 14,1 y 13,1 puñetazos en el primer, segundo y tercer asalto respectivamente (Davis y cols., 2015). La mayoría de estos golpes son lazados a la cabeza del adversario. Si diferenciamos los golpes realizados por el puño adelantado o retrasado, podemos observar que se realizan 35,5, 39,1 y 35,3 puñetazos con la mano adelantada en A1, A2 y A3. Por el contrario, se dan 25,4, 31,6 y 28,5 puñetazos con la mano retrasada respectivamente (Davis y cols., 2015). Estos mismos autores señalan que el tipo de golpeo

más utilizado es el golpe de directo y concretamente el golpe de directo con la mano adelantada. Estos datos nos dan una ratio de 19,4, 21,8 y 19,1 puñetazos por minuto.

Por otro lado, hace falta realizar movimientos o gestos defensivos para evitar ser pegados por el rival. En total, los boxeadores realizan 9,2, 8,0 y 7,1 acciones defensivas en A1, A2 y A3 respectivamente. Si se diferencia entre ganadores y perdedores, se puede observar que los perdedores realizan más acciones defensivas. En A1 y A2 los ganadores realizan 1,4 y 2,6 acciones defensivas menos respectivamente, mientras que en el último asalto los ganadores realizan 0,5 acciones más que los perdedores (Davis y col., 2015). Además, también realizan más de 130 movimientos verticales de cadera en cada asalto. Si se tienen en cuenta todos estos datos, se obtiene que los boxeadores realizan 1,4 acciones por minuto a una alta intensidad (Davis y col.,2015).

En el estudio de Ghosh, Goswami y Ahuja (1995) citado por Khanna y Manna (2006) se estima que el boxeo olímpico es predominantemente anaeróbico ya que el 70-80% de la energía procede del metabolismo anaeróbico y el 20-30% es suministrado por el metabolismo aeróbico. Por el contrario, en el estudio de Davis y col. (2014) donde se analiza el consumo de oxígeno y la concentración de lactato en sangre en una simulación de combate de 3x2 se obtiene que el boxeo es principalmente aeróbico (85%). En el estudio Campos, Bertuzzi, Dourado, Santos, Franchini (2012) en el cual miden la contribución energética en un combate de taekwondo de 3x2 obtienen que la energía procedente del metabolismo aeróbico y del metabolismo anaeróbico es de 66 y 34% respectivamente.

En cuanto a las pulsaciones durante un combate (tabla 1, de Lira y col.,2013), las pulsaciones máximas y medias aumentan en cada asalto. Además, el tiempo por debajo del umbral aeróbico y entre el umbral aeróbico y el anaeróbico va disminuyendo a medida que avanzan los asaltos. Por el contrario, el tiempo por encima del umbral anaeróbico va aumentando según avanzan los asaltos (de Lira y col., 2013) por lo que la carga interna va aumentando progresivamente hasta el final del combate. Estos datos muestran que en torno al 60% del combate se realiza a una intensidad por encima del umbral anaeróbico.

También se ha medido la capacidad de los boxeadores para recuperarse durante el minuto de descanso entre asaltos a través de la diferencia entre las pulsaciones al final el asalto y las pulsaciones al final del minuto de descanso. Al final del descanso tras el asalto 1, las pulsaciones han bajado 35 (18,8%), tras el segundo descanso 26 (13,3%) y un minuto después del combate 32 (16,4%) (de Lira y col., 2013).

Tabla 1. Pulsaciones y tiempo en cada los umbrales ventilatorios durante una simulación de combate de boxeo (de Lira y col., 2013)

	Round 1	Round 2	Effect size	Round 3	Effect size
Highest HR (bpm)	190 ± 8	194 ± 6	–	199 ± 5 ^a	–0.56
% predicted HR _{max}	98 ± 4	101 ± 3	–	103 ± 2 ^a	–0.62
Average HR (bpm)	175 ± 11	183 ± 6 ^a	–0.41	186 ± 7 ^a	–0.51
% attained HR _{max}	91 ± 5	95 ± 3 ^a	–0.43	96 ± 2 ^a	–0.55
Time below to HR at VT ₁ (%)	19.0 ± 20.0	7.0 ± 6.0 ^a	0.37	5.6 ± 13.0 ^a	0.37
Time between to HR at VT ₁ – VT ₂ (%)	40.0 ± 30.0	18.0 ± 6.0 ^a	0.45	11.6 ± 5.1 ^a	0.55
Time above to HR at VT ₂ (%)	41.0 ± 36.0	75.0 ± 11.0 ^a	–0.54	82.8 ± 11.5 ^a	–0.61

Notes: Data are presented as the means ± standard deviation. ^aDifferent from round 1 ($P < 0.05$). Effect size is a measure that describes the magnitude of the difference between two groups.

Abbreviations: bpm, beats per minute; HR, heart rate; HR_{max}, maximum heart rate; VT, ventilatory threshold.

Por otro lado, si se observa la concentración de lactato en sangre tras un combate en una competición internacional con boxeadores de categoría mundial, se obtiene que a los 3 minutos de finalizar el combate esta concentración es de 13,6 mmol/L siendo los boxeadores de las categorías intermedias los que mayores valores tienen (Hanon, Savarino y Thomas, 2015).

2.2. Entrenamiento interválico de alta intensidad

En la actualidad, se utiliza cada vez más un tipo de entrenamiento denominado entrenamiento interválico de alta intensidad. El entrenamiento interválico de alta intensidad es un tipo de entrenamiento en el que se realizan periodos repetidos de ejercicio a alta intensidad, por encima del máximo nivel de lactato en estado estable con periodos de descanso entre las repeticiones (Laursen y Jenkins, 2002) y ha sido utilizado desde hace prácticamente un siglo (Buchheit y Laursen, 2013a). A partir de este han derivado otras clases de entrenamiento, aunque este estudio se centrará en el análisis del HIIT. Algunos de estos tipos de entrenamiento interválicos son el entrenamiento de alta intensidad en circuito (HICT) en el que se realizan circuitos en el que se mezclan ejercicios más aeróbicos con otros que desarrollan más la fuerza y el entrenamiento de potencia a alta intensidad (HIPT) en el que se realizan ejercicios de fuerza a alta velocidad.

Según lo plasmado en la revisión de Buchheit y Laursen (2013a), los entrenamientos que demandan esfuerzos cercanos al VO₂max o próximo a él, son los estímulos más efectivos para mejorar el consumo de oxígeno máximo del deportista. Además, el mejor estímulo para obtener las mejores adaptaciones cardiovasculares y periféricas, los deportistas deben estar varios minutos de la sesión de HIIT en un consumo de oxígeno de al menos el 90% de su VO₂max (T@VO₂max) (Laursen y Jenkins, 2002).

Existen varios tipos de HIIT dependiendo de la duración de las repeticiones. Estas repeticiones pueden ser cortas (<45 s) o largas (2-4 min) ambas a alta intensidad, pero no máxima); o repeticiones cortas (<10 s, series repetidas de sprints, RSS) o repeticiones largas (20-30 s, sesión de entrenamiento con sprints, SIT), estos dos últimos tipos son realizados a máxima intensidad (Buchheit y Laursen, 2013b; Chicharro y Campos, 2018). El entrenamiento interválico dura entre 5 y 40 minutos incluyendo los tiempos de descanso (Buchheit y Laursen, 2013b). Para que una sesión de HIIT sea realmente efectiva, la suma del tiempo de los intervalos de ejercicio ha de ser superior a la que se puede realizar mediante entrenamiento continuo a la misma intensidad (Chicharro y Campos, 2018)

Los diferentes tipos de entrenamiento interválico generan importantes cambios fisiológicos a corto (figura 1, Buchheit y Laursen, 2013b), medio y largo plazo, por lo que, dependiendo de los objetivos en cada momento de la periodización se deberá usar un tipo u otro para maximizar el rendimiento (Buchheit y Laursen, 2013b).

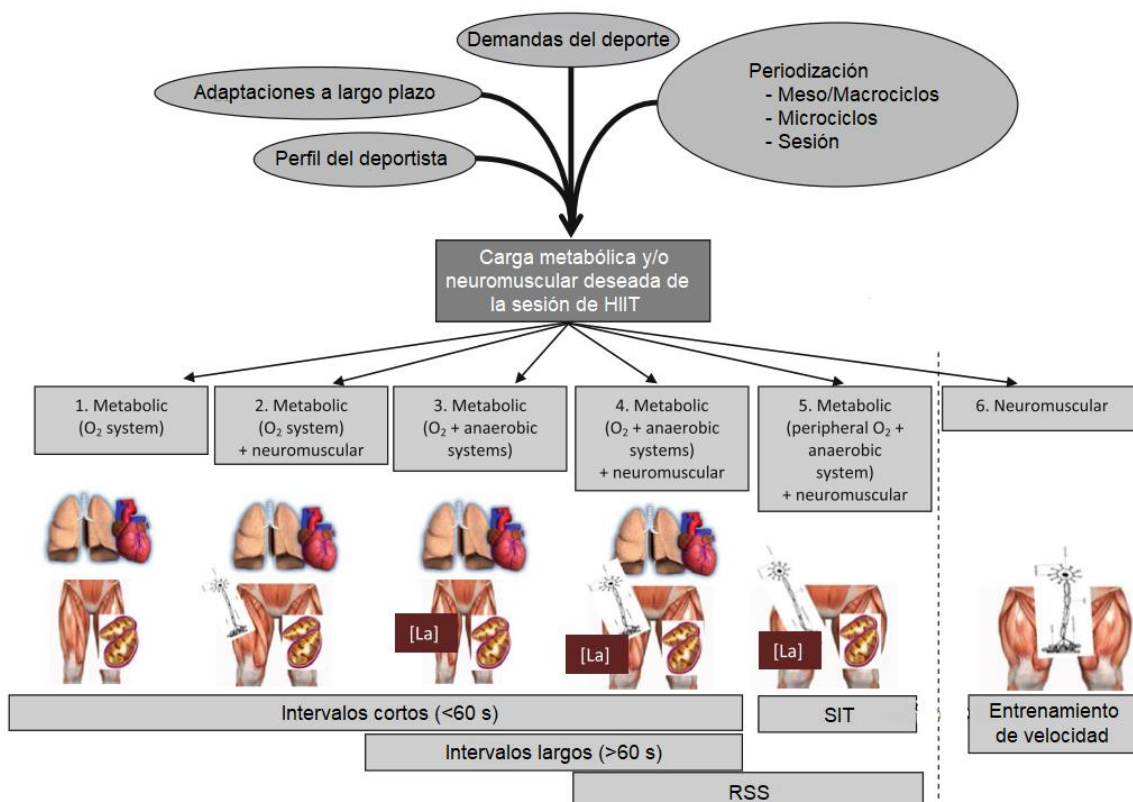


Figura 1. Respuestas fisiológicas de la sesión de HIIT (Buchheit y Laursen, 2013b)

Cualquier sesión de entrenamiento, dependiendo de los contenidos de este, activará a diferentes niveles el sistema metabólico y el sistema neuromuscular y musculoesquelético (Buchheit y col., 2012), por lo que además del tiempo empleado en cada tipo de entrenamiento

también hay que tener en cuenta estos sistemas (Buchheit y Laursen, 2013b). El sistema metabólico hace referencia a las diferentes vías energéticas para la producción de energía, como son, los fosfágenos almacenados, el metabolismo de los carbohidratos en ausencia de oxígeno, y el metabolismo de los carbohidratos y las grasas (Gastin, 2001). Las respuestas cardiorrespiratorias son las variables más importantes cuando se programa un entrenamiento de HIIT (Buchheit y Laursen, 2013b), y posteriormente la contribución del metabolismo anaeróbico láctico y, la carga neuromuscular y el daño musculoesquelético (Buchheit y col., 2012).

Existen varios factores que determinan la respuesta fisiológica aguda de una sesión de HIIT a largo plazo (Buchheit y Laursen, 2013a). Estas variables son:

- El deporte practicado (especificidad) y el perfil o características del deportista.
- El momento de la periodización.
- Se ha de tener en cuenta la carga fisiológica y neuromuscular y el daño musculoesquelético de la sesión de HIIT para las sesiones técnico-tácticas o físicas posteriores y, así, reducir el riesgo de lesión.

Para diseñar una sesión de HIIT se pueden modificar 9 variables (figura 2; Buchheit y Laursen, 2013a): la intensidad y la duración del esfuerzo y del descanso entre repeticiones, el número de intervalos, la intensidad y duración del descanso entre series y la modalidad del esfuerzo (Buchheit y Laursen, 2013a).

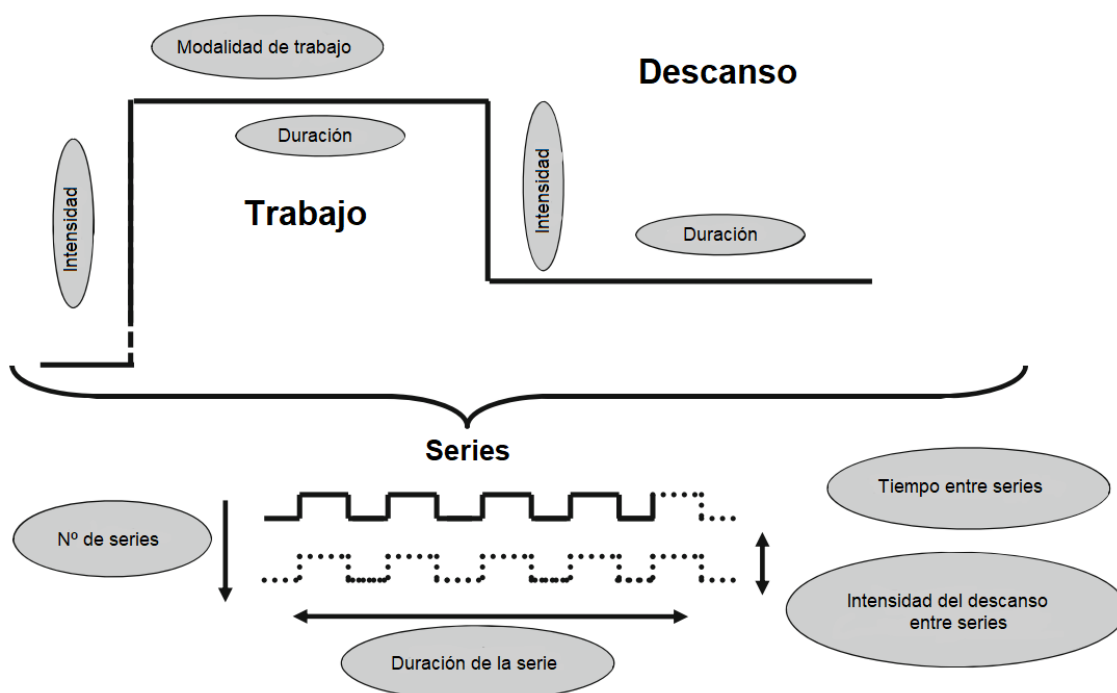


Figura 2. Variables para el diseño de una sesión de HIIT (Buchheit y Laursen, 2013a)

2.2.1. Beneficios del entrenamiento interválico de alta intensidad

Uno de los beneficios más importantes del HIIT es la mejora del VO₂max. Esta mejora es superior en atletas con poca o moderada experiencia que en deportistas de alto nivel, por lo que, estos últimos utilizan el HIIT para aumentar la velocidad o potencia aeróbica máxima asociada al VO₂max debido, principalmente, a las mejoras del gasto cardiaco y en el aumento de la actividad metabólica mitocondrial (Chicharro y Campos, 2018). La utilización del SIT y los HIIT corto y largo en jóvenes activos pueden provocar una mejora en el consumo de oxígeno máximo del 7% (MacDougall y col., 1998) y un 15% (Chia-Lun, Wei-Chieh y Ching-Feng, 2016) respectivamente. Además, se ha visto que añadir a un entrenamiento normal de kárate, deporte similar al boxeo, entrenamientos de series repetidas de sprints mejora el consumo de O₂ del 5% (Ravier, Dugué, Grappe y Rouillon, 2009), resultados similares a los obtenidos con el SIT.

El HIIT aumenta la oxidación de las grasas y la concentración de proteínas metabólicas transportadoras, permitiendo una menor utilización del metabolismo anaeróbico y disminuir la concentración de lactato (Burgomaster y col., 2008).

El HIIT, también aumenta el tiempo hasta el agotamiento a una intensidad submáxima, pudiendo llegar a doblar este tiempo en sujetos poco o moderadamente experimentados (Burgomaster, 2005). Otro de los cambios del sistema aeróbico es el aumento del umbral anaeróbico (Billat, Mille-Hamard, Demarle y Koralsztein, 2002; Smith, Coombes, y Geraghty, 2003), factor muy importante en muchos deportes. Estas mejoras son de un 10% y 5% a través del HIIT largo y corto respectivamente (Chia-Lun y col., 2016).

En el estudio de Gibala y Jones (2013) en el que se describen las adaptaciones obtenidas a través del HIIT se señala que existen mejoras, pequeñas pero significativas, en el coste de O₂ en ejercicios a intensidad submáxima, lo cual nos indica que existen mejoras en la eficiencia energética.

El entrenamiento interválico, además de mejorar el metabolismo aeróbico, también mejora el metabolismo anaeróbico. aunque los deportistas no incrementan la máxima producción de lactato, sí que aumentan la tolerancia al lactato entrenamiento de muy alta intensidad (Gibala y McGee, 2008). Esta mejora del rendimiento anaeróbico es debida a la producción más lenta de lactato o su "lavado" más rápido y del incremento en la concentración de ATP, fosfocreatina, ATPasa y miokinasas en el músculo (Gibala y McGee, 2008).

Otra de las mejoras inducidas por el HIIT es la pérdida de grasa. Este tipo de entrenamiento es beneficioso para la pérdida de grasa total, visceral y abdominal en adultos sanos, siendo

la mejor modalidad de ejercicio, la carrera a pie (Maillard, Pereira y Boisseau, 2017), aunque estas mejoras todavía no son del todo claras (Chicharro y Campos, 2018)

Otro de los beneficios, muy importante en la sociedad actual en la que la disponibilidad del tiempo es limitada, es el reducido tiempo necesario para realizar este tipo de entrenamientos en comparación con el ejercicio continuo (Kilpatrick, Jung y Little, 2014).

2.2.2. Indicadores de la intensidad del ejercicio para la prescripción del HIIT

Para poder prescribir las sesiones de HIIT de forma más individualizada Buchheit y Laursen (2013a) describen los siguientes indicadores de intensidad que se pueden utilizar:

1. *Según los resultados deportivo.* Este indicador se ha realizado generalmente con atletas de resistencia con una cierta experiencia en el que se conocen los tiempos en distintas distancias. La prescripción de la sesión se realiza en función de los resultados obtenidos en las distintas distancias. Utilizar este indicador de la intensidad no permite controlar la carga fisiológica aguda para la mejora de una cualidad fisiológica y no simplemente preparar una carrera.
2. *Según el juego reducido en deportes colectivos.* Los juegos reducidos (SSG) se utilizan en los deportes colectivos, en los que además del componente físico también se han de desarrollar aspectos técnico-tácticos. Los SSG son más específicos ya que se realizan tareas propias del deporte y en el que para modificar la carga fisiológica del ejercicio se pueden modificar las reglas como el número de jugadores o dimensiones del campo (Rampinini y col., 2007). Aunque se ha demostrado que mediante los SSG se puede alcanzar el VO₂máx (Buchheit y Laursen, 2013a) es más difícil de controlar que con tareas menos específicas.
3. *Según la frecuencia cardíaca.* uno de los parámetros más utilizados en el entrenamiento es la frecuencia cardíaca debido a la facilidad de obtención de resultados, aunque no se puede relacionar cuando la intensidad del esfuerzo es superior al VO₂max, intensidades que se dan frecuentemente en los HIIT.
4. *Según la RPE.* Este tipo de control es muy útil debido a su simplicidad y a su facilidad de uso. El atleta autorregula la intensidad del esfuerzo basándose en su experiencia. La RPE es un indicador muy interesante ya que nos da información de las respuestas fisiológicas (Coutts, Rampinini, Marcora, Castagna y Impellizzeri, 2009), biomecánicas y psicológicas (Marcora, Staiano y Manning, 2009).
5. *Según la velocidad asociada al VO₂max (vVO₂max).* La intensidad del esfuerzo viene determinada por la velocidad mínima necesaria para alcanzar el VO₂max, el cual se puede evaluar o estimar de diferentes formas. Este valor es preferible que se use en

entrenamientos en los que se demande el 90-105% del VO₂max con una duración de 2-6 minutos.

6. *Velocidad anaeróbica de reserva.* Este valor es utilizado en los entrenamientos en los que se demande una intensidad superior al VO₂max ya que tiene en cuenta la máxima velocidad del deportista. En ocasiones dos atletas tienen la misma velocidad en VO₂max (vVO₂max) pero diferente velocidad máxima, por lo que si se prescribe una intensidad por encima del VO₂max en función de la vVO₂max para uno de los atletas el esfuerzo va a ser mayor ya que su velocidad anaeróbica de reserva es inferior.
7. *Según la velocidad máxima en el Intermittent Fitness Test.* Este test es una alternativa mejorada del test de velocidad incremental y de la vVO₂max. Se trata de un test más específico para deportes de equipo o de raqueta en el que los esfuerzos son cortos y con periodos de recuperación de duración variable.
8. *Entrenamiento de sprints hasta el agotamiento.* Dentro de los tipos de HIIT, existen dos tipos de HIIT de sprints: cortos (intervalos de 3 a 10 segundos) y los largos (intervalos de 30 a 45 segundos). La ventaja de este tipo de entrenamiento es que no necesita ningún test para prescribir los entrenamientos ya que se han de realizar a la máxima velocidad o potencia hasta el agotamiento.

2.2.3. Respuestas del VO₂ al entrenamiento interválico de alta intensidad

Chicharro y Campos (2018) indican que la variación de cualquiera de las variables anteriormente mencionadas va a modificar las características de la sesión de HIIT y, por consiguiente, también afectará a los diferentes sistemas y sus posteriores adaptaciones. Estos autores comentan algunas de las modificaciones en las respuestas del consumo de oxígeno cuando se cambia alguna de las variables en una sesión de HIIT:

- *La intensidad del ejercicio.* Para maximizar el tiempo en el que el deportista se encuentra en el consumo máximo de oxígeno, los intervalos deberían realizarse a la intensidad que demanda ese VO₂máx. En el estudio de Billat, Blondel y Berthoin (1999) donde se ha comparado el T@VO₂max a 90%, 100%, 120% y 140% de la vVO₂max en carreras aisladas se ha visto que la mejor forma de aumentar el T@VO₂max es siendo la intensidad de las repeticiones al 100%. En la práctica, realizando series o repeticiones sucesivas se puede conseguir alcanzar el VO₂max bajando con una intensidad más baja (>90 % vVO₂max) y así conseguir un mayor T@VO₂max (Åstrand, Åstrand, Christensen y Hedman, 1960). Por otro lado, también se pueden realizar intervalos más cortos con intensidades por encima del VO₂max,

pero la contribución anaeróbica y la carga neuromuscular van a ser mayores, además de dificultar llegar o mantener los valores de VO₂max (Chicharro y Campos, 2018).

- *La duración de los intervalos.* Para aumentar el tiempo a VO₂max habría que conocer el tiempo necesario que el deportista alcance el VO₂max a la intensidad que se corresponde con la p/vam, el cual se suele encontrar entre 1 minuto y medio y 2 minutos y medio, por lo que los intervalos deberían tener esta misma duración para alcanzar el VO₂max en el primer intervalo (Chicharro y Campos, 2018). Si se realizan intervalos con una duración inferior al tiempo necesario para alcanzar el VO₂max convendría aumentar el tiempo de trabajo con respecto al de descanso (Buchheit y Laursen, 2013a). Además, hay que tener la modalidad del ejercicio, ya que se ha visto que el tiempo necesario para alcanzar el VO₂max la carrera a pie es una opción preferible en comparación con el ejercicio en bicicleta (Hill, Halcomb y Stevens, 2003).
- *La intensidad y duración de la recuperación.* Los descansos entre los intervalos deberían ser lo más breves e intensos posibles para que el consumo de oxígeno esté lo más cercano al máximo durante el mayor tiempo posible (Chicharro y Campos, 2018). La duración de los descansos podría ser más largo y menos intenso o, incluso, pasivo si lo que se pretende es aumentar la capacidad de trabajo (Buchheit y Laursen, 2013a).
- *El número de intervalos.* Este componente es dependiente de la intensidad del ejercicio, del estado de entrenamiento del deportista y del momento de la temporada, por lo que se recomienda estar al 90-95% del VO₂max al menos 10 minutos, teniendo en cuenta que estos valores se alcanzan durante el 44% del tiempo de ejercicio empleado (Chicharro y Campos, 2018).
- *El número de series.* La división de la sesión en series no es necesaria cuando los intervalos son de más de 3 minutos, pero sí se utilizan cuando los intervalos son inferiores a 2 minutos. Como se ha comentado anteriormente, los intervalos de corta duración son menos efectivos para alcanzar el VO₂max, por lo que para aumentar el T@VO₂max hay que aumentar el número de intervalos y/o series (Buchheit y Laursen, 2013a; Chicharro y Campos, 2018) Además, en este tipo de sesiones el tiempo efectivo al VO₂max es menor, siendo del 30% (Chicharro y Campos, 2018)

2.2.4. Contribución del metabolismo anaeróbico láctico al HIIT

En los deportes de perfil intermitente hay que mejorar los valores de la velocidad, ya sea la velocidad máxima, media y el índice de fatiga por lo que se ha de prescribir entrenamientos de alta intensidad con una orientación anaeróbica (Fernández, 2013). Es por esto, que es

importante controlar estas respuestas de los distintos tipos de entrenamiento y así, maximizar los estímulos de entrenamiento. Existen dos vías metabólicas anaeróbicas, como son la glucólisis anaeróbica y el metabolismo aláctico. Aunque es importante cuantificar ambos procesos, en el metabolismo aláctico no hay ninguna técnica que nos permita medirlo fuera del laboratorio (Buchheit y Laursen, 2013b).

Tabla 2. Características y demandas lácticas de los diferentes tipos de HIIT (Buchheit y Laursen, 2013b).

Format	Work duration	Work intensity ^a	Modality	Relief duration	Relief intensity ^a	Expected initial rate of blood lactate accumulation (mmol/L/5 min)
HIT with short intervals	≥20 s	<100 % $v\dot{V}O_{2max}$ (<89 % V_{IFT})	Straight line	≥20 s	≈ 55 % $v\dot{V}O_{2max}$ (40 % V_{IFT})	<5
	<30 s			<30 s		
	<15 s	<120 % $v\dot{V}O_{2max}$ (<100 % V_{IFT})	Straight line	≥20 s	Passive	<5
Game-based training	3–4 min	Self-selected RPE >7	Sport specific	≤2 min ≥4–5 min	Passive 55 % $v\dot{V}O_{2max}$ (40 % V_{IFT})	≤5
HIT with long intervals	<2 min	<100 % $v\dot{V}O_{2max}$	Straight line	2 min	Passive	≈ 5
HIT with short intervals	>25 s	>110 % $v\dot{V}O_{2max}$ (>90 % V_{IFT})	COD	>15 s <30 s	60–70 % $v\dot{V}O_{2max}$ (45–55 % V_{IFT})	≈ 6–7
HIT with long intervals	>3 min	≥95 % $v\dot{V}O_{2max}$	Straight line, sand, hills	>3 min	Passive	≈ 5–7
RST	<3 s	All-out	45–90° COD	>20 s	Passive	≤10
RST	>4 s	All-out	Straight line + jump	<20 s	≈ 55 % $v\dot{V}O_{2max}$ (40 % V_{IFT})	>10
SIT	>20 s	All-out	Straight line	>2 min	Passive	>10

^a Intensities are provided as percentages of $v\dot{V}O_{2max}$ and V_{IFT} [179]

COD changes of direction, HIT high-intensity interval training, RPE rating of perceived exertion, RST repeated-sprint training, SIT sprint-interval training, V_{IFT} peak speed reached in the 30–15 Intermittent Fitness Test, $v\dot{V}O_{2max}$ lower speed associated with maximal oxygen uptake

A continuación, se mostrarán las demandas de los distintos formatos de HIIT (tabla 2, Buchheit y Laursen, 2013b) y se describirán los factores que pueden aumentar la contribución anaeróbica en las diferentes modalidades de HIIT:

- *HIIT largo*: aunque este tipo de entrenamiento no tenga una orientación anaeróbica, al realizarse a una intensidad por encima del máximo estado estable de lactato, la concentración de lactato en sangre es alta (Tschakert y Hofmann, 2013). Aumentar la intensidad, el tiempo de trabajo con respecto al de descanso o disminuir el tiempo de recuperación conllevará a un aumento de la contribución glucolítica (Chicharro y Campos, 2018).
- *HIIT corto*: esta modalidad de HIIT en el que los intervalos suelen tener una duración de 30s se relacionan con niveles de lactato bajos a pesar de que la intensidad es superior al estado máximo estable de lactato (Astrand y col., 1960). Esto es debido a que la energía de los primeros segundos del intervalo procede del metabolismo aláctico, siendo solo unos 15-20 segundos procedentes del metabolismo láctico, lo cual no permite alcanzar grandes valores de lactato en sangre por dos razones, la

intensidad no es lo suficientemente alta (100% VO₂max) y por la duración de los intervalos (Chicharro y Campos, 2018).

- *RSS*: Realizar sprints de más de 4s y descansos de menos de 20s la acumulación de lactato se relaciona con valores por encima de 10 mmol/L/5 min. Por el contrario, cuando los sprints son menores de 4s y/o los descansos son más largos, la demanda de energía anaeróbica es menor (Buchheit y Laursen, 2013b).
- *SIT*: Según los estudios revisados por Buchheit y Laursen (2013b), con este tipo de entrenamientos la demanda de energía procedente del metabolismo anaeróbico es muy alta, pudiendo alcanzar entre 16 y 22 mmol/L. Aunque en esta modalidad de entrenamiento de alta intensidad la demanda del metabolismo anaeróbico láctico es muy alta, a medida que se realizan los intervalos, la contribución de las distintas vías energéticas van variando, aumentando la energía procedente del metabolismo aeróbico y disminuyendo la del metabolismo láctico (Franchini, Takito y Kiss, 2016).

2.2.5. Respuestas neuromusculares al entrenamiento interválico de alta intensidad

Para que un deportista alcance un buen rendimiento es muy importante que no se lesione. Por esto, es necesario saber qué respuestas neuromusculares se producen a través del entrenamiento de alta intensidad.

A las intensidades a las que se realizan los diferentes tipos de HIIT, por encima del umbral anaeróbico, aumenta la activación del sistema neuromuscular, con el fin de reclutar más unidades motoras, las cuales permitirán la contracción de las fibras musculares rápidas que se sumarán al resto de fibras que ya estaban en funcionamiento (Chicharro y Campos, 2018). El rango de intensidades por encima del umbral anaeróbico es muy amplio por lo que las respuestas neuromusculares no son las mismas en todo ello (Chicharro y Campos, 2018).

En la revisión de Buchheit y Laursen (2013b) se indica que realizar entrenamiento a velocidades por encima del 80-85% de la vVO₂máx induce un efecto potenciación-post-activación (PAP), por lo que las respuestas neuromusculares son positivas. Por el contrario, velocidades supramáximas (>120 vVO₂máx), probablemente, estén asociados a alteraciones agudas en el músculo. Otras características del entrenamiento que pueden aumentar las probabilidades de lesión son el volumen de entrenamiento, la superficie de contacto, la introducción de cambios de dirección, el modo de ejercicio o el desnivel (Buchheit y Laursen, 2013b; Midgley, Mcnaughton y Wilkinson, 2006).

2.2.6. Entrenamiento interválico de alta intensidad y pérdida de peso

En los deportes en los que se compite por categorías, es muy importante llevar un control en el peso y la composición corporal de los deportistas, siendo lo más recomendable la bajada del porcentaje de grasa minimizando la pérdida de masa muscular durante los periodos de restricción de calorías.

En la revisión de Maillard y col. (2017) en los que se analizan los efectos del entrenamiento interválico de alta intensidad en la composición corporal, se llega a la conclusión de que el HIIT es muy efectivo en la pérdida de grasa visceral, abdominal y total en sujetos obesos o con sobrepeso.

En la revisión de Boutcher (2011) se llega, también, a la conclusión de que el HIIT es una práctica efectiva en la pérdida de grasa subcutánea y abdominal en personas con peso normal o ligero sobrepeso, aunque en este caso, los resultados son moderados.

El HIIT parece tener beneficios en la composición corporal de las personas, aunque estos beneficios son similares a los obtenidos a través del entrenamiento continuo a moderada intensidad (Keating, Johnson, Mielke y Coombes, 2017; Wewege y col., 2017), A pesar de que el HIIT no parece ser más beneficioso en la pérdida de grasa corporal que el entrenamiento continuo, sí que se necesita emplear menos tiempo para obtener los mismos beneficios (Wewege y col., 2017), además de obtener mejoras en el metabolismo aeróbico y otros marcadores de salud, lo cual lo posiciona como una opción preferente (Chicharro y Campos, 2018).

Por el contrario, Chicharro (2018) comenta que ni el HIIT ni el entrenamiento continuo de intensidad moderada son claramente beneficiosos en la reducción de peso corporal si, éste no es acompañado de un balance nutricional adecuado.

3. OBJETIVOS

- Establecer una planificación basado en el HIIT para el desarrollo de las vías energéticas para los boxeadores de un club de boxeo.
- Proponer el entrenamiento interválico de alta intensidad como alternativa al entrenamiento continuo de moderada intensidad.

3.1. Competencias

- Aplicar los nuevos métodos y últimas tendencias en el entrenamiento deportivo en diferentes disciplinas y niveles de rendimiento.
- Analizar el contexto y particularidades de una competición deportiva, diseñando y llevando a cabo planes de intervención para antes, durante y después de la misma.
- Aplicar procedimientos de evaluación de la condición física apropiados según el tipo de deporte, sus factores de rendimiento, el momento competitivo, el sexo, la edad o el nivel competitivo.

4. CONTEXTUALIZACIÓN DEL CLUB

La Agrupación Deportiva Manuel Barquín es un club privado especializado en la práctica del boxeo, ya sea a nivel recreativo o amateur y, en ocasiones, boxeadores profesionales. Al ser un gimnasio/club orientado a todo tipo de personas, es complicado llevar una preparación individualizada de los competidores. Es por esto, que se trabaja poco el apartado físico y se centran más en la técnica.

En los últimos 2 años no se ha conseguido ningún campeonato de Cantabria, pero, anteriormente, ha habido boxeadores campeones de Cantabria y con muy buenas actuaciones en los campeonatos de España. Además, algún púgil ha sido seleccionado para entrenar con el equipo español en el centro de alto rendimiento de Madrid. Esto se debía al gran número de deportistas federados, el cual ha ido disminuyendo poco a poco a lo largo de los años. Los socios del club han pasado a practicar boxeo con el objetivo de mantenerse en forma y como forma de ocio.

4.1. Objetivos del club

La agrupación deportiva tiene una serie de objetivos para los boxeadores federados a desarrollar a lo largo de una temporada:

Objetivos principales:

- Mejorar aspectos técnico- tácticos y físicos de los púgiles.
- Ganar el campeonato de Cantabria de boxeo amateur.
- Participar en el campeonato de España de boxeo amateur.

Objetivos secundarios:

- Promocionar el boxeo como práctica o deporte saludable.
- Aumentar el número de boxeadores federados en el club.

4.2. Recursos humanos, económicos y técnicos

En cuanto a los recursos humanos, el club tiene dos entrenadores nacionales que cuentan con gran experiencia en la enseñanza del boxeo. Estos, serán los encargados de preparar los entrenamientos técnico-tácticos para los boxeadores. Para la preparación física, habrá un licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.

En lo referente a los recursos técnicos, el club tiene su propio gimnasio cerca del centro de Santander. El espacio disponible es de unos 140m². Se pueden diferenciar 3 zonas claramente diferenciadas: pequeña sala de pesas y máquinas de cardio, zona de

entrenamiento de core y espacio para la práctica de boxeo. En la sala de pesas, el material disponible es viejo, aunque cumple con su función. Para la práctica del boxeo hay sacos de arena, puching-ball, combas, guantes, cascos, etc. Aunque haya disponible guantes y cascos, se recomienda que cada uno traiga su propio material. Además, en las proximidades del gimnasio se encuentra el parque de las Llamas, el cual es un gran espacio abierto en el que se pueden realizar los entrenamientos de carrera.

Este club de boxeo es un club humilde por lo que los recursos económicos disponibles son limitados, aunque al tener un gimnasio propio equipado, en principio no es necesario realizar ningún desembolso económico.

4.3. Calendario

Como se ha comentado anteriormente, en estos niveles de competición, no se tiene un calendario fijado con anterioridad. El campeonato de Cantabria se avisa con un mes de antelación aproximadamente y el campeonato de España varios meses antes. Para poder preparar mejor las competiciones se revisa la fecha en la que realizaron los campeonatos en años anteriores y así hacerse una idea de las fechas aproximadas. Por otro lado, los combates amistosos se avisan, normalmente, con 3 o 4 semanas de antelación, aunque en ocasiones pueden avisar una semana o varios días antes. Además, los combates amistosos no están repartidos a lo largo del año, sino que los boxeadores pueden estar sin competir 3 meses o realizar 3 combates en un mes. En este deporte es importante preparar todos los combates, aunque estos sean amistosos, ya que está en juego la integridad física de los boxeadores.

Todo esto dificulta la realización de una buena planificación. Lo que se intenta es realizar un periodo de preparación de unos 3 meses en los meses de agosto, septiembre y octubre ya que a finales del mes de octubre, noviembre y principios de diciembre se suelen realizar encuentros amistosos. Posteriormente, con las vacaciones de navidad suele haber un periodo de descanso en el que se aprovecha para realizar una mini-pretemporada. Con esto lo que se pretende es tener una condición física relativamente alta durante toda la temporada e ir modulando el volumen y la intensidad del entrenamiento en función de los combates ya fijados si los hubiera.

Esta propuesta pretende planificar el periodo preparatorio de verano de la temporada 2018/2019. Los boxeadores comenzarán los entrenamientos el lunes 30 de julio y los boxeadores entrenarán 5 veces a la semana, aunque algunos realizarán más sesiones ya que pueden separar el entrenamiento físico del técnico-táctico. Es importante comentar que los

boxeadores trabajan o estudian, por lo que en muchas ocasiones es difícil que coincidan los 4 al mismo tiempo entrenando.

4.4. Boxeadores

En la actualidad, hay 4 boxeadores federados (tabla 3) en categoría sénior. Estos boxeadores compiten en diferentes pesos y tienen distintos años de experiencia en la práctica del boxeo, ya sea federado o no federado.

Tabla 3. Características de los boxeadores

BOXEADOR	AÑOS	PESO	AÑOS DE EXPERIECIA	COMBATES
BOXEADOR 1	29 años	-64 kg	4 años	9 combates
BOXEADOR 2	25 años	-60/-64 kg	3 años	5 combates
BOXEADOR 3	22 años	-69 kg	4 años	8 combates
BOXEADOR 4	20 años	-75 kg	2 años	3 combates

5. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

El periodo de preparación de los boxeadores tendrá una duración de 14 semanas en total, aunque las dos primeras se utilizarán para adaptar el cuerpo al entrenamiento y para realizar los test de valoración. Posteriormente se realizará una planificación de 12 semanas basada en el modelo ATR.

Durante la primera semana de entrenamiento, los boxeadores comenzarán el periodo preparatorio, el cual consiste en entrenamiento técnico de boxeo, entrenamiento aeróbico continuo y trabajo de fuerza de intensidad media.

La segunda, semana se usará para realizar los test de valoración de la condición física para posteriormente prescribir los entrenamientos de forma más individualizada. Se realizarán test para valores de fuerza y resistencia, aunque en esta propuesta nos centraremos en los de resistencia. Una vez hechos los test establecidos en la sesión entrenarán de forma similar a la primera semana.

A partir de la tercera semana se pondrá en práctica el modelo de planificación de ATR y se adaptarán las sesiones en función de los resultados obtenidos en los test realizados la semana anterior. El periodo de acumulación durará 8 semanas y será de carácter más general. El periodo de transformación se realizará durante 4 semanas y los contenidos serán más específicos en cuanto a la modalidad del ejercicio. El periodo de realización no entrará dentro de la planificación ya que al no tener ninguna fecha de combate fijada no se puede planificar. Tal y como se desarrolla en el equipo nacional de boxeo olímpico, una vez terminado el periodo de transformación se trabajará por microciclos en el que se irá modulando la carga de entrenamiento hasta que se fije una fecha concreta.

Los púgiles entrenarán 5 días, de lunes a viernes y alternarán los entrenamientos de resistencia con los de fuerza, realizando 3 sesiones de resistencia y dos de fuerza por semana.

5.1. Test

Durante la segunda semana de entrenamiento se llevará a cabo la valoración de la condición física. Para este estudio se detallarán los test utilizados para la valoración de la resistencia aeróbica y anaeróbica láctica. El lunes se realizará el test de valoración de la resistencia anaeróbica y el jueves el de resistencia aeróbica.

Para la valoración de la resistencia aeróbica se va a realizar el test 30-15 intermittent fitness test (30-15 IFT) confeccionado por Martin Buchheit. El test es válido para estimar el VO₂máx de los deportistas de deportes intermitentes (Buchheit y col., 2009) y, en este caso es un poco

más específico para el boxeo. Además, como se ha comentado anteriormente, los resultados obtenidos en este test son válidos para la prescripción de los entrenamientos de HIIT (Buchheit y Laursen, 2013a).

Por otro lado, para la valoración de la resistencia anaeróbica, se ha utilizado un test de taekwondo (Sant'Ana y col., 2014) basado en el test de Wingate que se ha adaptado al boxeo. El test de taekwondo consiste en golpear un saco con el pie, primero el dominante y posteriormente el no dominante (ciclo), lo más fuerte y el mayor número de veces posible durante 30 segundos. Según estos autores los atletas que realizaban mayor número de ciclos tenían una concentración de lactato en sangre más alto, por lo que el número total de ciclos realizados puede ser un indicador de capacidad anaeróbica. Además, este test nos permite conocer el índice de fatiga comparando el tiempo obtenido en el 20% de ciclos iniciales y el último 20% de ciclos, aunque los resultados obtenidos son bastante inferiores a los obtenidos en el test de Wingate (11,14% frente a 40%)

El test adaptado al boxeo (Anexo II) consiste en la realización de una combinación de 4 golpes de directos y ganchos (directo puño adelantado - directo puño retrasado – gancho puño adelantado – gancho puño retrasado) que se repite durante 30 segundos a máxima velocidad, en el cual se tendrá en cuenta el número de ciclos realizados en total, lo cual nos dará información sobre la resistencia anaeróbica más específica para boxeo.

Al final del octavo microciclo de la planificación se realizarán los test de resistencia para ajustar las cargas. Así mismo, al final de las 12 semanas se realizarán los dos test y en las mismas condiciones para poder observar las adaptaciones obtenidas y valorar el trabajo hecho durante los meses de preparación.

Para la valoración y prescripción del entrenamiento de fuerza se realizarán los test de fuerza máxima de los ejercicios básicos como son la sentadilla, peso muerto, press de banca y dominada. Para ello se realizará el mayor número de repeticiones hasta el fallo, siempre que no sea superior a 10, a una intensidad submáxima y se estimará la 1RM con el índice de Brzycki ($1RM = \text{Peso levantado} / (1,0278 - 0,0278X)$; donde X es el número de repeticiones) (Brzycki, 1993). Además, se analizará la fuerza explosiva del tren inferior mediante el salto vertical (CMJ) y el salto horizontal, y la fuerza del tren superior a través del lanzamiento de balón medicinal por encima de la cabeza (3 kg) a dos manos y con una mano (2 kg) desde la posición de guardia. Los test de fuerza se realizarán durante los mismos periodos que los de resistencia, es decir, al principio, durante la última semana del segundo bloque de acumulación y, por último, al finalizar el bloque de transformación.

5.2. Periodización

5.2.1. Entrenamiento de resistencia

El periodo preparatorio durará 12 semanas y se utilizará el modelo de planificación ATR. En estas 12 semanas se realizarán los periodos de acumulación y transformación. La carga de entrenamiento a lo largo de los microciclos (figura 3) irá aumentando progresivamente. La carga se valorará con 1 (microciclo de recuperación), 2 (microciclo de carga media) y 3 (microciclo de carga alta). Aunque los microciclos de acumulación 1 y el de transformación sean de carga media, la carga del microciclo de transformación será más alta. Para concretar la intensidad de las sesiones se utilizarán los resultados obtenidos en el test 30-15 Intermittent Fitness Test. Este test sobreestima la velocidad asociada al VO₂max, por lo que se asociará el 100% vVO₂max con el 85% V_{ift} (Buchheit, 2010).

El periodo de acumulación (8 semanas) es bastante largo para poder crear la base aeróbica en la que se sustentará todo el entrenamiento posterior durante toda la temporada. Se dividirá en dos bloques de 4 semanas, aumentando progresivamente la carga y se comenzarán a introducir ejercicios más específicos de boxeo al final del segundo bloque. A medida que avanzan los microciclos el volumen de entrenamiento irá en aumento, mientras que la intensidad aumentará más lentamente. Durante estos dos bloques de entrenamiento se utilizarán principalmente sesiones basadas en el HIIT largo y corto para maximizar el tiempo en el que los deportistas se encuentran en el máximo consumo de oxígeno, estado en el que se consiguen mayores beneficios (Laursen y Jenkins, 2002)

Al final del último microciclo del segundo bloque de acumulación se volverá a realizar el test 30-15 Intermittent Fitness Test para evaluar la progresión de los boxeadores y poder reajustar las intensidades de los entrenamientos.

El periodo de transformación tendrá una duración de 4 semanas y estará más enfocado a la mejora del metabolismo anaeróbico y se utilizarán principalmente ejercicios de saco para que sea más específico. En este periodo el volumen de entrenamiento será relativamente alto, aunque la característica principal es el aumento de la intensidad, lo cual va a suponer un aumento de la carga de entrenamiento en comparación con el periodo de acumulación. A lo largo del periodo de transformación primaran entrenamientos basados en el SIT y RSS, los cuales provocan una mayor producción de lactato en sangre (Tabla 2, Bucheit y Laursen, 2013b).

El cambio de contenidos entre los bloques no será instantáneo, sino que se irán introduciendo contenidos del siguiente bloque en los últimos microciclos. Durante los primeros 5 microciclos,

el entrenamiento estará más enfocado al entrenamiento de la resistencia aeróbica. En los microciclos 6, 7 uno de los tres entrenamientos estará más enfocado a la resistencia anaeróbica. Durante el microciclo 8 se realizará un entrenamiento “anaeróbico” el miércoles y, el lunes y viernes los test de resistencia acompañados de un entrenamiento continuo a baja intensidad. A partir del microciclo 9 los entrenamientos estarán más enfocados al desarrollo del metabolismo anaeróbico. durante los microciclos 9 y 10 se realizará un entrenamiento “aeróbico” y dos “anaeróbicos”. En el microciclo 11 se realizará un entrenamiento “aeróbico”, uno anaeróbico y se introducirá un entrenamiento de velocidad”, quedando un entrenamiento de cada contenido en el microciclo. Finalmente, en el microciclo 12, último de la planificación, se realizarán dos entrenamientos “anaeróbicos” y otro de velocidad”.

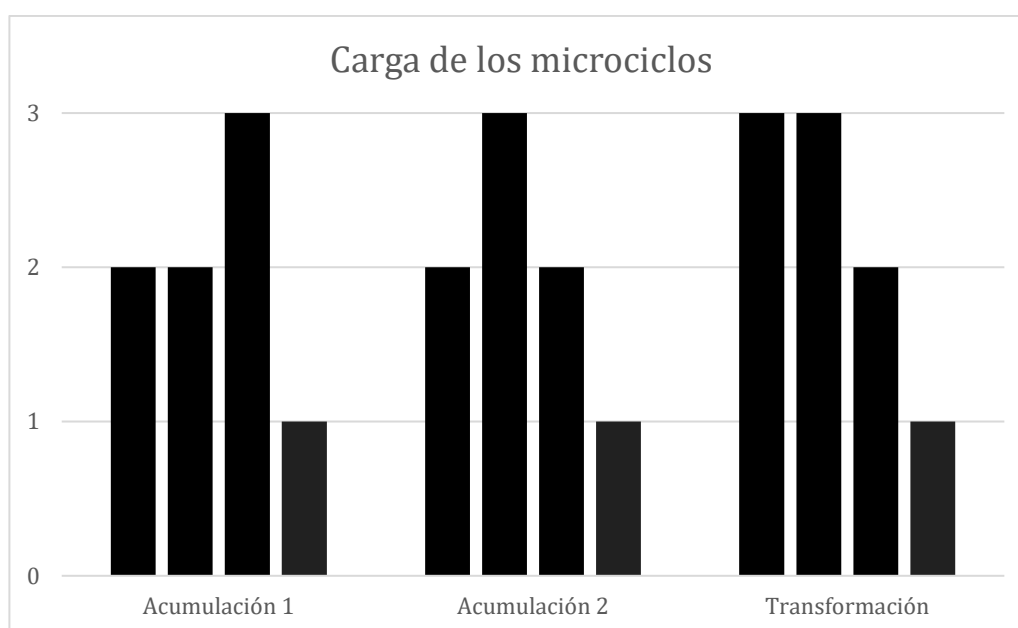


Figura 3. Carga de los microciclos.

El entrenamiento técnico táctico, que tendrá una duración de entre hora y hora y media, tiene especial relevancia a la hora de planificar. Durante las 5 primeras semanas este entrenamiento se realizará antes que el entrenamiento físico. En las semanas 6, 7 y 8 se realizarán 2 veces a la semana el entrenamiento físico al final de la sesión. Durante las 4 últimas semanas, los entrenamientos físicos se realizarán al principio de la sesión en dos ocasiones a la semana. Durante las sesiones en las que se trabaja lo técnico-táctico al principio, se busca el aprendizaje o asentamiento de las diferentes habilidades pugilísticas. Por el contrario, en los entrenamientos en los que el físico se realiza al principio de la sesión se busca no perder la precisión en estado de fatiga.

En el Anexo I se pueden observar las tareas que se desarrollarán a lo largo de las sesiones de los diferentes microciclos.

5.2.2. Entrenamiento de fuerza

El boxeo olímpico es una disciplina en el que existen muchos factores de rendimiento, por lo que, aunque los relacionados con el entrenamiento de resistencia sean los más importantes, es fundamental, también, tener buenos valores de fuerza. Es por esto, por lo que no se debe dejar de lado el entrenamiento de fuerza.

Además, se ha visto que la combinación del entrenamiento de resistencia y el de fuerza ayuda a la mejora de la composición corporal y el mantenimiento del consumo máximo de oxígeno (Wilson y col., 2012). Por otro lado, con el entrenamiento concurrente las mejoras de fuerza máxima son similares a las obtenidas con el entrenamiento de fuerza (Wilson y col., 2012). A pesar de obtener unas mejoras similares en la fuerza máxima en el entrenamiento combinado, la potencia muscular en comparación con el entrenamiento, únicamente de fuerza, las mejoras son inferiores, aunque superiores al entrenamiento, solamente de resistencia (Wilson y col., 2012).

Aunque este trabajo no está enfocado al estudio o desarrollo de la fuerza, este ha de ser periodizado de forma coordinada con el entrenamiento de resistencia para minimizar las interferencias negativas que existen entre ambos tipos de entrenamientos. Para ello, al igual que en el entrenamiento de resistencia se desarrollan al principio los contenidos con mayor efecto residual (Issurin, 2008).

A lo largo de las 12 semanas de preparación se realizarán 2 entrenamientos a la semana con una rutina “full-body” en la que se trabajarán todos los grandes grupos musculares del cuerpo. Durante el primer bloque de acumulación se trabajará la fuerza máxima por la vía hipertrófica. En el segundo bloque, el trabajo a desarrollar será la fuerza máxima por la vía neural. Por último, en el periodo de transformación se desarrollará la fuerza explosiva.

De forma similar al entrenamiento de resistencia, el cambio de contenidos no será inmediato, sino que el primer entrenamiento del último microciclo de un bloque se introducirá un entrenamiento con contenidos del bloque siguiente. Igual sucede en los primeros microciclos de cada bloque, en el que se introduce un entrenamiento propio del bloque anterior en el primer entrenamiento.

El entrenamiento técnico-táctico de boxeo siempre se realizará después del entrenamiento de fuerza para, así, maximizar las mejoras relativas a la fuerza (Collins y Snow, 1993)

La dinámica de la carga seguirá la misma dinámica que en el entrenamiento de resistencia (figura 3).

5.3. Calendario final

A continuación, se plasmará de una forma más visual los contenidos pertenecientes a la mejora de condición física a desarrollar diariamente en el calendario final de entrenamiento perteneciente al periodo preparatorio (tabla 4).

Tabla 4. Calendario de contenidos de julio, agosto, septiembre y octubre.

Julio/Agosto						
L	M	X	J	V	S	D
30	31	1	2	3	4	5
Entr. Boxeo	Entr. Boxeo	Entr. Boxeo	Entr. Boxeo	Entr. Boxeo		
6	7	8	9	10	11	12
TEST RANA	TEST F	Entr. Boxeo	TEST F	TEST RAE		
13	14	15	16	17	18	19
Box + RAE	FMAXH + Box	Box + RAE	FMAXH + Box	Box + RAE		
20	21	22	23	24	25	26
Box + RAE	FMAXH + Box	Box + RAE	FMAXH + Box	Box + RAE		
27	28	29	30	31	1	2
Box + RAE	FMAXH + Box	Box + RAE	FMAXH + Box	Box + RAE		
Septiembre						
L	M	X	J	V	S	D
3	4	5	6	7	8	9
Box + RAE	FMAXN + Box	Box + RAE	FMAXH + Box	Box + RAE		
10	11	12	13	14	15	16
Box + RAE	FMAXN + Box	Box + RAE	FMAXH + Box	Box + RAE		
17	18	19	20	21	22	23
Box + RANA	FMAXN + Box	Box + RAE	FMAXN + Box	RAE + Box		
24	25	26	27	28	29	30
Box + RAE	FMAXN + Box	RANA + Box	FMAXN + Box	Box + RAE		
Octubre						
L	M	X	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7
TEST RANA	TEST F + FEXPL	RANA + Box	TEST F	TEST RAE		
8	9	10	11	12	13	14
Box + RANA	FMAXN + Box	RANA + Box	FEXPL + Box	Box + RAE		
15	16	17	18	19	20	21
RANA + Box	FEXPL + Box	RAE + Box	FEXPL + Box	Box + RANA		
22	23	24	25	26	27	28
VEL + Box	FEXPL + Box	Box + RANA	FEXPL + Box	RAE + Box		
29	30	31	1	2	3	4
RANA + Box	FEXPL + Box	RANA + Box	FEXPL + Box	VEL + Box		

Entrenamiento técnico-táctico de boxeo (Box); Test específico de resistencia anaeróbica (TEST RANA); test de fuerza (TEST F); test de resistencia aeróbica (TEST RAE), entrenamiento de resistencia aeróbica (RAE); test de resistencia anaeróbica (RANA); entrenamiento de velocidad (VEL); entrenamiento de fuerza máxima vía hipertrófica (FMAXH);

entrenamiento de fuerza máximo vía neural (FMAXN); entrenamiento de fuerza explosiva (FEXPL).

6. BENEFICIOS Y RESULTADOS ESPERADOS

Tras el periodo preparatorio de 12 semanas más las dos primeras semanas de contacto, ya se han de ver mejoras en el rendimiento de los boxeadores, por lo que se realizarán los test correspondientes para evaluar la condición física de éstos. Por las características del calendario de este deporte es importante tener un alto rendimiento físico a lo largo de la temporada y afinar el volumen e intensidad de los entrenamientos cuando se concreten las fechas de combate, por lo que se espera que con esta planificación pueda crear una base de entrenamiento relativamente alta para posteriormente tener varios picos de máximo rendimiento.

A través del entrenamiento interválico se supone que los boxeadores tendrán mejoras en el consumo máximo de oxígeno (entre 5,4% y 7%; Farzad y col., 2011; MacDougall y col., 1998), en el tiempo máximo hasta el agotamiento a $v\text{VO}_2\text{max}$ (32%; Farzad y col., 2011; Esfarjani y Laursen, 2007) y la velocidad en el umbral anaeróbico (11,7%; Esfarjani y Laursen, 2007)

En cuanto a la resistencia anaeróbica, se espera una mejora aproximada del 13% en la acumulación de lactato en sangre (Ravier y col., 2009), y del 3,8% en la capacidad para repetir esfuerzos a máxima intensidad (Fernandez, Zimek, Wiewelhove y Ferrauti, 2012), lo cual permitirá a los boxeadores realizar los combates con más intensidad y mejor capacidad de recuperación retrasando la aparición de la fatiga hasta el final del enfrentamiento.

Además, se espera que la combinación del entrenamiento interválico con el entrenamiento de fuerza junto con un plan nutricional adecuado ayude a disminuir la masa corporal en un 4,1% (Cheema, Davies, Stewart, Papalia y Atlantis, 2015) y, así, alcanzar los pesos deseados sin realizar dietas o prácticas de pérdida de peso extremas, los cuales pueden disminuir el rendimiento físico.

7. CONCLUSIONES

Tras el análisis de las demandas del boxeo olímpico y el estudio de las características principales del entrenamiento interválico de alta intensidad se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- El boxeo olímpico es un deporte muy completo que requiere de unos grandes valores en multitud de factores físicos.
- Aunque el boxeo olímpico sea un deporte predominantemente aeróbico, las acciones determinantes se realizan a través del metabolismo anaeróbico.
- El entrenamiento interválico de alta intensidad es el adecuado para el entrenamiento de deportes de perfil intermitente y, por lo tanto, para el boxeo, consiguiendo mejoras, principalmente, en el metabolismo aeróbico y anaeróbico.
- En el HIIT existen muchas variables, la modificación de una o varias de ellas cambiarán las respuestas fisiológicas y neuromusculares de los deportistas, por lo que hay que conocerlas para maximizar las adaptaciones y minimizar los riesgos de lesión.

8. VALORACIÓN PERSONAL Y REFLEXIÓN CRÍTICA

Desde mi punto de vista, se trata de una propuesta de entrenamiento más adecuada o adaptada al boxeo olímpico que lo que se suele utilizar generalmente, sobre todo a nivel de club con pocos recursos.

Esta planificación puede servir de base para clubs y boxeadores que quieran desarrollar sus capacidades y mejorar su rendimiento. Aunque puede ser una herramienta buena, es necesario una persona cualificada para poder adaptar la planificación a cada uno de los deportistas, lo cual no es fácil debido a los escasos recursos económicos.

También, supone un reto poder cambiar la mentalidad en los entrenadores de boxeo españoles con la inclusión de métodos de entrenamiento más adecuados para el desarrollo de la resistencia, principalmente la resistencia aeróbica la cual casi siempre se ha desarrollado a través del entrenamiento a moderada intensidad. Además, debido al hermetismo del boxeo, es necesario que más personas se involucren en este deporte con nuevas metodologías y herramientas que permitan adaptarse mejor a las necesidades del boxeo.

En lo referente a la planificación, es necesaria una cierta experiencia previa en el entrenamiento interválico de alta intensidad o disminuir la carga ya que, sin esta, es demasiado exigente y podría conllevar a un sobreentrenamiento de los boxeadores.

9. BIBLIOGRAFÍA

- AIBA Technical Rules -2. (n.d.). Retrieved from <https://d152tffy3gbaeg.cloudfront.net/2015/02/AIBA-Technical-Rules-April-26-2017.pdf>.
- Asociación Internacion de Boxeo Amateur (AIBA) <https://www.aiba.org/>.
- Åstrand, I., Åstrand, P. O., Christensen, E. H., & Hedman, R. (1960). Intermittent muscular work. *Acta Physiologica*, 48(3-4), 448-453.
- Billat, V. L., Blondel, N., & Berthoin, S. (1999). Determination of the velocity associated with the longest time to exhaustion at maximal oxygen uptake. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 80(2), 159–161. <https://doi.org/10.1007/s004210050573>.
- Billat, V. L., Mille-Hamard, L., Demarle, A., & Koralsztein, J. P. (2002). Effect of training in humans on off- and on-transient oxygen uptake kinetics after severe exhausting intensity runs. *European Journal of Applied Physiology*, 87(6), 496–505. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0648-7>.
- Boutcher, S. H. (2011). High-intensity intermittent exercise and fat loss. *Journal of Obesity*, 2011. <https://doi.org/10.1155/2011/868305>.
- Brzycki, M. (1993). Strength testing—predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 64(1), 88-90.
- Buchheit, M. (2010). The 30–15 intermittent fitness test: 10 year review. *Myrobie J*, 1(9), 278.
- Buchheit, M., Al Haddad, H., Millet, G. P., Lepretre, P.-M., Newton, M., & Ahmaidi, S. (2009). Cardiorespiratory and cardiac autonomic response to 30-30 intermittent fitness test in team sport players. *J Strength Cond Res*, 23(1), 93–100.
- Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013a). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: *Cardiopulmonary emphasis*. *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0029-x>.
- Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013b). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part II: Anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. *Sports Medicine*, 43(10), 927–954. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0066-5>.
- Buchheit, M., Lepretre, P. M., Behaegel, A. L., Millet, G. P., Cuvelier, G., & Ahmaidi, S. (2009b). Cardiorespiratory responses during running and sport-specific exercises in handball players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(3), 399–405. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.11.007>.

- Buchheit, M., Kuitunen, S., Voss, S. C., Williams, B. K., Mendez-Villanueva, A., & Bourdon, P. C. (2012). Physiological strain associated with high-intensity hypoxic intervals in highly trained young runners. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(1), 94-105.
- Burgomaster, K. A. (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. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01095.2004>.
- 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.
- Campos, F. A. D., Bertuzzi, R., Dourado, A. C., Santos, V. G. F., & Franchini, E. (2012). Energy demands in taekwondo athletes during combat simulation. *European Journal of Applied Physiology*, 112(4), 1221–1228. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2071-4>.
- Čepulenas, A., Bružas, V., Mockus, P., & Subačius, V. (2011). Impact of physical training mesocycle on athletic and specific fitness of elite boxers. *Archives of Budo*, 7(1), 33–39.
- Chaabène, H., Tabben, M., Mkaouer, B., Franchini, E., Negra, Y., Hammami, M., Hachana, Y. (2015). Amateur Boxing: Physical and Physiological Attributes. *Sports Medicine*, 45(3), 337–352. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0274-7>.
- Cheema, B. S., Davies, T. B., Stewart, M., Papalia, S., & Atlantis, E. (2015). The feasibility and effectiveness of high-intensity boxing training versus moderate-intensity brisk walking in adults with abdominal obesity: a pilot study. *BMC sports science, medicine and rehabilitation*, 7(1), 3.
- Chia-Lun, L., Wei-Chieh, H., & Ching-Feng, C. (2016). Physiological Adaptations to Sprint Interval Training with Matched Exercise Volume. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, C(22), 86–95. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001083>.
- Chicharro J. L. (2018). HIIT vs entrenamiento continuo en hombres con sobrepeso/obesidad. 13-06-2018, de Fisiología del ejercicio Sitio web: <https://www.fisiologiadelejercicio.com/hiit-vs-entrenamiento-continuo-en-hombres-con-sobrepeso-obesidad/>.
- Chicharro J. L. y Campos, D. V. (2018), *HIIT, entrenamiento interválico de alta intensidad*, España, José López Chicharro.

- Collins, M. A., & Snow, T. K. (1993). Are adaptations to combined endurance and strength training affected by the sequence of training?. *Journal of sports sciences*, 11(6), 485-491
- Coutts, A. J., Rampinini, E., Marcora, S. M., Castagna, C., & Impellizzeri, F. M. (2009). Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 79–84. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.08.005>.
- Davis, P., Benson, P. R., Pitty, J. D., Connorton, A. J., & Waldock, R. (2015). The activity profile of elite male amateur boxing. *International journal of sports physiology and performance*, 10(1), 53-57
- Davis, P., Leithäuser, R. M., & Beneke, R. (2014). The energetics of semicontact 3 × 2-min amateur boxing. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(2), 233–239. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2013-0006>.
- Davis, P., Wittekind, A., & Beneke, R. (2013). Amateur boxing: Activity profile of winners and losers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(1), 84–91. <https://doi.org/10.1123/ijsp.8.1.84>.
- de Lira, C. A. B., Peixinho-Pena, Vancini, R. I., Fachina, de Almeida, A. A., Andrade, M. dos S., & da Silva. (2013). Heart rate response during a simulated Olympic boxing match is predominantly above ventilatory threshold 2: a cross sectional study. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 175. <https://doi.org/10.2147/OAJSM.S44807>.
- El-Ashker, S., & Nasr, M. (2012). Effect of boxing exercises on physiological and biochemical responses of Egyptian elite boxers. *Journal of Physical Education and Sport*, 12(1), 111–116. <https://doi.org/10.7752/jpes.2012.01018>.
- Esfarjani, F., & Laursen, P. B. (2007). Manipulating high-intensity interval training: Effects on $\dot{V}O_2$ max, the lactate threshold and 3000 m running performance in moderately trained males. *Journal of science and medicine in sport*, 10(1), 27-35.
- Farzad, B., Gharakhanlou, R., Agha-Alinejad, H., Curby, D. G., Bayati, M., Bahraminejad, M., & Mäestu, J. (2011). Physiological and performance changes from the addition of a sprint interval program to wrestling training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(9), 2392-2399.
- Federación Española de Boxeo (FEB) www.feboxeo.com.
- Fernández, J. F. (2013). El Entrenamiento de Alta Intensidad, Una Herramienta para la Mejora del Rendimiento en los Deportes de Perfil Intermitente-*BioKinetics*. *Revista de entrenamiento deportivo*, 26(2).

- Fernandez, J. F., Zimek, R., Wiewelhove, T., & Ferrauti, A. (2012). High-intensity interval training vs. repeated-sprint training in tennis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(1), 53-62.
- Filimonov, V. I., Koptsev, K. N., Husyanov, Z. M., & Nazarov, S. S. (1985). Boxing: Means of increasing strength of the punch. *Strength & Conditioning Journal*, 7(6), 65-66.
- Franchini, E., Takito, M. Y., & Kiss, M. A. P. D. M. (2016). Performance and energy systems contributions during upper-body sprint interval exercise. *Journal of exercise rehabilitation*, 12(6), 535.
- Gacesa, J. Z. P., Barak, O. F., & Grujic, N. G. (2009). Maximal anaerobic power test in athletes of different sport disciplines. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(3), 751-755.
- Gastin, P. B. (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports medicine*, 31(10), 725-741.
- Gibala, M. J., & Jones, A. M. (2013). Physiological and performance adaptations to high-intensity interval training. *Nestle Nutrition Institute Workshop Series*, 76, 51–60. <https://doi.org/10.1159/000350256>.
- Gibala, M. J., & McGee, S. L. (2008). Metabolic Adaptations to Short-term High-Intensity Interval Training. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 36(2), 58–63. <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e318168ec1f>.
- Giovani, D., & Nikolaidis, P. T. (2012). Differences in force-velocity characteristics of upper and lower limbs of non-competitive male boxers. *International journal of exercise science*, 5(2), 106.
- Guidetti, L., Musulin, A., & Baldari, C. (2002). Physiological factors in middleweight boxing performance. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 42(3), 309.
- Hanon, C., Savarino, J., & Thomas, C. (2015). Blood lactate and acid-base balance of world-class amateur boxers after three 3-minute rounds in international competition. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(4), 942-946.
- Hill, D. W., Halcomb, J. N., & Stevens, E. C. (2003). Oxygen uptake kinetics during severe intensity running and cycling. *European journal of applied physiology*, 89(6), 612-618.
- Hübner-Woźniak, E., Kosmol, A., & Błachnio, D. (2011). Anaerobic capacity of upper and lower limbs muscles in combat sports contestants. *Journal of Combat Sports and Martial Arts*, 2(2), 91–94. <https://doi.org/10.5604/20815735.1047140>.

- Issurin, V. (2008). Block periodization versus traditional training theory: a review. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48(1), 65.
- Keating, S. E., Johnson, N. A., Mielke, G. I., & Coombes, J. S. (2017). A systematic review and meta-analysis of interval training versus moderate-intensity continuous training on body adiposity. *Obesity Reviews*, 18(8), 943–964. <https://doi.org/10.1111/obr.12536>.
- Khanna, G., & Manna, I. (2006). Study of physiological profile of Indian boxers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5(CSSI-1), 90–98.
- Kilpatrick, M. W., Jung, M. E., & Little, J. P. (2014). High-intensity interval training: A review of physiological and psychological responses. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 18(5), 11-16.
- Langan-Evans, C., Close, G. L., & Morton, J. P. (2011). Making weight in combat sports. *Strength & Conditioning Journal*, 33(6), 25-39.
- 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 Med.*, 32(1), 53–73. <https://doi.org/10.2165/00007256-200232010-00003>.
- 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.
- Maillard, F., Pereira, B., & Boisseau, N. (2017). Effect of High-Intensity Interval Training on Total, Abdominal and Visceral Fat Mass: A Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 48(2), 269–288. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0807-y>.
- Marcora, S. M., Staiano, W., & Manning, V. (2009). Mental fatigue impairs physical performance in humans. *Journal of Applied Physiology*, 106(3), 857–864. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.91324.2008>.
- Midgley, A. W., Mcnaughton, L. R., & Wilkinson, M. (2006). Is there an Optimal Training Intensity for Enhancing the Maximal Oxygen Uptake of Distance Runners? *Sports Medicine*, 36(2), 117–132. <https://doi.org/0112-1642/06/0002-0117>.
- Nassib, S., Hammoudi-Nassib, S., Chtara, M., Mkaouer, B., Maaouia, G., Bezrati-Benayed, I., & Chamari, K. (2017). Energetics demands and physiological responses to boxing match and subsequent recovery. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(1–2), 8–17. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.16.05958-2>.
- Obmiński, Z., Borkowski, L., & Sikorski, W. (2011). The shot put performance as a marker of explosive strength in polish amateur boxers. a pilot study. *Archives of Budo*, 7(3), 173–177.

- Pierce, J. D., Reinbold, K. A., Lyngard, B. C., Goldman, R. J., & Pastore, C. M. (2006). Direct Measurement of Punch Force During Six Professional Boxing Matches. *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, 2(2), 1–19. <https://doi.org/10.2202/1559-0410.1004>.
- Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Abt, G., Chamari, K., Sassi, A., & Marcora, S. M. (2007). Factors influencing physiological responses to small-sided soccer games. *Journal of Sports Sciences*, 25(6), 659–666. <https://doi.org/10.1080/02640410600811858>.
- Ravier, G., Dugué, B., Grappe, F., & Rouillon, J. D. (2009). Impressive anaerobic adaptations in elite karate athletes due to few intensive intermittent sessions added to regular karate training. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 19(5), 687-694.
- Sant'Ana, J., Diefenthaler, F., Dal Pupo, J., Detanico, D., Guglielmo, L. G. A., & Santos, S. G. (2014). Anaerobic evaluation of Taekwondo athletes. *International SportMed Journal*, 15(4), 492-499.
- Sheppard, J., & Young, W. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 919–932. <https://doi.org/10.1080/02640410500457109>.
- Slimani, M., Chaabène, H., Davis, P., Franchini, E., Cheour, F., & Chamari, K. (2017a). Performance Aspects and Physiological Responses in Male Amateur Boxing Competitions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(4), 1132–1141. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001643>.
- Slimani, M., Chaabene, H., Miarka, B., Franchini, E., Chamari, K., & Cheour, F. (2017b). Kickboxing review: Anthropometric, psychophysiological and activity profiles and injury epidemiology. *Biology of Sport*, 34(2), 185–196. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2017.65338>.
- Smith, M. S. (1998). Sport specific ergometry and the physiological demands of amateur boxing. Unpublished doctoral thesis, University College Chichester, UK.
- Smith, M. S. (2006). Physiological profile of senior and junior England international amateur boxers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5(CSSI-1), 74–89.
- Smith, M. S., Dyson, R., Hale, T., Hamilton, M., Kelly, J., & Wellington, P. (2001). The effects of restricted energy and fluid intake on simulated amateur boxing performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 11, 238–247.
- Smith, T. P., Coombes, J. S., & Geraghty, D. P. (2003). Optimising high-intensity treadmill training using the running speed at maximal O₂uptake and the time for which this can be maintained. *European Journal of Applied Physiology*, 89(3–4), 337–343. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0806-6>.

- Tschakert, G., & Hofmann, P. (2013). High-intensity intermittent exercise: methodological and physiological aspects. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(6), 600-610.
- Wewege, M., van den Berg, R., Ward, R. E., & Keech, A. (2017). The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*, 18(6), 635–646. <https://doi.org/10.1111/obr.12532>.
- Wilson, J. M., Marin, P. J., Rhea, M. R., Wilson, S. M., Loenneke, J. P., & Anderson, J. C. (2012). Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(8), 2293-2307.

10. ANEXOS

10.1. Anexo I. Descripción de las sesiones de entrenamiento de HIIT

MICROCICLO 1

<i>Lunes</i>	4 x 3' al 75% Vift / 3' Trote
<i>Miércoles</i>	3 x (6 x 30" al 80% Vift / 30") / 4' Trote
<i>Viernes</i>	5 x 3' al 75% Vift / 3' Trote

MICROCICLO 2

<i>Lunes</i>	3 x (8 x 30" al 80% Vift / 30") / 4' Trote
<i>Miércoles</i>	3 x 4' al 80 % Vift / 4' Trote
<i>Viernes</i>	4 x 3' al 75% Vift /3' Trote

MICROCICLO 3

<i>Lunes</i>	5 x 4' al 75% Vift / 4' Trote
<i>Miércoles</i>	3 x (5 x 1' al 80% Vift / 1') /4' Trote
<i>Viernes</i>	3 x (5 x 30" al 80% Vift / 30") / 4'

MICROCICLO 4

<i>Lunes</i>	3 x 4' al 80% Vift / 4' Trote
<i>Miércoles</i>	3 x (6 x 30" al 80% Vift / 30") / 4' Trote
<i>Viernes</i>	3 x (10 x 15" al 85 % Vift / 15") / 4' Trote

MICROCICLO 5

<i>Lunes</i>	3 x (5 x 1' al 85% Vift /1') / 4' Trote
<i>Miércoles</i>	4 x 3' al 80 %
<i>Viernes</i>	4 x (12 x 5" al Máx. / 15") / 4' Trote

MICROCICLO 6

Lunes	6 x 30" al Máx / 2' + 10' Carrera Continua al 65 % Vift
Miércoles	5 x 3' al 85% Vift / 3' Trote
Viernes	3 x (5 x 45" al 85% Vift / 45") / 4' Sombra de Boxeo

MICROCICLO 7

Lunes	7 x 2' al 85% Vift / 2' Trote
Miércoles	4 x (6 x 8" al Máx / 32") / 4' Sombra de Boxeo
Viernes	3 x (5 x 1' al 85% Vift / 1') / 4' Comba

MICROCICLO 8

Lunes	Test Específico Resistencia anaeróbica + 15' al 60% Vift
Miércoles	4 x (6 x 8" al Máx en Saco / 32" suave) / 4' Sombra de Boxeo
Viernes	Test Resistencia IFT 30-15 + 15' al 60% Vift

MICROCICLO 9

Lunes	6 x 40" al Máx en Saco / 2'30" Suave + 15' al 75% Vift
Miércoles	5 x (10 x 4" al Máx en Saco / 16" Suave) / 4' Comba + 15' al 70% Vift
Viernes	6 x (6 x 15" al 100 % Vift / 15") / 3' Sombra de Boxeo

MICROCICLO 10

Lunes	6 x 40" al Máx en Saco / 2'30" Sombra de Boxeo + 15' al 65% Vift
Miércoles	6 x (6 x 15" al 95% Vift / 15") / 1'15"
Viernes	3 x (9 x 5" al Máx en Saco / 15" Suave) / 1' + 10' al 70% Vift

MICROCICLO 11

<i>Lunes</i>	10 x 12" al Máx en Saco / 2'30" sombra + 10' al 60% Vift
<i>Miércoles</i>	10 x 30" al Máx en Saco / 2'30" Sombra de Boxeo
<i>Viernes</i>	7 x 2' al 85% Vift / 2' Trote

MICROCICLO 12

<i>Lunes</i>	3 x (6 x 5" al Máx en Saco / 15" Suave) / 1' + 10' al 65% Vift
<i>Miércoles</i>	4 x (5 x 8" al Máx en Saco / 17" Suave) / 1' + 10' al 65% Vift
<i>Viernes</i>	15 x 10" al Máx en Saco / 1'30" Suave

10.2. Anexo II. Test específico de boxeo de resistencia anaeróbica

Clicando en el enlace se podrá visualizar la realización del test específico de boxeo de resistencia anaeróbica de elaboración propia:

<https://drive.google.com/file/d/19Wnc3Q5SoR4qWVjLc3hVhuNDm2ZigoMN/view?usp=sharing>