



universidad  
de león



TRABAJO DE FIN DE GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL  
DEPORTE

Curso Académico 2013/2014

**Modificación de la Condición Física inducida por un  
entrenamiento de alta intensidad: Freeletics**

**Modification of Physical Fitness induced by a high-  
intensity training: Freeletics**

CARLOS DÍAZ GARCÍA

Fecha: 03-09-2014

DR. JOSÉ GERARDO VILLA VICENTE

Catedrático del Dpto. Educación Física y Deportiva.

## ÍNDICE

<b>1.- RESÚMENES.....</b>	<b>3 pag</b>
1.1.- Resumen.....	3 pag
1.2.- Abstract.....	3 pag
<b>2.- JUSTIFICACIÓN DEL TEMA ELEGIDO.....</b>	<b>4 pag</b>
<b>3.- INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5 pag</b>
3.1.- Condición física, actividad física y ejercicio.....	5 pag
3.2.- Sedentarismo.....	6 pag
3.3.- Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad (HIIT - HIT).....	6 pag
3.3.1.- Mejoras en la capacidad oxidativa del músculo.....	7 pag
3.3.2.- Efectos cardiovasculares.....	9 pag
3.4.- Entrenamiento interválico de fuerza de alta intensidad o CrossFit....	9 pag
3.4.1 Freeletics (© 2014 Freeletics GmbH).....	10 pag
<b>4.- OBJETIVOS DE TRABAJO.....</b>	<b>10 pag</b>
<b>5.- METODOLOGÍA.....</b>	<b>11 pag</b>
5.1.- Revisión de la literatura científica.....	11 pag
5.2.- Sujetos.....	11 pag
5.3.- Material y métodos.....	12 pag
5.4.- Diseño experimental del programa de entrenamiento Freeletics.....	13 pag
5.5.- Análisis de datos.....	14 pag
<b>6.- RESULTADOS.....</b>	<b>15 pag</b>
6.1.- Influencia en parámetros de la condición física en el grupo de entrenamiento de Freeletics.....	15 pag
6.2.- Diferencia de género en la influencia en parámetros de la condición física en el grupo de entrenamiento de Freeletics.....	16 pag
6.2.1.- Influencia del entrenamiento Freeletics en hombres.....	16 pag
6.2.2.- Influencia del entrenamiento Freeletics en mujeres .....	17 pag
6.2.3.- Comparación de la influencia del entrenamiento Freeletics en función del género.....	20 pag
<b>7.- DISCUSIÓN.....</b>	<b>23 pag</b>
<b>8.- CONCLUSIONES.....</b>	<b>26 pag</b>
<b>9.- BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>27 pag</b>
<b>10.- ANEXOS.....</b>	<b>32 pag</b>
10.1.- Recomendaciones generales de Actividad Física saludable.....	32 pag
10.2.- Descripción de la ejecución de los ejercicios de Freeletics.....	33 pag
10.3.- Programación de 16 semanas de entrenamiento del grupo de Freeletics.....	34 pag

## 1.- RESÚMENES

### 1.1.- Resumen

**Propósito:** La sociedad actual emplea menos tiempo en la realización de actividad física debido a nuevas obligaciones. Por ello se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica sobre los beneficios que supone un entrenamiento interválico de alta intensidad (HIT o HIIT), además de aplicar un programa de entrenamiento a un grupo de universitarios basado en ejercicios calisténicos realizados a alta intensidad.

**Métodos:** 17 sujetos, 9 mujeres y 8 hombres, han formado parte del grupo Freeletics. Se ha valorado la antropometría y composición corporal, la fuerza máxima y fuerza resistencia en el tren superior, la fuerza resistencia abdominal y la fuerza isométrica en los miembros superiores, así como la flexibilidad. **Resultados:** Tras 18 semanas de entrenamiento se ha reducido significativamente el sumatorio de 6 pliegues (15,25%), el porcentaje graso (12,00%) y el porcentaje de masa muscular (1,75%), así como han aumentado significativamente la fuerza máxima (50,00%) y fuerza resistencia (25,00%) en el tren superior, la fuerza resistencia abdominal (13,16%) y se han observado pérdidas en la flexibilidad medida por "sit and reach" (26,67).

**Conclusiones:** El Freeletics puede ser un buen método para mejorar la condición física, bien es cierto que nuevos trabajos deben valorar otros aspectos de la condición física.

### 1.2.- Abstract

**Purpose:** Modern society increasingly takes less time for physical activity because of new obligations. Has therefore conducted a literature review about the benefits of high interval training (HIT or HIIT). It has also implemented a training program to a group of university students based on calisthenics perform at high intensity. **Methods:** 17 subjects, 9 women and 8 men, were part in Freeletics group. To evaluate the anthropometric and body composition, upper body maximal strength, upper body resistance, abdominal resistance and isometric strength in the upper limbs. Flexibility has been also evaluated. **Results:** After 18 week of training has significantly reduced the sum of 6 skinfolds (15,25%), fat percentage (12.00%) and the percentage of muscle mass (1,75%). They have also increased upper body maximal strength (50,00%), upper body resistance (25,00%) and abdominal resistance (13,16%). Flexibility has reduced in 26,67% with "sit and reach". **Conclusion:** Freeletics can be a good way to improve physical fitness. But new studies have to assess other parameters of physical fitness.

## 2.- JUSTIFICACIÓN DEL TEMA ELEGIDO

Siempre he tenido interés en cómo se ha de llevar a cabo una correcta valoración de la condición física sintiéndome especialmente identificado con la asignatura cursada en este primer cuatrimestre, Valoración de la Condición Física. Por lo que el Trabajo Fin de Grado es una aplicación directa de ésta y de otras de las materias cursadas en el Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte con las que guarda relación, tales como Planificación del Entrenamiento Deportivo, Actividad Física y Calidad de Vida, Programación y Prescripción de Ejercicio Físico, Cinesiología,... Además he tenido la oportunidad de ser tutelado por el Profesor Dr. José Gerardo Villa Vicente, Catedrático de la Universidad de León, y que imparte varias de las asignaturas mencionadas.

A lo largo de la carrera nos han incidido en la relación entre condición física y salud, y que el escaso entrenamiento o el nivel preponderante de sedentarismo está conllevando un menoscabo de la condición física<sup>1</sup>. Diversas investigaciones están constatando que la población cada vez realiza menos actividad física (figura 1), y que ni siquiera la población joven cumple con los niveles mínimos de actividad física necesarios para que esta sea saludable<sup>2</sup>, aumentando la probabilidad de sufrir diferentes tipos de patologías<sup>3,4</sup>. Son muchas las recomendaciones y programas de ejercicio físico para contrarrestar los hábitos sedentarios<sup>5,6</sup>, pero que no logran adherencia, muchas veces porque requieren de recursos materiales y espacios a los que la población no puede acceder, bien por falta de tiempo<sup>1</sup> o bien por otros motivos<sup>1,7</sup>. También hay estudios que siguen mostrando diferencias de género en nivel de valores de composición corporal, antropometría, fuerza y condición física cardiorrespiratoria<sup>8,9</sup>. Por ello, tengo el interés de valorar nuevas formas de actividad física que fomenten la adherencia y motivación, sobre todo en personas carentes de tiempo.

Este Trabajo Fin de Grado me ha permitido realizar un trabajo experimental aplicando una programación de ejercicio alternativa a compañeros universitarios y realizar una valoración de su condición física, además de enfrentarme a la responsabilidad de entrenarlos y experimentar la capacidad de dirigir y liderar a un grupo de personas con sus variantes estados anímicos y problemas familiares o académicos, etc., y entender que en el entrenamiento "las personas no somos máquinas y no se nos puede tratar como tales".

### 3.- INTRODUCCIÓN

#### 3.1.- Condición Física, Actividad Física y Ejercicio

La *Condición Física* (CF) o *Fitness*<sup>1</sup> se define como "la habilidad para llevar a cabo las actividades diarias con vigor y con ausencia de fatiga, así como con la energía suficiente para disfrutar del tiempo de ocio y hacer frente a las emergencias imprevistas"<sup>10</sup>. Además es posible observar diferencias en función de su orientación, es decir, si se relaciona con la Salud, o si por el contrario se trata de atributos de Rendimiento<sup>2</sup>. En ambos casos la *Actividad Física* (AF) es una herramienta fundamental para incrementar la CF. La Organización Mundial de la Salud (OMS)<sup>3</sup> la entiende como "cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que exija un gasto energético mayor que el basal". Por tanto, será AF saludable aquella que incida sobre los parámetros vinculados a la Salud (Tabla 1).

Salud	Rendimiento deportivo	
Resistencia Cardiorrespiratoria	Resistencia Cardiorrespiratoria	Resistencia muscular
Resistencia muscular	Fuerza muscular	Composición Corporal
Fuerza muscular	Flexibilidad	Agilidad
Composición Corporal	Equilibrio	Coordinación
Flexibilidad	Velocidad	Potencia
	Tiempo de Reacción	

Tabla 1. Parámetros de la condición física relacionados con la salud o con el deporte<sup>10</sup>

Cuando la AF es "estructurada, planificada, repetitiva y tiene como objetivo el mantenimiento o la mejora de uno o más componentes de la CF" se conoce como ejercicio, aunque se usen ambos conceptos<sup>10</sup>.

La OMS y el Colegio Americano de Medicina Deportiva (ACSM) recomiendan dosis de ejercicio diarias y continuadas con el fin de mejorar la salud<sup>4</sup> y reducir el riesgo de enfermedades asociadas a la falta de AF. Permitiría igualmente una mayor calidad de vida en términos de buena salud mental<sup>3</sup> y buena salud física<sup>4</sup>. Numerosos estudios han intentado establecer cuál es la dosis de ejercicio que produce mejoras en el organismo, llegando a un acuerdo por el que identificar unas dosis mínimas generales, ya que resulta complicado averiguar la dosis ideal para cada individuo (consultar Anexo 10.1).

<sup>1</sup> En términos anglosajones.

<sup>2</sup> Ver Tabla 1.

<sup>3</sup> La OMS y el Colegio Americano de Medicina Deportiva (ACSM) son referentes mundiales en la Actividad Física y el Deporte en relación a la Salud.

<sup>4</sup> En este sentido la OMS refiere que el término Salud no solo es la ausencia de una enfermedad diagnosticada, sino que entraña un bienestar psíquico, físico y social, en el que la AF juega un papel principal.

### 3.2.- Sedentarismo

En base a la cantidad de AF que realizan a lo largo del día, los individuos pueden ser clasificados en: *activos* aquellos que respetan el mínimo de 30 min de actividad física moderada diaria, y *pasivos* los que no cumplen dicho mínimo. Los individuos pasivos se asocian al *sedentarismo*, presente cuando los niveles de AF se encuentran por debajo del umbral mínimo necesario para aportar beneficios saludables al organismo<sup>12</sup>. En la actualidad las cifras de sedentarios son preocupantes, considerándose como uno de los principales problemas de salud a nivel mundial<sup>1</sup> y que refleja el "estilo de vida" en las sociedades desarrolladas<sup>5,6</sup>.

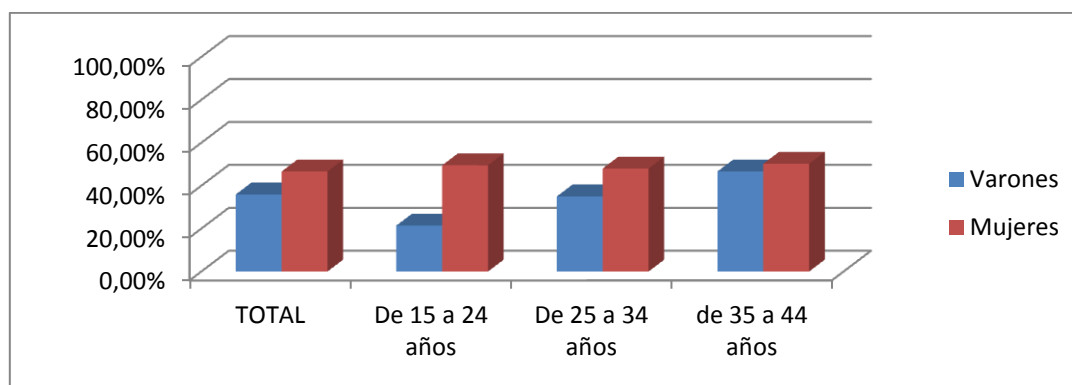


Figura 1. Índice de sedentarismo en España, donde casi la mitad de la población adulta presenta un comportamiento sedentario (Datos de la ENS 2011-12 (INE-MSSSI)).

El sedentarismo ha sido identificado como un importante factor de riesgo para diversas enfermedades cardiovasculares, hipertensión arterial, arterosclerosis, diabetes, obesidad y cáncer<sup>11</sup>; enfermedades denominadas como "hipocinéticas" o por falta de movimiento<sup>1</sup>. Por si fuera poco, a medida que envejecemos la cantidad de AF diaria realizada disminuye<sup>2</sup>. Tres son las posibles causas:

- cambios en la elección del ocio y tiempo libre<sup>2</sup>,
- cambios en las obligaciones educativas<sup>2,14</sup>,
- falta de tiempo en general<sup>7</sup>.

La falta de motivación y adherencia también afectan al sedentarismo, provocando el cese en el seguimiento de un programa de entrenamiento tradicional que asiente las bases en el volumen de carga<sup>15</sup>. Así, una alternativa pudiera ser la reducción del volumen de entrenamiento seguido de un aumento de la intensidad en el mismo<sup>16</sup>. De este modo surgen los HIT como propuesta de AF saludable<sup>17</sup>.

### 3.3.- Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad (HIIT - HIT)

*High Interval Training* (HIT) puede definirse como "series repetidas de corta a moderada duración (entre 10 segundos y 5 minutos) completadas a una intensidad en

torno al umbral anaeróbico”<sup>18</sup>. Los periodos de descanso son flexibles en cuanto a intensidad se refiere, pudiendo ser activos (en torno al 70%  $FC_{m\acute{a}x}$ ) o pasivos; además en su mayor parte serán de carácter parcial y no completos<sup>18</sup>. Gibala et al.<sup>19</sup> definen el HIT como “un ejercicio intenso caracterizado por breves, intermitentes y explosivos esfuerzos de AF vigorosa, que se relacionan con periodos de descanso activo a baja intensidad o pasivo”. Tschakert & Hofmann<sup>20</sup> lo definen como “un modo de entrenamiento de resistencia discontinuo que se caracteriza por periodos relativamente cortos de trabajo a alta intensidad divididos por periodos de descanso pasivo o a muy baja intensidad”.

También se pueden establecer pautas que relacionan la duración de las fases de esfuerzo con la intensidad del mismo: de 10 a 30 segundos la intensidad es máxima, de 45 segundos a 4 minutos la intensidad es submáxima<sup>21</sup>.

Tradicionalmente, los HIT eran utilizados solo en el ámbito del rendimiento deportivo por entrenadores y deportistas<sup>21</sup>, sin que su práctica llegase a las personas sedentarias o poco entrenadas por los riesgos que puede entrañar la alta intensidad<sup>22</sup>. Sin embargo, a día de hoy el HIT parece ser una forma eficaz de mejorar rápidamente la resistencia aeróbica tanto en personas de escasa como buena, y muy buena condición física<sup>23</sup>. Al comparar los Métodos Continuos Tradicionales con las tendencias emergentes basadas en el HIT, las adaptaciones fisiológicas que se producen en el organismo de los sujetos son similares<sup>24</sup>, pero en el caso de los HIT las adaptaciones ocurrirían en un tiempo menor<sup>25</sup>. Pese a esto, en un trabajo de Marles et al.<sup>26</sup> las personas sedentarias, una vez finalizado el entrenamiento HIT, regresaban a los valores pre-entreno en 6 semanas. Las respuestas fisiológicas del organismo respecto a los HIT vienen dadas por la influencia de tres aspectos claves: *intensidad, duración de la fase de trabajo y duración de las fases de recuperación*<sup>20</sup>. En función de dichos aspectos se producen numerosas adaptaciones<sup>19</sup>: a nivel cardiovascular y musculo-esquelético, reducción en el uso de glucógeno muscular, disminución del ratio producción-eliminación de lactato, mayor uso de ácidos grasos, aumento de la vascularización y mejoras en el rendimiento asociado a incrementos en  $VO_{2m\acute{a}x}$  y *tiempo hasta la extenuación*<sup>5</sup> (Tabla 3).

### 3.3.1.- Mejoras en la capacidad oxidativa musculo-esquelética

Existe una reducción pronunciada de glucógeno muscular y un aumento del pH y lactato, además de la oxidación de ácidos grasos, por ello actúan ambos metabolismos: aeróbico y anaeróbico<sup>27</sup>. Estas adaptaciones se asocian al incremento

---

<sup>5</sup> Considerado como un marcador que valoraría el “tiempo en esfuerzo máximo”.

del número de mitocondrias (adaptación periférica). También aumentan las funciones enzimáticas de la citrato sintasa (CS), piruvato deshidrogenasa (PDH), malato deshidrogenasa (MDH), succinato deshidrogenasa (SDH) y citocromo c oxidasa (COX) con ciertas dudas relacionadas con la intervención de la beta-hydroxyacyl-CoA-dehidrogenasa (HAD)<sup>27</sup>. Además, es posible que intervenga la PGC-1 $\alpha$ , aunque no está del todo dilucidado<sup>19</sup>.

Autor	Población destinada	Sesiones /semana	Duración programa	Tipo de trabajo e intensidad	Efectos
Edge et al. <sup>28</sup>	Adolescentes activos en varios deportes	3	5 semanas	HIT: 2 min de entrenamiento que aumentan conforme transcurren los días (120-140% del Umbral Láctico)	-Aumentos en VO <sub>2máx</sub> (12%). -Mejora en RSA (13%).
Helgerud et al. <sup>29</sup>	Estudiantes universitarios no fumadores	3	8 semanas	Dos grupos: -47 reps 15"/15" -4 x 4' (3' descanso) Intensidad: 90-95% de la FC <sub>máx</sub>	-Aumentos del VO <sub>2máx</sub> en ambos grupos (5,5% y 7,2% respectivamente). -Aumento gasto cardiaco.
Marles et al. <sup>26</sup>	Hombres desentrenados	3	6 semanas	3 x 6 de 30" al 120% de Velocidad al VO <sub>2</sub> máx.	-No cambios VO <sub>2máx</sub> . -Mejoras en VT <sub>1</sub> , sin cambios en VT <sub>2</sub> .
Babraj et al. <sup>15</sup>	Diabéticos Tipo 2	3	2 semanas	4-6 x 30" con una Resistencia de 7,5% del Peso Corporal (4' recuperación)	Mejora: -Acción insulina. -Control glucémico.
Tjønnå et al. <sup>24</sup>	Adolescentes con sobrepeso	3	12 semanas	4 x 4' a 90-95% FC <sub>máx</sub> (3' recuperación 70% FC <sub>máx</sub> )	-Aumento del VO <sub>2máx</sub> (18 ml/min/kg). -Reducción de IMC (1,8 kg/m <sup>2</sup> ).
Bayati et al. <sup>30</sup>	Universitarios desentrenados	3	4 semanas	Dos grupos: -4 x 30" all out (4' recuperación) -8 x 30" a 125% P <sub>máx</sub> (2' recuperación)	Mejora de VO <sub>2máx</sub> en ambos grupos (9,6% y 9,7% respectivamente).
Trilk et al. <sup>31</sup>	Mujeres sedentarias con sobrepeso/obesidad	3	4 semanas	4-7 series/sesión. 30" con el 5% de Fuerza de Frenado y 4' de descanso entre serie	Aumento del volumen sistólico.
Álvarez et al. <sup>16</sup>	Mujeres sedentarias pre-diabéticas, con sobrepeso/obesidad	2	12 semanas	7 intervalos cortos a más del 85% de FC <sub>máx</sub>	-Reducción de glicemia. -Menor resistencia a la insulina.
Tew et al. <sup>32</sup>	Pre-operación de aneurisma aórtico abdominal	3	4 semanas pre-operación	No protocolo. Solo progresión.	-Mejora de CF previa a operación. -Menor pérdida post operatoria.

**Tabla 3. Investigaciones acerca del HIT en diversos grupos de población.** HIT (High Interval Training), VO<sub>2máx</sub> (Consumo de oxígeno máximo), RSA (Repeat Sprint Ability, es decir, capacidad para repetir sprints de forma intermitente), FC<sub>máx</sub> (Frecuencia cardiaca máxima), VT<sub>1</sub> (Primer umbral ventilatorio), VT<sub>2</sub> (Segundo umbral ventilatorio), CF (Condición Física), P<sub>máx</sub> (Potencia máxima desarrollada), ml (mililitro), min (minuto), kg (kilogramo), m<sup>2</sup> (metro cuadrado).



### 3.3.2.- Efectos cardiovasculares

Se observa una disminución de la frecuencia cardiaca para soportar una misma intensidad de ejercicio, existiendo dudas sobre si la adaptación se debe al aumento del volumen sistólico o a la capacidad de extracción de oxígeno por los músculos<sup>23</sup>.

El HIT también tiene aplicación en personas con algún tipo de enfermedad. En el trabajo llevado a cabo por Babraj et al.<sup>15</sup> sobre un grupo de personas con diabetes Tipo 2, estas experimentaron en solo 2 semanas una mejora en la acción insulínica y en el control glucémico. En otro estudio más reciente, Askim et al.<sup>33</sup> explican la validez de la aplicación de un programa de entrenamiento HIT para personas tras 3-9 meses de haber pasado por un accidente cerebrovascular. Por su parte, Thijs et al.<sup>34</sup> aplicaron un programa de entrenamiento de fuerza y resistencia de alta intensidad en sobrevivientes a cáncer, con el fin de retomar la actividad diaria y laboral lo antes posible; encontrando que el 78% de sus pacientes volvía al trabajo tras la aplicación del programa de 18 semanas.

### **3.4.- Entrenamiento interválico de fuerza de alta intensidad o CrossFit (HIPT)**

*High Interval Power Training* (HIPT) puede ser englobado dentro de los HIT ya que sus principios básicos son realizar “tantas series como sea posible” y siempre que se hagan “tan rápido como se puede”<sup>9</sup>. No obstante, el descanso en los HIPT es delimitado fundamentalmente por lo que el organismo del sujeto en cuestión sea capaz de aguantar, mientras que en los HIT es establecido de antemano<sup>20</sup>.

Estos principios confieren al HIPT o CrossFit características de un entrenamiento que lleva al cuerpo hasta la extenuación de manera que en sus WOD<sup>6</sup> confluyen ejercicios *gimnásticos* (equilibrio invertido de manos, anillas, ejercicios en barra,...) y ejercicios *funcionales*<sup>7</sup> (sentadillas, peso muerto, press militar, levantamiento olímpico,...)<sup>9</sup>. No hay apenas literatura científica que sostenga que esta forma de entrenamiento provoque mejoras en el organismo, pero Smith et al.<sup>9</sup> completaron un trabajo con 23 hombres y 20 mujeres en el que el  $VO_{2m\acute{a}x}$  mejoró significativamente (13,6% hombres y 11,8% mujeres), así como se redujo en un 3,7% el porcentaje de grasa.

<sup>6</sup> “*Work of the Day*” o “el trabajo del día”, ya que nunca se repiten rutinas y cada día se realiza un entrenamiento diferente<sup>35</sup>.

<sup>7</sup> Se refiere a movimientos del cuerpo en todos sus ejes y en sus rangos de movimiento natural, evitando con ello el hiperdesarrollo de una capacidad<sup>36</sup>.

### 3.4.1.- Freeletics (© 2014 Freeletics GmbH)

A principios del 2013 surge en Alemania un método de entrenamiento que se une a las tendencias en AF más practicadas en 2014<sup>17</sup>, esto es, el HIT y los ejercicios calisténicos<sup>8</sup>. Por sus características podría englobarse dentro de los HIPT, pero con varias diferencias respecto al CrossFit, ya que no se usan más elementos que el peso del sujeto, una barra de dominadas y una pared vertical. Se basa en ejercicios como pueden ser la sentadillas, flexiones de brazos o abdominales y presenta aspectos positivos como son:

- ✓ al ser un HIT conlleva menor volumen de trabajo,
- ✓ prescinde de instalaciones específicas,
- ✓ compaginable con la vida social, familiar y laboral de sujetos,
- ✓ posibilidad de un trabajo de doble orientación en función de la planificación de los ejercicios en: resistencia cardiorrespiratoria y fuerza-resistencia muscular<sup>37</sup>.

Puesto que los ejercicios incluidos en los HIPT, aún no han sido investigados lo suficiente, quizás debido a su novedosa irrupción, y teniendo en cuenta las mejoras que los HIT promueven en el organismo, resulta interesante explorar las posibles ventajas y mejoras que conlleva la práctica de un método de entrenamiento como Freeletics<sup>37</sup>.

La hipótesis de investigación es que el HIPT aplicado a jóvenes universitarios sedentarios podría mejorar sus niveles de condición física en cuanto a fuerza muscular, así como movilidad articular y composición corporal.

## 4.- OBJETIVOS DEL TRABAJO

Realizar un estudio bibliográfico relacionado con las investigaciones acerca del Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad, así como los estudios en torno al Entrenamiento Interválico de Fuerza de Alta intensidad.

Valorar los cambios en la condición física ocasionados por un entrenamiento de Freeletics en jóvenes sedentarios universitarios.

Evaluar la fuerza, flexibilidad y composición corporal en personas con diferente grado de condición física tras el seguimiento de un programa de ejercicio interválico de fuerza de alta intensidad basado en ejercicios calisténicos.

Comparar las diferencias de género en los posibles cambios que induzca dicho programa de entrenamiento.

---

<sup>8</sup> Ejercicios basados en el propio peso corporal<sup>38</sup>.

## 5.- METODOLOGÍA

### 5.1.- Revisión de la literatura científica

Se llevó a cabo una búsqueda informática de artículos electrónicos en lengua inglesa que hubieran sido publicados entre los años 2000 y 2014. Se seleccionaron artículos de investigación así como diferentes metaanálisis y revisiones acerca del entrenamiento interválico de alta intensidad. Las palabras clave que se introdujeron en el buscador fueron: "High Interval Training", "HIT", "HIIT", "Effects HIIT", "HIIT vs Continuous", "Bases HIIT", "HIIT and VO<sub>2</sub> máx", y "HIIT training". Para delimitar la búsqueda se optó por introducir el término "HIIT" (105 resultados) antes que el término "HIT" (16117 resultados), así como introducir el término "Effects HIIT" por ser el que más relación guardaba con el tema abordado. Un total de 36 artículos fueron encontrados de los que 20 fueron incluidos en el estudio.

Los artículos descartados no cumplían con los propósitos de nuestro estudio, bien porque requerían de un pago para su lectura, o bien porque en la lectura del abstract ya no se encontraba relación directa con nuestro tema.

De los 20 artículos elegidos para la revisión, 6 de ellos son revisiones de varios trabajos ("Review"), 13 son trabajos de investigación ("Research Article") y un último es un trabajo a propósito del establecimiento de un protocolo.

### 5.2.- Sujetos

17 sujetos participaron de forma voluntaria en el estudio, siendo 15 universitarios (8 mujeres y 7 hombres) de diferentes Facultades y Escuelas de la Universidad de León los que completaron el estudio. El principal criterio de inclusión fue que los sujetos no cumplieran las recomendaciones de AF mínima propuestas por la OMS, es decir, menos de 3 días por semana de ejercicio de intensidad moderada.

#### 5.2.1.- Criterios de inclusión

El principal fue que los sujetos no cumplieran las recomendaciones de AF mínima propuestas por la OMS, es decir, menos de 3 días por semana de ejercicio de intensidad moderada. Rango de edad de población universitaria tipo estudiante de Grado: entre 19 y 28 años. Aceptar participar en el estudio, para ello antes de comenzar con el entrenamiento, todos los sujetos fueron informados sobre las características del programa de entrenamiento y firmaron un consentimiento informado facilitado por el laboratorio del grupo de investigación en Valoración de la Condición Física "VALFIS" del Departamento de Actividad Física y Deportiva de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad de León.

### 5.2.2.- Criterios de exclusión

Tener algún tipo de problema de salud limitante para el ejercicio de alta intensidad que se iba a desarrollar, con el fin de evitar riesgos asociados. Tampoco se incluyeron aquellos sujetos que por lesiones previas no pudieran completar la batería de pruebas de valoración de la condición física anteriores al programa de entrenamiento. No completar un 95% de las sesiones de entrenamiento. Durante el desarrollo del programa de entrenamiento se produjo el abandono de 2 sujetos (una mujer y un hombre), uno por razones de falta de motivación y tiempo para asistir a las sesiones de entrenamiento con la frecuencia deseada, el otro por causa de una operación quirúrgica.

## 5.3.- Material y Método

Previa solicitud, el Decanato de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte cedió sus instalaciones en un horario comprendido entre las 18:45 y las 19:45 durante los casi 5 meses de duración del programa de entrenamiento. Los lunes y miércoles en la sala de Gimnasia y los jueves en la sala de Lucha, exceptuando los períodos festivos en los que la Facultad permanecía cerrada. La valoración de Fuerza y Flexibilidad se efectuó en el Gimnasio que cedió el Colegio Mayor Universitario "San Isidoro" en horario de tarde.

*5.3.1.- Valoración de la Composición Corporal:* Se determinó entre las 7:30 y las 8:50 en el Laboratorio de Valoración de la Condición Física "VALFIS" ubicado en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Se les realizó una bioimpedancia eléctrica mediante una báscula Tanita (BC-418 MA) en condiciones estándar (en ayunas, sin ingesta de comida 8-10 horas antes, sin haber realizado ejercicio físico intenso 24 horas antes, y habiendo miccionado previamente) para medir peso corporal, porcentaje de agua corporal, masa grasa y masa libre de grasa. Posteriormente se medía la talla (tallímetro SECA, con precisión de 2mm); y con un plicómetro (Marca Harpenden, Holtain LTD) se tomaron 6 pliegues cutáneos en lado dominante (tricipital, subescapular, suprailíaco, abdominal, muslo, pierna) para estimar el porcentaje graso (fórmulas de Carter<sup>49</sup>), 3 diámetros óseos (biestiloideo radio-cubital; biespicondileo; y bicondileo) y 4 perímetros (brazo relajado y bontaido, muslo y pierna), conforme a la metodología propuesta por el Grupo Español de Cineantropometría (GREC) y la International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK)<sup>49</sup>.

*5.3.2.- Valoración de la Fuerza:* Se llevó a cabo mediante 4 pruebas.

5.3.2.1.- Cálculo de 1RM (Repetición Máxima) para medir la fuerza muscular en el miembro superior: Mediante la ejecución de un press de banca con una barra de 10 kg (barra alzamiento Salter D-30 mm L-180 cm), siguiendo el protocolo expuesto por Maud & Foster<sup>39</sup>, en el que se comienza realizando de 5 a 10 repeticiones al 40-60% de 1RM percibido. Tras 1 minuto de recuperación en el que se realizaban estiramientos, se aumentaba la carga hasta el 60-80% de 1RM percibido y se realizaban 3-5 repeticiones. Tras la consecución de las repeticiones y descansar 5 minutos se le determinaba el 1RM del sujeto aumentando el peso hasta que lograba hacer una sola repetición. Esta última fase no superaba las 5 repeticiones para que la fatiga no influyera.

5.3.2.2.- Fuerza resistencia de las extremidades superiores: Tras un descanso pasivo completo (10 minutos), cada sujeto debía iniciar la segunda prueba para que, previo cálculo del 60% de 1RM en press de banca, realizase la máxima cantidad de repeticiones posibles.

5.3.2.3.- Valoración de la fuerza-resistencia de la musculatura abdominal: Se optó por el protocolo de Gusi y Fuentes<sup>40</sup>, en donde cada sujeto se colocaba en decúbito supino con los brazos extendidos a lo largo de una colchoneta de fitness de 140x60x15 cm (Salter) con las palmas apoyadas en la misma. Cada sujeto debía realizar flexo-extensiones de tronco teniendo que superar una línea que se encontraba a 12 cm de la punta de los dedos del sujeto, marcada con tiza blanca antes de comenzar la prueba. Se contabilizaron las repeticiones que superaron la línea durante un tiempo de 30 segundos con el cronómetro de un teléfono móvil (Sony Xperia™ ZP, Sony Corporation).

5.3.2.4.- Fuerza máxima isométrica de ambos miembros superiores: Mediante dinamometría manual. A modo de calentamiento se realizaron 4 intentos para determinar la posición del dinamómetro con la que el sujeto estaba más cómodo. Tras ello se procedió al test con el brazo totalmente extendido (codo y muñeca), una abducción del hombro de unos 10° y en bipedestación (ofrece valores más altos que realizando el test desde sentado)<sup>41</sup>. Cada sujeto tenía 3 intentos con cada mano para ejercer la máxima fuerza en su posición ideal del dinamómetro, contabilizándose cuando el dinamómetro no tocaba ninguna parte del cuerpo. Entre cada intento se estableció una pausa de 1 minuto<sup>41</sup>.

5.3.3.- Valoración de la flexibilidad isquio-lumbar: Se optó por un cajón de flexibilidad por ser la que más se relaciona con la utilizada en estudios de condición física y salud<sup>43</sup>. Primero se determinó la flexibilidad por el método convencional del "sit

and reach" mediante protocolo establecido por López-Miñarro et al.<sup>42</sup>. Tras 3 intentos en los que se tienen 30 segundos de descanso activo en los que los sujetos caminan a lo largo del laboratorio, se les contabilizaba el intento con mayor puntuación en la escala. Tras 2 minutos de descanso, se procedió a la realización del "sit and reach modificado" siguiendo el protocolo establecido por López-Miñarro et al.<sup>43</sup>

#### 5.4.- Diseño experimental del programa de entrenamiento Freeletics

El programa de entrenamiento al que se adscribieron los sujetos estuvo basado en ejercicios de carácter calisténico, es decir, solo con el peso corporal del propio sujeto; y siguiendo la programación del método de entrenamiento Freeletics (© 2014 Freeletics GmbH). Las rutinas de entrenamiento tenían dos orientaciones distintas en función de cómo se combinaran los ejercicios durante cada sesión. Por un lado, las rutinas “*cardiovasculares*” (Tabla 4) con incidencia en el aumento de la frecuencia cardiaca y respiratoria, así como del VO<sub>2</sub>; y por el otro, las rutinas de “*fuerza*” orientadas hacia el desarrollo muscular y la ganancia de fuerza (Tabla 5), si bien es cierto que los ejercicios de ambos tipos de rutinas suelen presentar un carácter mixto, y rutinas de control (Tabla 6)<sup>37</sup>.

Rutina	Repeticiones	Material	Duración estimada
Aphrodite	50 B – S.U – S + 40 B – S.U – S + 30 B – S.U – S + 20 B – S.U – S + 10 B – S.U – S	NO	40 minutos
Metis	10 B – C – H.J + 25 B – C – H.J + 10 B – C – H.J	NO	10 minutos
Dione	75 J.J + 25 B + 50 L.L + 75 J.J + 50 S.U + 25 B (3 series)	NO	50 minutos
Iris	1 km Co + 100 J.J* + 90 C* + 1 km Co (*5 series)	NO	45 minutos

Tabla 4. Rutinas de ejercicios *cardiovasculares* de Freeletics, donde se incluyen en las que se especifican el número de ejercicios como: Burpees (B), Sit-ups (S.U), Squats (S), Climbers (C), High Jumps (H.J), Jumping Jacks (J.J), Leg Levers (L.L), Correr (Co).

Rutina	Repeticiones	Material	Duración estimada
Aphrodite	50 B – S.U – S + 40 B – S.U – S + 30 B – S.U – S + 20 B – S.U – S + 10 B – S.U – S	NO	40 minutos
Zeus	5 V.P + 15 P.L + 25 P.U + 35 S.U + 45 S (*4 series)	- Barra dominadas y pared	40 minutos
Hades	25 B + 15 P.L + 20 P.U + 40 S.U + 80 m Co (*3 series)	- Barra dominadas	40 minutos

Tabla 5. Rutinas de ejercicios de *fuerza* de Freeletics, donde se incluyen en las que se especifican el número de ejercicios como: Burpees (B), Sit-ups (S.U), Squats (S), Vertical Push-ups (V.P), Pull-ups (P.L), Push-ups (P.U), Correr (Co).

Ejercicio	Tiempo computado	Máximo número de repeticiones
Burpees	3 minutos (180 segundos)	Se contabilizará por parte del sujeto el número total de repeticiones realizado.
Sit-ups	2 minutos (120 segundos)	
Squats	5 minutos (300 segundos)	
Push-ups	3 minutos (180 segundos)	

Tabla 6. Rutinas de control de la progresión del entrenamiento.

Los ejercicios que componen cada rutina han de completarse a alta intensidad, y puesto que la alta velocidad de ejecución implica una serie de riesgos por una mala asimilación técnica, se detalla en el Anexo 10.2 la correcta técnica de los mismos. Asimismo, en el Anexo 10.3 se refleja el calendario de las 16 semanas programadas.

## 5.5.- Análisis de datos

Se empleó el programa estadístico SPSS® 17.0 para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, Estados Unidos) para el tratamiento de todas las variables. Dada la naturaleza de los datos, con una muestra muy pequeña inferior a 30 casos, y tras llevar a cabo la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y la prueba de Levene para la igualdad entre varianzas, se decidió aplicar pruebas no paramétricas en el análisis de los datos. Para el contraste de dos muestras relacionadas se utilizó la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon, mientras que para dos muestras independientes se usó la prueba U de Mann-Whitney. Al no seguir una distribución normal, las variables se expresaron como mediana y rango intercuartílico, siendo ésta la distancia entre el primer y el tercer cuartil, así como valor mínimo y valor máximo. El nivel de significación se fijó con un valor de  $p < 0,05$ .

## 6.- RESULTADOS

### 6.1.- Influencia en parámetros de la condición física en el grupo de entrenamiento de Freeletics

Respecto a la composición corporal, cuando se comparan los valores previos y posteriores al periodo de entrenamiento del grupo de Freeletics (Tabla 9), sólo se observan diferencias significativas ( $p < 0,015$ ) en el sumatorio de 6 pliegues cutáneos, con una reducción del 15,25%, en el porcentaje de grasa estimada por la ecuación de Carter ( $p < 0,015$ ), disminuyendo un 12,00%, y en el porcentaje muscular ( $p < 0,008$ ) con un incremento del 1,75%. No obstante, el peso corporal tiende a aumentar un 2,03%, al igual que el IMC (un 1,49%) y que el porcentaje de masa libre de grasa medida por bioimpedancia eléctrica, el cual tiende a incrementarse un 0,75%. También se observan diferencias significativas en el porcentaje de grasa estimado mediante pliegues y bioimpedanciometría, tanto en el pre como en el post-entrenamiento.

Grupo Freeletics (n=15)	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento	% diferencia	P-valor
Edad (años)	21,00 (19,00-22,00)	21,00 (19,00-22,00)	s.c.	s.c.
Talla (cm)	167,00 (158,00-175,00)	167,00 (158,00-175,00)	s.c.	s.c.
Peso (kg)	59,00 (53,00-74,00)	60,20 (53,80-73,60)	+2,03	0,061
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	21,50 (20,24-24,53)	21,82 (20,26-24,84)	+1,49	0,060
∑6 Pliegues (mm)	118,80 (96,80-147,00)	100,00 (85,00-141,00)	-15,25	<b>0,015</b>
% grasa ∑6 Pliegues	15,16 (13,03-17,90)	13,34 (11,88-17,32)	-12,00	<b>0,015</b>
% muscular <sup>a</sup>	57,02 (54,36-61,18)	58,04 (57,04-60,86)	+1,75	<b>0,008</b>
Masa Grasa (%)	20,11 (17,32-22,43)	19,72 (15,05-25,58)	-1,94	0,691
Masa Libre de Grasa (%)	79,70 (77,60-82,70)	80,30 (76,60-83,00)	+0,75	0,660

**Tabla 9. Antropometría y parámetros de composición corporal en el Grupo de entrenamiento Freeletics.** Valores expresados como mediana (1<sup>er</sup> cuartil – 3<sup>er</sup> cuartil). % diferencia: porcentaje de diferencia entre pre y post periodo de entrenamiento, s.c.: sin cambio, n: tamaño muestral, cm: centímetros, kg: kilogramos, m<sup>2</sup>: metros cuadrados, mm: milímetros.

En cuanto a las manifestaciones de la fuerza (Tabla 10), se producen cambios muy significativos tanto en la fuerza máxima en el tren superior ( $p < 0,001$ ), con

ganancias de hasta un 50,00%, como en la fuerza resistencia en el tren superior ( $p < 0,030$ ), con mejoras del 25,00%; así como en la fuerza resistencia abdominal ( $p < 0,006$ ) con incrementos significativos del 13,16%. En cambio, no se observan diferencias significativas en la fuerza isométrica manual medida con dinamometría.

Grupo Freeletics (n=15)	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento	% diferencia	P-valor
Fuerza Máxima en tren superior (kg)	36,00 (26,00-64,00)	54,00 (38,00-76,00)	+50,00	<b>0,001</b>
Fuerza Resistencia en tren superior (reps)	20,00 (18,00-26,00)	25,00 (22,00-27,00)	+25,00	<b>0,030</b>
Fuerza Resistencia abdominal (reps)	38,00 (33,00-40,00)	43,00 (31,00-48,00)	+13,16	<b>0,006</b>
Fuerza Isométrica manual (kg/N)	D 39,60 (31,20-49,20)	38,20 (28,90-49,50)	-3,54	0,394
	I 34,60 (31,80-47,10)	34,60 (27,70-49,10)	0	0,706

**Tabla 10. Manifestaciones de la fuerza en el Grupo de entrenamiento Freeletics.** Valores expresados como mediana (1<sup>er</sup> cuartil – 3<sup>er</sup> cuartil). % diferencia: porcentaje de diferencia entre pre y post periodo de entrenamiento, n: tamaño muestral, kg: kilogramos, reps: repeticiones, kg/N: kilogramos por Newton, D: mano derecha, I: mano izquierda.

En lo relativo a la flexibilidad isquio-lumbar (Tabla 11), se advierten diferencias muy significativas, con una reducción del 26,67% en el test de "sit and reach" tras el entrenamiento ( $p < 0,001$ ), mientras que si se emplea el test de "sit and reach Modificado" no se encuentran diferencias significativas ( $p < 0,478$ ).

Grupo Freeletics (n=15)	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento	% diferencia	P-valor
Flexibilidad Isquio-lumbar Normal (cm)	15,00 (9,50-19,00)	11,00 (7,00-11,00)	-26,67	<b>0,001</b>
Flexibilidad Isquio-lumbar Modificada (cm)	36,00 (32,50-39,00)	38,00 (36,00-43,00)	+5,55	0,478

**Tabla 11. Flexibilidad isquiolumbar medida en el Grupo de entrenamiento Freeletics.** Valores expresados como mediana (1<sup>er</sup> cuartil – 3<sup>er</sup> cuartil). % diferencia: porcentaje de diferencia entre pre y post periodo de entrenamiento, n: tamaño muestral, cm: centímetros.

## 6.2.- Diferencia de género en la influencia en parámetros de la condición física en el grupo de entrenamiento de Freeletics

### 5.2.1.- Influencia del entrenamiento de Freeletics en hombres

En la tabla 12 se ve reflejada la ausencia de diferencias significativas en parámetros antropométricos y de composición corporal, evaluados tanto mediante cineantropometría como por bioimpedancia eléctrica, en los 7 hombres que integran el grupo de entrenamiento de Freeletics, una vez finalizado el periodo de entrenamiento. De todos modos, sí se advierte una tendencia a la reducción en el sumatorio de 6 pliegues cutáneos (18,40%), al igual que en el porcentaje de grasa estimada por la ecuación de Carter (14,65%); mientras que aparece una ligera tendencia al aumento en el porcentaje muscular (5,18%).



Hombres Freeletics (n=7)	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento	% diferencia	P-valor
Edad (años)	21,00 (21,00-22,00)	21,00 (21,00-22,00)	s.c.	s.c.
Talla (cm)	175,00 (174,00-175,00)	175,00 (174,00-175,00)	s.c.	s.c.
Peso (kg)	74,00 (69,00-79,00)	73,60 (67,60-80,50)	-0,54	0,236
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	24,54 (22,12-26,09)	24,03 (22,16-26,39)	+2,07	0,237
∑6 Pliegues (mm)	144,00 (77,60-157,00)	117,50 (63,50-148,50)	-18,40	0,237
% grasa ∑6 Pliegues	17,61 (11,17-18,87)	15,03 (9,79-18,04)	-14,65	0,237
% muscular	57,86 (57,02-64,50)	60,86 (57,86-66,10)	+5,18	0,128
Masa Grasa (%)	19,01 (14,33-20,16)	19,15 (14,27-20,30)	+0,74	0,866
Masa Libre de Grasa (%)	80,80 (79,70-85,90)	81,00 (79,80-85,70)	+0,24	0,866

**Tabla 12. Antropometría y parámetros de composición corporal en los hombres del Grupo de entrenamiento Freeletics.** Valores expresados como mediana (1<sup>er</sup> cuartil – 3<sup>er</sup> cuartil). % diferencia: porcentaje de diferencia entre pre y post periodo de entrenamiento, s.c.: sin cambio, n: tamaño muestral, cm: centímetros, kg: kilogramos, m<sup>2</sup>: metros cuadrados, mm: milímetros.

Los 7 hombres que entrenan Freeletics (Tabla 13) muestran cambios significativos tras el entrenamiento en el tren superior tanto en fuerza máxima ( $p < 0,018$ ), con ganancias del 18,75%, como en la fuerza resistencia ( $p < 0,033$ ) con mejoras del 25,00%, al igual que en la fuerza resistencia abdominal ( $p < 0,018$ ) con mejoras significativas del 20,35%. Por el contrario, no se encuentran diferencias significativas en la fuerza isométrica manual medida con dinamometría tanto en mano derecha como izquierda.

Hombres Freeletics (n=7)	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento	% diferencia	P-valor
Fuerza Máxima en tren superior (kg)	64,00 (54,00-84,00)	76,00 (61,00-91,00)	+18,75	<b>0,018</b>
Fuerza Resistencia en tren superior (reps)	20,00 (20,00-28,00)	25,00 (22,00-29,00)	+25,00	<b>0,033</b>
Fuerza Resistencia abdominal (reps)	40,00 (34,00-44,00)	48,14 (37,00-51,00)	+20,35	<b>0,018</b>
Fuerza Isométrica en miembro Superior (kg/N)	D 49,20 (43,70-53,40) I 47,10 (40,50-50,00)	49,50 (43,60-55,50) 49,10 (41,50-53,30)	+0,61 +4,24	0,398 0,176

**Tabla 13. Manifestaciones de la fuerza en los hombres del Grupo de entrenamiento Freeletics.** Valores expresados como mediana (1<sup>er</sup> cuartil – 3<sup>er</sup> cuartil). % diferencia: porcentaje de diferencia entre pre y post periodo de entrenamiento, n: tamaño muestral, kg: kilogramos, reps: repeticiones, kg/N: kilogramos por Newton, D: mano derecha, I: mano izquierda.

La flexibilidad isquio-lumbar de los 7 hombres que entrenan Freeletics (Tabla 14) mejora significativamente un 27,27% ( $p < 0,017$ ) en el test de "sit and reach", no variando significativamente si se emplea el método "sit and reach Modificado".

Hombres Freeletics (n=7)	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento	% diferencia	P-valor
Flexibilidad Isquio-lumbar Normal (cm)	11,00 (9,00-17,00)	8,00 (7,00-13,00)	-27,27	<b>0,017</b>
Flexibilidad Isquio-lumbar Modificada (cm)	35,00 (31,00-39,00)	37,00 (36,00-40,00)	+5,71	0,611

**Tabla 14. Flexibilidad isquio-lumbar en los hombres del Grupo de entrenamiento Freeletics.** Valores expresados como mediana (1<sup>er</sup> cuartil – 3<sup>er</sup> cuartil). % diferencia: porcentaje de diferencia entre pre y post periodo de entrenamiento, n: tamaño muestral, cm: centímetros.

### 6.2.2.- Influencia del entrenamiento de Freeletics en mujeres

Las 8 mujeres del grupo de entrenamiento de Freeletics (Tabla 15) muestran en el sumatorio de 6 pliegues cutáneos mejoras significativas ( $p < 0,036$ ) con una reducción del 17,92, y en el porcentaje de grasa estimada por la ecuación de Carter ( $p < 0,036$ ) habiendo con una reducción disminución del 14,07%, así como en al igual que el

porcentaje muscular significativamente ( $p < 0,036$ ) con un incremento del 5,47%. En cambio, no existieron diferencias significativas en el sumatorio de 4 pliegues (que no incluyen ni muslo ni pierna). Además, el peso corporal tiende a aumentar un 1,21%, al igual que el porcentaje de masa libre de grasa medida por bioimpedancia eléctrica se eleva un 0,71%. Asimismo, tiende a reducirse el porcentaje de masa grasa en un 9,03%.

Mujeres Freeletics (n=8)	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento	% diferencia	P-valor
Edad (años)	20,50 (19,00-21,00)	20,50 (19,00-21,00)	s.c.	s.c.
Talla (cm)	161,00 (154,00-167,00)	161,00 (154,00-167,00)	s.c.	s.c.
Peso (kg)	53,50 (48,00-56,50)	54,15 (44,00-59,50)	+1,21	0,123
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	20,23 (18,96-20,97)	20,61 (19,53-21,47)	+1,88	0,123
∑6 Pliegues (mm)	116,65 (99,95-134,66)	95,75 (86,63-108,25)	-17,92	<b>0,036</b>
% grasa ∑6 Pliegues	21,24 (18,85-23,82)	18,25 (16,95-20,03)	-14,07	<b>0,036</b>
% muscular	54,66 (52,05-57,06)	57,65 (55,86-58,95)	+5,47	<b>0,036</b>
Masa Grasa (%)	22,26 (20,22-24,01)	20,25 (19,45-21,75)	-9,03	0,889
Masa Libre de Grasa (%)	77,85 (76,31-79,81)	78,40 (74,02-82,33)	+0,71	0,624

**Tabla 15. Antropometría y parámetros de composición corporal en las mujeres del Grupo de entrenamiento Freeletics.** Valores expresados como mediana (1<sup>er</sup> cuartil – 3<sup>er</sup> cuartil). % diferencia: porcentaje de diferencia entre pre y post periodo de entrenamiento, s.c.: sin cambio, n: tamaño muestral, cm: centímetros, kg: kilogramos, m<sup>2</sup>: metros cuadrados, mm: milímetros.

En la Tabla 16 se muestran las modificaciones en las manifestaciones de la fuerza consecuencia del entrenamiento de Freeletics en mujeres, observándose un aumento significativo del 28,94% de la fuerza máxima ( $p < 0,011$ ). Sin embargo, aparece una disminución significativa ( $p < 0,043$ ) del 10,97% en la fuerza isométrica de miembro no dominante.

Mujeres Freeletics (n=8)	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento	% diferencia	P-valor
Fuerza Máxima en tren superior (kg)	27,00 (24,50-30,00)	38,00 (35,25-42,00)	+28,94	<b>0,011</b>
Fuerza Resistencia en tren superior (reps)	20,00 (14,25-24,75)	23,50 (20,50-25,75)	+14,89	0,208
Fuerza Resistencia abdominal (reps)	36,00 (30,75-38,75)	41,00 (31,75-46,00)	+12,19	0,122
Fuerza Isométrica en miembro Superior (kg/N)	D 29,15 (48,00-56,50)	31,20 (46,78-59,50)	+7,03	0,068
	I 31,90 (28,53-32,80)	28,40 (24,48-32,73)	-10,97	<b>0,043</b>

**Tabla 16. Manifestaciones de la fuerza en las mujeres del Grupo de entrenamiento Freeletics.** Valores expresados como mediana (1<sup>er</sup> cuartil – 3<sup>er</sup> cuartil). % diferencia: porcentaje de diferencia entre pre y post periodo de entrenamiento, n: tamaño muestral, kg: kilogramos, reps: repeticiones, kg/N: kilogramos por Newton, D: mano derecha, I: mano izquierda.

La flexibilidad isquio-lumbar de las 8 mujeres que entrenan Freeletics mejora significativamente un 18,75% ( $p < 0,049$ ) en el test de "sit and reach", no existiendo diferencias significativas si se emplea el "sit and reach Modificado" (Tabla 17).

Mujeres Freeletics (n=8)	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento	% diferencia	P-valor
Flexibilidad Isquio-lumbar Normal (cm)	16,00 (13,50-22,38)	13,00 (4,00-22,25)	-18,75	<b>0,049</b>
Flexibilidad Isquio-lumbar Modificada (cm)	38,00 (29,75-51,00)	37,00 (34,13-44,75)	-2,63	0,624

**Tabla 17. Flexibilidad isquio-lumbar en las mujeres del Grupo de entrenamiento Freeletics.** Valores expresados como mediana (1<sup>er</sup> cuartil – 3<sup>er</sup> cuartil). % diferencia: porcentaje de diferencia entre pre y post periodo de entrenamiento, n: tamaño muestral, cm: centímetros.

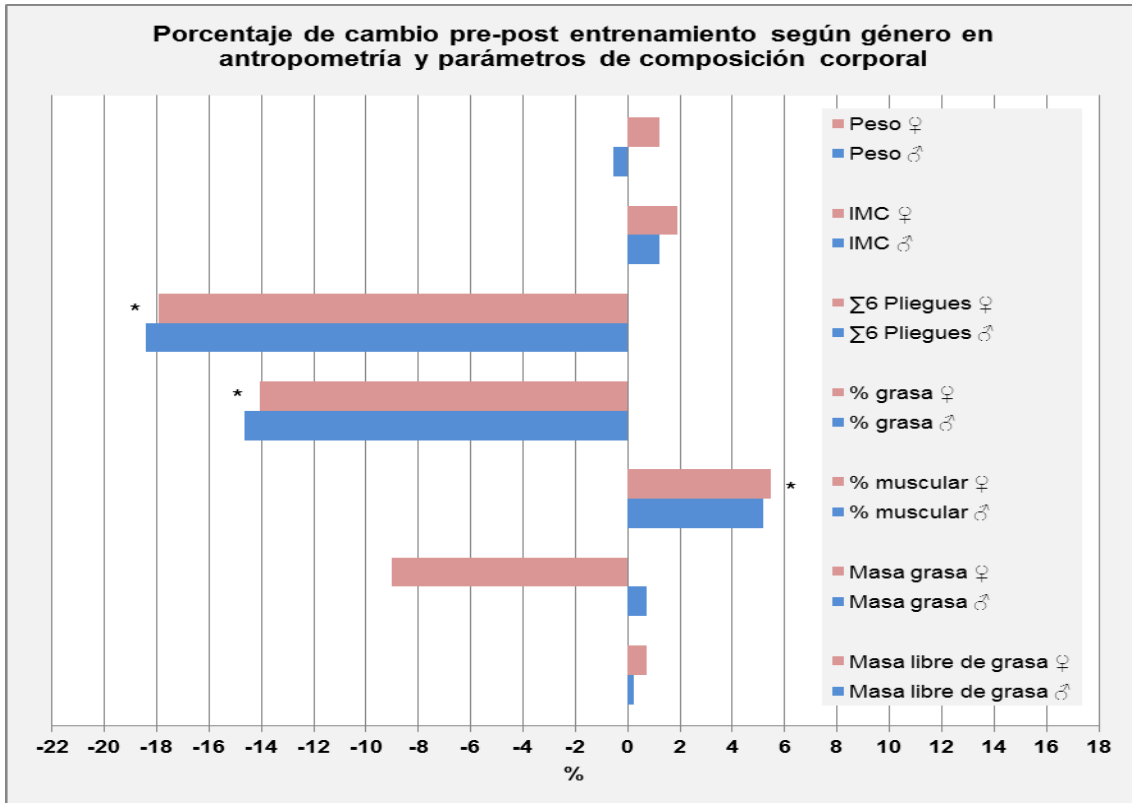
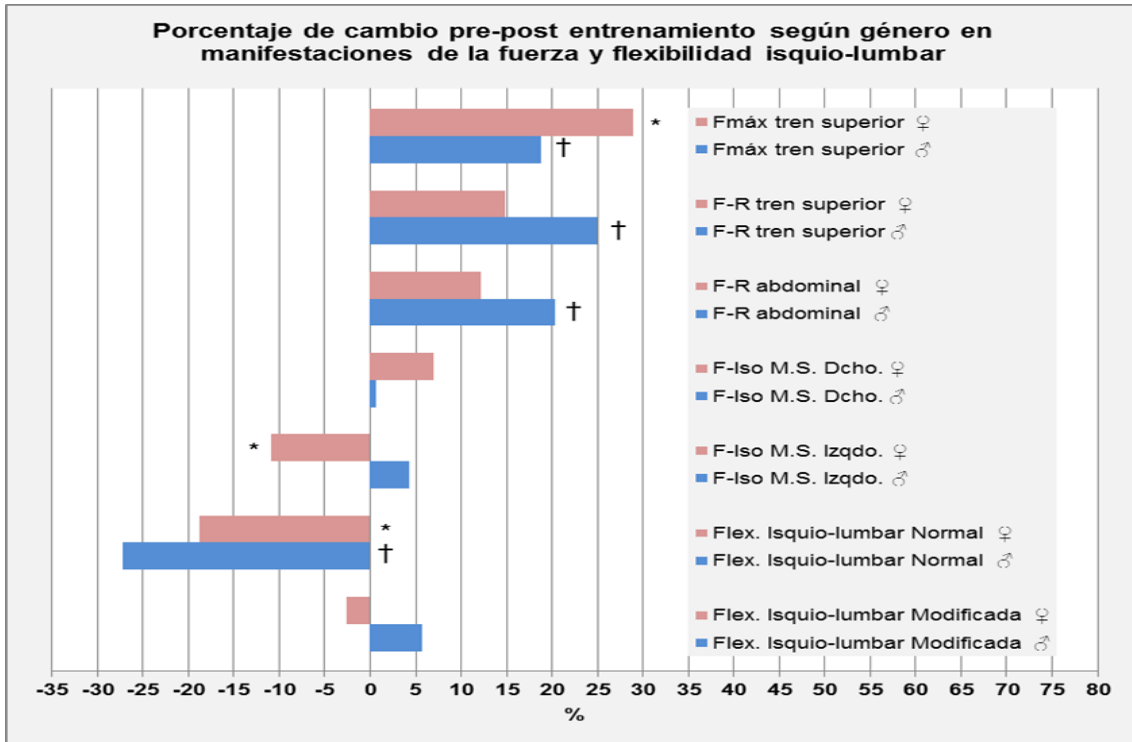


Figura 2. Diferencias de género en los porcentajes de cambio antropométricos y de composición corporal. Valores expresados como porcentaje (%). Diferencias significativas: \* entre pre y post-entrenamiento mujeres. Nivel de significación: \* = p<0,05. ♂: hombres, ♀: mujeres, Σ: sumatorio.

En la Figura 2 se muestran gráficamente las diferencias de género en el porcentaje de cambio tras el entrenamiento de Freeletics en los parámetros antropométricos y de composición corporal. Como se expuso anteriormente, las únicas diferencias significativas se dan en mujeres, concretamente en el sumatorio de 6 pliegues cutáneos, en el porcentaje de grasa estimada por la ecuación de Carter, así como en el porcentaje muscular. La ganancia porcentual de peso y por tanto IMC es mayor también en las mujeres, al igual que ocurre con el porcentaje de masa muscular y la masa libre de grasa, cuyo incremento porcentual es más acusado en ellas. Por su parte, en los hombres es superior, porcentualmente hablando, la reducción en el sumatorio de 6 pliegues cutáneos y en el porcentaje de grasa. En cuanto a la masa grasa, en las mujeres existe una disminución porcentual, mientras que en los hombres aumenta ligeramente.



**Figura 3. Diferencias de Género en los porcentajes de cambio en manifestaciones de la fuerza y flexibilidad isquio-lumbar.** Valores expresados como porcentaje (%). Diferencias significativas: \* entre pre y post-entrenamiento mujeres, † entre pre y post-entrenamiento hombres. Nivel de significación: \* =  $p < 0,05$ . ♂: hombres, ♀: mujeres, Fmáx: fuerza máxima, F-R: fuerza resistencia, F-Iso: fuerza isométrica, M.S.: miembro superior, Dcho.: derecho, Izqdo: izquierdo, Flex: flexibilidad.

En la Figura 3 se muestran gráficamente las diferencias de género en el porcentaje de cambio tras el entrenamiento de Freeletics en manifestaciones de la fuerza y flexibilidad isquio-lumbar.

### 6.2.3.- Comparación de la influencia del entrenamiento de Freeletics en función del género

En la Tabla 18 no se aprecian diferencias significativas en cuanto a la edad que presentan los hombres y la de las mujeres del grupo de entrenamiento de Freeletics, pero sí, y de forma muy significativa ( $p < 0,001$ ) en su talla y peso corporal y, por lo tanto, en el IMC ( $p < 0,001$ ), siendo las mujeres un 8,00% más bajas, un 27,70% menos pesadas, y con un IMC un 17,52% menor. No presentando diferencias de género en el sumatorio de 4 pliegues cutáneos, sí se presentan significativamente ( $p < 0,015$ ) en el sumatorio de 6 pliegues y en el porcentaje de grasa estimada a partir de la ecuación de Carter, teniendo las mujeres un porcentaje de grasa un 3,63% mayor y un 3,20% menos de masa muscular, un comportamiento muy similar al observado de forma significativa ( $p < 0,015$ ) si se mide masa grasa y masa libre de grasa mediante bioimpedancia eléctrica.

Pre-entrenamiento	Hombres (n=7)	Mujeres (n=8)	% diferencia	P-valor
Edad (años)	21,00 (21,00-22,00)	20,50 (19,00-21,00)	-2,38	0,264
Talla (cm)	175,00 (174,00-180,00)	161,00 (154,75-167,00)	-8,00	<b>0,001</b>
Peso (kg)	74,00 (69,00-79,00)	53,50 (43,00-56,50)	-27,70	<b>0,001</b>
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	24,54 (22,13-26,09)	20,24 (18,96-20,98)	-17,52	<b>0,001</b>
∑6 Pliegues (mm)	144,00 (77,60-157,00)	116,65 (99,95-134,66)	-19,44	<b>0,015</b>
% grasa ∑6 Pliegues	17,61 (11,17-18,87)	21,24 (18,85-23,82)	+3,63	<b>0,015</b>
% muscular	57,86 (57,02-64,50)	54,66 (52,05-57,06)	-3,20	<b>0,015</b>
Masa Grasa (%)	19,15 (14,27-20,30)	22,27 (20,25-23,73)	+3,12	<b>0,015</b>
Masa Libre de Grasa (%)	80,80 (79,70-85,90)	77,85 (76,31-79,81)	-2,95	<b>0,015</b>

Tabla 18. Diferencias de género cineantropométricas y de composición corporal al inicio del programa de entrenamiento Freeletics. Valores expresados como mediana (1<sup>er</sup> cuartil – 3<sup>er</sup> cuartil). % diferencia: porcentaje de diferencia entre hombres y mujeres previo al periodo de entrenamiento. n: tamaño muestral, cm: centímetros, kg: kilogramos, m<sup>2</sup>: metros cuadrados, mm: milímetros.

Tras el programa Freeletics las diferencias de género persisten iguales (Tabla 19), si bien se ha reducido en un 0,51% la diferencia en la masa grasa de las mujeres respecto a los hombres, y ha dejado de ser significativa en ellas la diferencia en la masa libre de grasa, aunque su reducción en un 0,35% respecto a los hombres puede mostrar la mayor ganancia de masa muscular tras el entrenamiento en las mujeres.

Post-entrenamiento	Hombres (n=7)	Mujeres (n=8)	% diferencia	P-valor
Edad (años)	21,00 (21,00-22,00)	20,50 (19,00-21,00)	-2,38	0,264
Talla (cm)	175,00 (174,00-180,00)	161,00 (154,75-167,00)	-8,00	<b>0,001</b>
Peso (kg)	73,60 (70,50-80,50)	54,15 (46,78-59,60)	-26,44	<b>0,001</b>
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	24,85 (22,32-26,39)	20,61 (19,53-21,47)	-18,87	<b>0,001</b>
∑6 Pliegues (mm)	117,50 (63,50-148,50)	95,75 (86,63-108,25)	-18,51	0,418
% grasa ∑6 Pliegues	15,04 (9,80-18,04)	18,25 (16,95-20,03)	+3,21	<b>0,015</b>
% muscular	60,86 (57,86-66,10)	57,65 (55,86-58,95)	-3,21	0,105
Masa Grasa (%)	19,01 (14,33-20,16)	21,62 (17,71-25,99)	+2,61	<b>0,003</b>
Masa Libre de Grasa (%)	81,00 (79,80-85,70)	78,40 (74,02-82,33)	-2,60	0,064

Tabla 19. Diferencias de género cineantropométricas y de composición corporal tras el programa de entrenamiento Freeletics. Valores expresados como mediana (1<sup>er</sup> cuartil – 3<sup>er</sup> cuartil). % diferencia: porcentaje de diferencia entre hombres y mujeres posterior al periodo de entrenamiento. n: tamaño muestral, cm: centímetros, kg: kilogramos, m<sup>2</sup>: metros cuadrados, mm: milímetros.

Las diferencias de género al inicio del programa de entrenamiento se manifiestan de forma muy significativa ( $p < 0,001$ ) en la fuerza máxima en tren superior, que es un 57,81% menor en mujeres, al igual que ocurre con la fuerza isométrica en miembro superior tanto en dinamometría de mano derecha como izquierda, que son un 36,58% y un 32,27% respectivamente menores en mujeres (Tabla 20). En cambio no se observan diferencias significativas de género en la fuerza resistencia ya sea en tren superior como abdominal.

Pre-entrenamiento	Hombres (n=7)	Mujeres (n=8)	% diferencia	P-valor
Fuerza Máxima en tren superior (kg)	64,00 (54,00-84,00)	27,00 (24,50-30,00)	-57,81	<b>0,001</b>
Fuerza Resistencia en tren superior (reps)	20,00 (20,00-28,00)	20,00 (14,50-24,75)	0	0,237
Fuerza Resistencia abdominal (reps)	40,00 (34,00-44,00)	36,00 (30,75-38,75)	-10,00	0,117
Fuerza Isométrica en miembro superior (kg/N)	D 49,20 (43,70-53,40) I 47,10 (40,50-50,00)	31,20 (27,38-36,80) 31,90 (28,53-32,80)	-36,58 -32,27	<b>0,001</b> <b>0,001</b>

Tabla 20. Diferencias de género en la fuerza al inicio del programa de entrenamiento Freeletics. Valores expresados como mediana (1<sup>er</sup> cuartil – 3<sup>er</sup> cuartil). % diferencia: porcentaje de diferencia entre hombres y mujeres previo al periodo de entrenamiento, n: tamaño muestral, kg: kilogramos, reps: repeticiones, kg/N: kilogramos por Newton, D: mano derecha, I: mano izquierda.

Tras el programa Freeletics las diferencias de género persisten igualmente (Tabla 21), si bien ha disminuido en un 7,81% la diferencia en fuerza máxima del tren superior entre hombres y mujeres respecto al inicio del entrenamiento. Por su lado, la diferencia en los valores de fuerza isométrica del miembro superior de mano derecha e izquierda entre hombres y mujeres se acentúa en un 4,53% y 9,89% respectivamente respecto a la evaluación inicial. Finalmente, las diferencias en la fuerza resistencia continúan siendo no significativas.

Post-entrenamiento	Hombres (n=7)	Mujeres (n=8)	% diferencia	P-valor
Fuerza Máxima en tren superior (kg)	76,00 (61,00-91,00)	38,00 (35,25-42,00)	-50,00	<b>0,001</b>
Fuerza Resistencia en tren superior (reps)	25,00 (25,00-29,00)	23,50 (20,50-25,75)	-6,00	0,160
Fuerza Resistencia abdominal (reps)	48,00 (39,00-51,00)	41,00 (31,75-46,00)	-14,58	0,092
Fuerza Isométrica en miembro superior (kg/N)	D 49,50 (43,90-55,00)	29,15 (26,40-33,15)	-41,11	<b>0,001</b>
	I 49,10 (41,50-53,30)	28,40 (24,48-32,73)	-42,16	<b>0,001</b>

**Tabla 21. Diferencias de género en la fuerza tras el programa de entrenamiento Freeletics.** Valores expresados como mediana (1<sup>er</sup> cuartil – 3<sup>er</sup> cuartil). % diferencia: porcentaje de diferencia entre hombres y mujeres posterior al periodo de entrenamiento, n: tamaño muestral, kg: kilogramos, reps: repeticiones, kg/N: kilogramos por Newton, D: mano derecha, I: mano izquierda.

Respecto a la flexibilidad isquio-lumbar no se observan diferencias de género significativas al inicio (Tabla 22), aunque existe una tendencia por la cual las mujeres presentan mejores niveles de flexibilidad que los hombres, un 31,25% concretamente, en el test de “sit and reach”; diferencia claramente atenuada si se atiende al test de “sit and reach modificado”.

Pre-entrenamiento	Hombres (n=7)	Mujeres (n=8)	% diferencia	P-valor
Flexibilidad Isquio-lumbar Normal (cm)	11,00 (9,00-17,00)	16,00 (13,50-22,38)	+31,25	0,147
Flexibilidad Isquio-lumbar Modificada (cm)	35,00 (31,00-39,00)	37,00 (34,13-44,75)	+5,41	0,487

**Tabla 22. Diferencias de género en la flexibilidad isquio-lumbar al inicio del programa de entrenamiento Freeletics.** Valores expresados como mediana (1<sup>er</sup> cuartil – 3<sup>er</sup> cuartil). % diferencia: porcentaje de diferencia entre hombres y mujeres previo al periodo de entrenamiento, n: tamaño muestral, cm: centímetros.

Tras el programa de entrenamiento (Tabla 23), siguen sin existir diferencias de género significativas con los dos test empleados, si bien aparece una tendencia en ambos sexos por la que los valores de flexibilidad isquiolumbar se ven reducidos en el test de “sit and reach”, aumentando a su vez la tendencia por la que los valores de las mujeres son superiores a los de los hombres, en este caso, la diferencia a favor de las primeras es de un 38,46%. En el test “sit and reach modificado” apenas se pueden notificar cambios respecto al inicio del programa, y la diferencia en los valores alcanzados por hombres y mujeres es mínima.

Post-entrenamiento	Hombres (n=7)	Mujeres (n=8)	% diferencia	P-valor
Flexibilidad Isquio-lumbar Normal (cm)	8,00 (7,00-13,00)	13,00 (8,75-22,25)	+38,46	0,118
Flexibilidad Isquio-lumbar Modificada (cm)	37,00 (36,00-40,00)	38,00 (29,75-51,00)	+2,63	0,415

**Tabla 23. Diferencias de género en la flexibilidad isquio-lumbar tras el programa de entrenamiento Freeletics.** Valores expresados como mediana (1<sup>er</sup> cuartil – 3<sup>er</sup> cuartil). % diferencia: porcentaje de diferencia entre hombres y mujeres posterior al periodo de entrenamiento, n: tamaño muestral, cm: centímetros.

## 7.- DISCUSIÓN

En el presente estudio, tras completar el programa de entrenamiento Freeletics de tan sólo 16 semanas, se observaron cambios en la composición corporal, de manera que estos fueron significativos en el caso del sumatorio de 6 pliegues cutáneos, así como en la estimación del porcentaje graso cuando se aplica la fórmula de Carter et al.<sup>45</sup>. Nuestros resultados concuerdan con los descritos recientemente por Smith et al.<sup>9</sup> que tras 10 semanas de entrenamiento de CrossFit (HIPT) de bases similares a las nuestras, donde reportaron disminuciones de un 3,70% en el porcentaje graso de los sujetos. Los cambios que ocurren en la composición corporal podrían explicarse por la mayor sollicitación de ácidos grasos promovidos por los entrenamientos basados en HIT<sup>19</sup>, así como en el gasto calórico. En cuanto al perfil antropométrico, el peso corporal no se modificó de forma significativa porque el modelo dietético no fue controlado y además, el volumen de entrenamiento no fue muy alto<sup>46</sup>.

En cuanto a las manifestaciones de la fuerza, se produjeron mejoras significativas en la fuerza máxima y fuerza resistencia en el tren superior y en zona abdominal, no apareciendo mejoras significativas en la fuerza isométrica del miembro superior, exceptuando en la mano izquierda en las mujeres. Estos resultados son similares a la revisión sistemática y meta-análisis realizados por Roig et al.<sup>47</sup>, donde explican que tanto las contracciones de carácter excéntrico como concéntrico dan lugar a incrementos de fuerza, lo que podría explicar a su vez que los movimientos auxotónicos incluidos en las sesiones de Freeletics den lugar a tales mejoras. Asimismo, en un estudio conducido por Dorgo et al.<sup>48</sup> se desarrolló un entrenamiento de 18 semanas en un grupo de adolescentes que realizaban 10-14 repeticiones de 3-4 ejercicios con diferentes materiales (balón medicinal, bandas elásticas, soga...), con un breve descanso de 20 a 30 segundos entre cada ejercicio. Al finalizar el entrenamiento experimentaron mejoras en la fuerza resistencia en el tren superior de un 30% respecto al inicio, obteniéndose por tanto, mejoras similares a nuestro estudio, donde los 15 practicantes de Freeletics experimentaron mejoras de hasta un 25%, aunque cabe matizar que la metodología del test difería en ambos estudios. Nuestras mejoras en este parámetro pudieran venir dadas por el tipo de ejercicios (push-up y burpee) incluidos en el programa Freeletics, que pueden ofrecer una transferencia importante dada la similitud del movimiento ejecutado<sup>49</sup>. Muy recientemente, Mayorga-Vega et al.<sup>50</sup> pusieron en práctica un entrenamiento en circuito en el que se habían de llevar a cabo 8 ejercicios. Transcurridas las 8 semanas de entrenamiento se produjo un 13,40% de mejora en la prueba de encorvadas, resultados similares a los que nos encontramos gracias al entrenamiento de Freeletics (13,16%). De todos modos, hay que tener en

cuenta que nuestro periodo de entrenamiento duró 8 semanas más que el suyo, de forma que el porcentaje de mejora podría haber sido superior. No obstante, el hecho de que no aumente más podría deberse al menor rango de movimiento de la prueba en comparación con los abdominales que se proponen en Freeletics (sit-ups). Estos mismos autores<sup>48</sup> encontraron también mejoras de un 83% en el tren superior al finalizar su entrenamiento, frente al 50% de mejora en el tren superior experimentado por nuestro grupo de Freeletics. Sin embargo, esta diferencia en el porcentaje de mejora quizás está influida por la metodología de evaluación, ya que el grupo muscular evaluado era distinto.

Por otra parte, el establecimiento de sesiones de entrenamiento con una frecuencia de 3 veces por semana, incluyendo ejercicios que incidían sobre la fuerza-resistencia, ha podido ser suficiente estímulo para las mejoras significativas conseguidas en las pruebas que evaluaban dicho componente de la condición física. No en vano, coincidimos con la frecuencia de sesiones de entrenamiento semanales seguida por McCarthy et al.<sup>52</sup>, los cuales demostraron que las ganancias de fuerza producidas por un entrenamiento concurrente (que incluya fuerza y resistencia) han de ser a frecuencias semanales iguales o menores a 3 días.

En lo concerniente a la flexibilidad, se llevaron a cabo dos pruebas, "sit and reach" y "sit and reach modificado", presentando una fiabilidad más alta la primera de ellas para predecir la flexibilidad<sup>43</sup>. Si atendemos por tanto a la prueba de "sit and reach", se observa tras el periodo de entrenamiento de Freeletics que la evaluación de la flexibilidad ha ofrecido valores un 26,67% más bajos que al inicio. Puesto que la programación de Freeletics incluía una orientación basada en mejoras de fuerza y cardiovascular, sin atención al trabajo de flexibilidad isquio-lumbar, podemos entender que la flexibilidad no mejore o incluso empeore<sup>51</sup>.

Cuando se comparan los valores de fuerza según el género, los valores previos al entrenamiento y los posteriores resultan más bajos en las mujeres en todas las pruebas exceptuando en la fuerza resistencia abdominal. Esto coincide con el estudio de Yanovich et al.<sup>8</sup>, los cuales evaluaron las diferencias de género en la aptitud física antes y después de 4 meses de entrenamiento básico en las Fuerzas de Defensa de Israel, encontrando grandes diferencias a favor de los hombres en la aptitud física al inicio del entrenamiento. En nuestra investigación, las diferencias previas al entrenamiento en la fuerza máxima en tren superior (57,81%) se vieron paliadas en un 7,81% a la conclusión del periodo de entrenamiento. Esto quizás pueda deberse a la mayor adherencia de las mujeres al entrenamiento durante los 5 meses y a los bajos



niveles de fuerza máxima en el tren superior de estas, puesto que la fuerza en hombres era (mediana y rango intercuartílico) de 64 kg (54 a 84 kg) y en mujeres tan solo 27 kg (24,50 a 30 kg). Por el contrario, cabe matizar que Yanovich et al.<sup>8</sup> hallaron mayores diferencias de género en los valores post-entrenamiento de fuerza del tren superior; quizás porque su entrenamiento no constaba únicamente de ejercicios calisténicos. A su vez, cuando se compara la flexibilidad isquio-lumbar en función del género, las mujeres alcanzaron valores más altos que los hombres (31,25%) tanto en las pruebas previas al periodo de entrenamiento de Freeletics (en hombres 11 cm (9 a 17 cm) y en mujeres 16 cm (13,50 a 22,38 cm)), como en las posteriores (38,46%, con valores en hombres de 8 cm (7 a 13 cm) y en mujeres de 13 cm (8,75 a 22,25 cm)), aplicando la prueba de “sit and reach”; lo que coincide con estudios que han comparado la flexibilidad en ambos géneros<sup>53,54</sup>.

Las principales limitaciones durante el desarrollo del estudio guardan relación con las instalaciones. Aunque los lunes y miércoles se disponía de la sala de Gimnasia y los jueves de la sala de Lucha, a veces la planificación de las sesiones de Freeletics incluía series de dominadas en algún jueves, por lo que el grupo debía alterar la rutina de ese día ante la ausencia de una barra de dominadas en la sala de Lucha, o bien trasladarse puntualmente al Gimnasio de la Facultad. Por si fuera poco, algunos días las salas asignadas para llevar a cabo el entrenamiento de Freeletics estaban ocupadas, lo que retrasaba el inicio de la sesión u obligaba a restringir el espacio y equipamientos disponibles. Asimismo, las rutinas que demandaban un mayor tiempo de ejercicio no podían ser completadas puesto que algunos sujetos llegaban tarde, al estar ocupados con clases hasta las 19.00. Otra limitación importante fue la falta de material específico para valorar la fuerza en el tren inferior, por lo que se intentó realizar una prueba de 1RM en sentadilla con peso libre, que se terminó descartando por la aparición de riesgos no controlados y la carencia de técnica de los sujetos.

**Futuros trabajos:** En futuros Trabajos Fin de Máster y Doctorado, cabe destacar la necesidad de corroborar si este entrenamiento de alta intensidad conlleva, al igual que otros ya mencionados, además de mejoras comprobadas de la fuerza, mejoras de la condición física cardiorrespiratoria reflejada en el Consumo de Oxígeno ( $VO_2$ )<sup>24,28-30</sup>; así como una valoración de parámetros de la fuerza que incluya una batería más amplia de pruebas, como sería el caso de test seguros que valoraran la fuerza en el tren inferior. Por último, sería interesante determinar si los efectos del desentrenamiento son similares a los encontrados por Marles et al.<sup>26</sup> en su trabajo con hombres jóvenes sedentarios, donde una vez finalizado el entrenamiento HIT, la capacidad aeróbica regresaba a los valores pre-entreno en 6 semanas.

## 8.- CONCLUSIONES

Primera: La revisión bibliográfica revela que el entrenamiento interválico de alta intensidad ocasiona en deportistas de élite mejoras superiores al entrenamiento tradicional tanto músculo-esqueléticas como cardiovasculares, y en el tiempo hasta la extenuación. También pueden beneficiarse sedentarios e incluso personas con problemas de salud, como diabetes o cáncer.

Segunda: Un programa de entrenamiento de 16 semanas de Freeletics (© 2014 Freeletics GmbH) en jóvenes universitarios sedentarios basado en ejercicios calisténicos realizados a alta intensidad, aunque no induce cambios en el peso corporal, si reduce significativamente un 15% el sumatorio de 6 pliegues o el 12% el porcentaje de grasa, e incrementa un 1,75% el porcentaje muscular, si bien esto sólo se manifiesta significativamente en las mujeres.

Tercera: Dicho programa de entrenamiento produce cambios en la condición física con mejoras significativas del 50% en la fuerza máxima, del 25% en la fuerza resistencia del tren superior, y del 13,16% en la fuerza resistencia abdominal aunque con reducción significativa de la flexibilidad isquio-lumbar

Cuarta: Las Diferencias de género significativas previas al entrenamiento tanto en la composición corporal (7% en la talla; 27,7% peso corporal; 19% sumatorio 6 pliegues; 3,6% porcentaje de grasa; 3,20% porcentaje muscular) como en la fuerza (57,8% en fuerza máxima y 36,6% en fuerza isométrica) persistieron tras dicho programa, si bien se redujeron cuando mejoraron tras el programa de entrenamiento, dejando de ser significativas en mujeres el sumatorio de 6 pliegues y porcentaje muscular, y atenuándose en mujeres la diferencia en un 10% la fuerza máxima y un 9% la flexibilidad, al tiempo que se incrementaron en torno al 10% las diferencias en hombres en fuerza resistencia.

## 9.- BIBLIOGRAFÍA

1. Sallis JF, Proschaska JJ, Taylor WC. A review of correlates of physical activity of children and adolescents. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2000;32(5):963-75.
2. Beltrán-Carrillo VJ, Devís-Devís J, Peiró-Velert C. Actividad física y sedentarismo en adolescentes de la comunidad valenciana. *Rev. Int. Med. Cienc. Act. Fís. Deporte.* 2012;12(45):123-37.
3. Lakka TA, Laaksonen DE. Physical activity in prevention and treatment of the metabolic syndrome [Resumen]. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2007;32(1):76-88.
4. Vouri I. Physical inactivity is a cause and physical activity is a remedy for major public health problems. *Kinesiology.* 2004;36(2):123-53.
5. World Health Organization. Health and Development Through Physical Activity and Sport [Internet]. Suiza: WHO; 2004 [consultado 27 de noviembre 2013]. Disponible en: [WHO/NMH/NPH/PAH/03.2](http://www.who.int/nmh/nph/pah/03.2)
6. Nelson ME, Rejeski WJ, Blair SN, Duncan PW, Judge JO, King AC, Macera CA, Castaneda-Sceppa C. Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(8):1435-45.
7. Reichert FF, Aluísio BJ, Domingues MR, Hallal PC. The role of perceived personal barriers to engagement in leisure-time physical activity. *Am J Public Health.* 2007;97(3):515–9.
8. Yanovich R, Rachel E, Israeli E, Constantini N, Sharvit N, Merkel D, et al. Differences in physical fitness of male and female recruits in gender-integrated army basic training. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2008;40(118):654-69.
9. Smith MM, Sommer AJ, Starkoff BE, Devor ST. Crossfit-based high-intensity power training improves maximal aerobic fitness and body composition. *J. Strength Cond Res.* 2013;27(11):3159–72.
10. Caspersen CJ, Powell KE, Christenson M. Physical activity, Exercise, and Physical Fitness: Definitions and Distinctions for Health-Related Research. *Public Health Rep.* 1985;100(2):126-31.
11. Organización Mundial de la Salud. Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud. Suiza: OMS; 2010.
12. Booth FW, Chakravarthy MV, Gordon SE, Spangenburg EE. Waging war on physical inactivity: using modern molecular ammunition against an ancient enemy. *J Appl Physiol.* 2002;93(1):3-30.

13. Instituto Nacional de Estadística. Sedentarismo por grupos de edad y sexo [Página principal en Internet]. Madrid: Instituto Nacional de Estadística, 2012 [consultado el 5 enero 2014]. Disponible en: <http://www.ine.es/jaxi/tabla.do>.
14. Salazar CM, Feu S, Vizueté M, de la Cruz-Sánchez, E. IMC y actividad física de los estudiantes de la Universidad de Colima. Rev. Int. Med. Cienc. Act. Fís. Deporte. 2011;13(51):569-84.
15. Babraj JA, Volvaard NB, Keast C, Guppy MF, Cottrell G, Timmons JA. Extremely short duration high intensity interval training substantially improves insulin action in young healthy males. BMC Endoc Disord. 2009;9(3).
16. Álvarez C, Ramírez R, Flores M, Zúñiga C, Celis-Morales CA. Efectos del ejercicio físico de alta intensidad y sobrecarga en parámetros de salud metabólica en mujeres sedentarias, pre-diabéticas con sobrepeso u obesidad. Rev Med Chile. 2012;140(10):1289-96.
17. Thompson WR. Worldwide survey of fitness trends for 2014. ACSMs Health Fit J. 2013;17(6):10-20.
18. Laursen PB, Jenkins DG. The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. Sports Med. 2002;32(1):53-73.
19. Gibala MJ, Little JP, MacDonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. J Physiol. 2012;590(5):1077-84.
20. Tschakert G, Hofmann P. High-intensity intermittent exercise: methodological and physiological aspects. Int J Sports Physiol Perform. 2013;8(6):600-10.
21. Weston M, Taylor KL, Batterham AM, Hopkins WG. Effects of Low-Volume High-Intensity Interval Training (HIT) on Fitness in Adults: A Meta-Analysis of Controlled and Non-Controlled Trials. Sports Med. 2014;44(7):1005-17.
22. Hawley JA, Myburgh KH, Noakes TD, Dennis SC. Training techniques to improve fatigue resistance and enhance endurance performance [Resumen]. J Sports Sci. 1997;15(3):325-33.
23. Sloth M, Sloth D, Overgaard K, Dalgas U. Effects of sprint interval training on VO<sub>2</sub>max and aerobic exercise performance: A systematic review and meta-analysis. Scand J Med Sci Sports. 2013;23(6):e341-52.
24. Tjønnå AE, Stølen TO, Bye A, Volden M, Slørdahl SA, Odegård R, et al. Aerobic interval training reduces cardiovascular risk factors more than a multitreatment approach in overweight adolescents. Clin Sci (Lond). 2009;116(4):317-26.

25. Gibala MJ, McGee SL. Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain? [Resumen]. *Exerc Sport Sci Rev.* 2008;36(2):58-63.
26. Marles A, Legrand R, Blondel N, Mucci P, Betbeder D, Prieur F. Effect of high-intensity interval training and detraining on extra VO<sub>2</sub> and on the VO<sub>2</sub> slow component. *Eur J Appl Physiol.* 2007;99(6):633-40.
27. Stepto NK, Martin DT, Fallon KE, Hawley JA. Metabolic demands of intense aerobic interval training in competitive cyclists [Resumen]. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(2):303-10.
28. Edge J, Bishop D, Goodman C, Dawson B. Effects of high- and moderate-intensity training on metabolism and repeated sprints [Resumen]. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37(11):1975-82.
29. Helgerud J, Høydal K, Wang E, Karlsen T, Berg P, Bjerkaas M, et al. Aerobic high-intensity intervals improve VO<sub>2</sub>max more than moderate training. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(4):665-71.
30. Bayati M, Farzad B, Gharakhanlou R, Agha-Alinejad H. A Practical Model of Low-Volume High-Intensity Interval Training Induces Performance and Metabolic Adaptations That Resemble 'All-Out' Sprint Interval Training. *J Sports Sci Med.* 2011;10(3):571-6.
31. Trilk JL, Singhal A, Bigelman KA, Cureton KJ. Effect of sprint interval training on circulatory function during exercise in sedentary, overweight/obese women. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111(8):1591-7.
32. Tew GA, Weston M, Kothmann E, Batterham AM, Gray J, Kerr K, et al. High-intensity interval exercise training before abdominal aortic aneurysm repair (HIT-AAA): protocol for a randomised controlled feasibility trial [Resumen]. *BMJ Open.* 2014;4(1).
33. Askim T, Dahl AE, Aamot IL, Hokstad A, Helbostad J, Indredavik B. High-Intensity Aerobic Interval Training for Patients 3-9 Months After Stroke [Resumen]. A Feasibility Study. *Physiother Res Int.* 2013 Dic 4. De próxima aparición 2014. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24375978>
34. Thijs KM, de Boer AG, Vreugdenhil G, van de Wouw AJ, Houterman S, Schep G. Rehabilitation using high-intensity physical training and long-term return-to-work in cancer survivors [Resumen]. *J Occup Rehabil.* 2012;22(2):220-9.
35. Glassman G. The CrossFit training guide [Internet]. CrossFit, Inc.; 2011 [consultado 23 enero 2014]. Disponible en: <http://journal.crossfit.com/2010/09/level-1-training-guidespanish.tpl>

36. Heredia JR, Ramon M, Chulvi I. Entrenamiento funcional: revisión y replanteamientos. efdeportes [Revista digital]. 2006 [consultado 2 febrero 2014];11(98). Disponible en: <http://www.efdeportes.com/efd98/efunc.htm>
37. Freeletics [Página Principal en Internet]. Alemania: Freeletics GmbH; c2014 [actualizada marzo 2014; consultado 20 de junio 2014]. Disponible en: <https://www.freeletics.com/es>
38. Epstein LH, Wing RR, Koeske R, Valoski A. A comparison of lifestyle exercise, aerobic exercise, and calisthenics on weight loss in obese children. Behav Ther. 1985;16(4):345-56.
39. Maud PJ, Foster C. Physiological Assessment of Human Fitness [Libro digital]. 2ª ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2006. p. 127-31. [Consultado 1 de julio 2014]. Disponible en: [http://books.google.es/books/about/Physiological\\_Assessment\\_of\\_Human\\_Fitnes.html?id=rtTokQPt9rIC&redir\\_esc=y](http://books.google.es/books/about/Physiological_Assessment_of_Human_Fitnes.html?id=rtTokQPt9rIC&redir_esc=y)
40. Gusi N, Fuentes JP. Análisis de la influencia del ritmo de ejecución en el trabajo de fuerza-resistencia abdominal: encorvadas. Apunts. Educ. Fís. Deportes. 1999;58:58-61.
41. España-Romero V, Ortega FB, Vicente-Rodríguez G, Artero EG, Rey JP, Ruiz JR. Elbow position affects handgrip strength in adolescents: validity and reliability of Jamar, DynEx, and TTK dynamometers. J Strength Cond Res. 2010;24(1):272-7.
42. López-Miñarro PA, Sainz de Baranda P, Yuste JL, Rodríguez PL. Validez del test sit and reach unilateral como criterio de extensibilidad isquiosural. Comparación con otros protocolos. CCD. 2008;3(8):87-92.
43. López-Miñarro PA, Alacid F, Muyor JM, López FJ. Validez del test sit and reach modificado como criterio de extensibilidad isquiosural en adultos jóvenes. Kronos. 2010;17:39-46.
44. Doan BK1, Newton RU, Marsit JL, Triplett-McBride NT, Koziris LP, Fry AC, et al. Effects of increased eccentric loading on bench press 1RM. J Strength Cond Res. 2002;16(1):9-13.
45. Alvero JR, Cabañas MD, Herrero A, Martínez L, Moreno C, Porta J, et al. Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo. Documento de consenso del Grupo Español de Cineantropometría (GREC) de la Federación Española de Medicina del Deporte (FEMEDE). Versión 2010. Arch. med. Deporte. 2010;27(139):330-4.

46. Swift DL, Johannsen NM, Lavie CJ, Earnest CP, Church TS. The role of exercise and physical activity in weight loss and maintenance. *Prog Cardiovasc Dis.* 2014;56(4):441-7.
47. Roig M, O'Brien K, Kirk G, Murray R, McKinnon P, Shadgan B, et al. The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2009;43(8):556-68.
48. Dorgo S, King GA, Candelaria N, Bader JO, Brickey GD, Adams CE. The effects of manual resistance training on fitness in adolescents. *J Strength Cond Res.* 2009;23(8):2287-94.
49. Calatayud J, Borreani S, Colado JC, Martin F, Tella V, Andersen LL. Bench press and push-up at comparable levels of muscle activity results in similar strength gains. *J Strength Cond Res.* 2014 Jun 30. De próxima publicación. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24983847>
50. Mayorga-Vega D, Viciano J, Cocca A. Effects of a circuit training program on muscular and cardiovascular endurance and their maintenance in schoolchildren. *J Human Kinet.* 2013;37:153-60.
51. Girouard CK, Hurley BF. Does strength training inhibit gains in range of motion from flexibility training in older adults?. *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27(10):1444-9.
52. McCarthy JP, Pozniak MA, Agre JC. Neuromuscular adaptations to concurrent strength and endurance training. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(3):511-9.
53. Ortega FB, Artero EG, Ruiz JR, Vicente-Rodriguez G, Bergman P, Hagströmer M, et al. Reliability of health-related physical fitness tests in European adolescents. The HELENA Study. *Int J Obes (Lond).* 2008;32 Suppl 5:S49-57.
54. Tsolakis C, Bogdanis GC. Acute effects of two different warm-up protocols on flexibility and lower limb explosive performance in male and female high level athletes. *J Sports Sci Med.* 2012 1;11(4):669-75.

## 10.- ANEXOS

### 10.1.- Recomendaciones generales de actividad física saludable

Organización	Recomendaciones
<p>OMS<sup>11</sup></p>	<p>Los adultos de 18 a 64 años deberían acumular un mínimo de 150 minutos semanales de actividad física aeróbica moderada, o bien 75 minutos de actividad física aeróbica vigorosa cada semana, o bien una combinación equivalente de actividades moderadas y vigorosas. La actividad aeróbica se practicará en sesiones de 10 minutos de duración, como mínimo. Que, a fin de obtener aún mayores beneficios para la salud, los adultos de este grupo de edades aumenten hasta 300 minutos por semana la práctica de actividad física moderada aeróbica, o bien hasta 150 minutos semanales de actividad física intensa aeróbica, o una combinación equivalente de actividad moderada y vigorosa. Dos veces o más por semana, realicen actividades de fortalecimiento de los grandes grupos musculares.</p>
<p>American College of Sport Medicine ACSM<sup>6</sup></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <i>Ejercicio Cardiorrespiratorio</i>: los adultos deben alcanzar una suma total semanal de 150 minutos a una intensidad moderada-vigorosa: 30-60 minutos de entrenamiento de moderada intensidad 5 días/semana o 20-60 minutos de entrenamiento de vigorosa intensidad 3 días/semana. Las sesiones pueden fraccionarse en periodos superiores a 10 minutos.</li> <li>■ <i>Fortalecimiento muscular</i>: ejercicio para fortalecer los músculos. Los adultos deberían ejercitar los mayores grupos musculares con una frecuencia de 2-3 días/semana con variedad de ejercicios y equipamiento. En personas de avanzada edad, ejercicios de baja o muy baja intensidad. Para la mejora de la fuerza serían suficientes 2-4 series de cada ejercicio. Asimismo, 8-12 repeticiones para mejorar fuerza y potencia, 10-15 repeticiones para mejorar fuerza en personas que se inician y en personas mayores, y 15-20 repeticiones si se desea mejorar la fuerza-resistencia. Finalmente, descanso de 48 horas entre dos sesiones seguidas de "<i>Resistance Exercise</i>".</li> <li>■ <i>Ejercicios de flexibilidad</i>: referido a ejercicios de flexibilidad que mejoren el rango de movimiento. 2-3 días/semana con 10-30 segundos de mantenimiento del estiramiento, repitiendo 2-3 veces cada estiramiento para llegar a un total de 60 segundos. Pueden ser efectivos los estiramientos estáticos, dinámicos, balísticos y la facilitación neuromuscular propioceptiva. La flexibilidad es mucho más efectiva tras un calentamiento de ejercicio aeróbico suave o tras un baño de agua caliente para calentar los músculos.</li> <li>■ <i>Ejercicios neuromusculares</i>: ejercicios que mejoren la coordinación, estabilidad, agilidad y marcha. 20-30 minutos, 2-3 días/semana.</li> </ul>



## 10.2.- Descripción de la ejecución de los ejercicios de Freeletics

Ejercicio	Descripción	Foto
<b>Burpee</b>	La posición de partida es en bipedestación y con una apertura de piernas cercana a la anchura de caderas. Hombros, cadera y pies se encuentran alineados. El movimiento se realiza de manera que el sujeto se acuesta boca abajo en el suelo dejando las piernas extendidas hacia atrás y realizando una flexión de brazos de manera que en función de la fuerza del sujeto, puede o no tocar con el pecho en el suelo. Después te debes levantar dando un pequeño salto.	
<b>Climber (escalador)</b>	La colocación inicial es en decúbito prono apoyado en los brazos extendidos. Se debe llevar la pierna por el exterior del brazo homolateral y volver a llevarlo a la posición inicial mientras que en ese preciso momento la pierna no actuante, por medio de un pequeño salto, realiza el mismo movimiento que la anterior. Cada vez que una pierna es adelantada, se contabiliza como una repetición.	
<b>Pull-up (dominada)</b>	Necesidad de barra de dominadas. La colocación requiere de una posición de brazos superando la anchura de los hombros, siempre y cuando no suponga molestias en los hombros, por tanto se ha de buscar una posición confortable. Después se ha de elevar el cuerpo hasta que la barbilla supere la barra, contabilizando esto como una repetición.	
<b>Handstand Push-up (flexión haciendo el pino)</b>	Técnicamente es posible que sea el ejercicio más complicado. La posición inicial ya requiere de fuerza y técnica suficiente para mantener el cuerpo en posición de invertido apoyado en pared. La flexión de los brazos y el consiguiente descenso del tronco hasta intentar tocar con la cabeza en el suelo para luego volver a la posición inicial, se cuantifica como una repetición.	
<b>High Jump (salto alto)</b>	Posición de partida en bipedestación y con una apertura de piernas cercana a la anchura de caderas. Se realizan saltos en los que la rodilla debe tocar los hombros. Cada salto es una repetición.	
<b>Jumping Jack</b>	Posición de partida en bipedestación y con una apertura de piernas cercana a la anchura de caderas. La cara interna de las manos mira hacia el frente. Mientras se da un pequeño salto, las piernas se separan a la vez que los brazos se elevan en medio-extensión de antebrazo por detrás de la cabeza (que permanece erguida). La vuelta a la posición inicial cuenta como una repetición.	
<b>Leg Lever (elevación de piernas)</b>	En posición decúbito supino y con talones, caderas, hombros y cabeza tocando el suelo. Brazos colocados a lo largo del cuerpo y cara interna apoyada en el suelo. Se elevan ambas piernas en extensión hasta 90° para posteriormente volver a la posición inicial, contabilizando esto como una repetición.	
<b>Push-up (flexión de brazos)</b>	En decúbito prono con los brazos separados un poco más que la anchura de los hombros. Realizamos elevaciones completas del cuerpo mediante flexo-extensiones continuadas de brazos, manteniendo bloqueados el abdomen y la zona lumbar. Cada flexo-extensión conlleva una repetición.	
<b>Sit-up (abdominal)</b>	Sentado con las caderas en abducción y las manos tocando las punteras de los pies. Se lleva el torso, brazos y cabeza al suelo mientras abdomen y lumbares se mantienen bloqueados, para después regresar a tocar las punteras de los pies. Cada vez que se toca la puntera da lugar a una repetición.	
<b>Squat (sentadilla)</b>	Posición erguida de partida con una apertura de piernas cercana a la anchura de caderas. Hombros, cadera y pies se encuentran alineados. Las caderas descienden más que la altura de las rodillas y las rodillas no deben de superar la puntera del pie. Bloqueamos abdomen y mantenemos el pecho erguido.	

### 10.3.- Programación de 16 semanas de entrenamiento del grupo de Freeletics

El calendario de sesiones durante 16 semanas incluye las dos primeras semanas de familiarización con los ejercicios y para favorecer la asimilación técnica. El fin de semana era opcional para los que querían seguir realizando las rutinas.

	Lunes	Miércoles	Jueves	Fin de semana*
<b>Semana 1</b>	50 Burpees + 50 Sit-Ups + 50 Squats	30 Jumping Jacks + 80 Burpees + 80 Sit-Ups + 80 Squats	30 Climbers + 15 Burpees + 15 Sit-Ups + 15 Squats	
<b>Semana 2</b>	30 Climbers + 30 Jumping Jacks + APHRODITE* (*Exceptuando primera serie de 50 rep.)	APHRODITE	APHRODITE	
<b>Semana 3</b>	APHRODITE	APHRODITE	APHRODITE	APHRODITE
<b>Semana 4</b>	Push-Ups + Squats (MAX)	Push-Ups + Squats (MAX)	Push-Ups + Squats (MAX)	Push-Ups + Squats (MAX)
<b>Semana 5</b>	DIONE	DIONE	DIONE	DIONE
<b>Semana 6</b>	METIS	METIS	METIS	METIS
<b>Semana 7</b>	DIONE	Push-Ups + Squats (MAX)	APHRODITE	Push-Ups + Squats (MAX) + METIS
<b>Semana 8</b>	ZEUS	ZEUS	APHRODITE	ZEUS
<b>Semana 9</b>	DIONE	METIS + 150 Sit-Ups	ARTEMIS	APHRODITE
<b>Semana 10</b>	HADES	HADES	Sit-Ups + Squats + Burpees + Push-Ups (MAX)	ZEUS
<b>Semana 11</b>	ZEUS	HADES	DIONE	APHRODITE
<b>Semana 12</b>	ZEUS + 20 Sit-Ups en cada serie	ZEUS	ARTEMIS	ARTEMIS
<b>Semana 13</b>	HADES	Sit-Ups + Squats + Burpees + Push-Ups (MAX)	ZEUS	HADES
<b>Semana 14</b>	ZEUS	ARTEMIS	HADES	APHRODITE
<b>Semana 15</b>	ZEUS	ARTEMIS	ARTEMIS	HADES
<b>Semana 16</b>	HADES	Sit-Ups + Squats + Burpees + Push-Ups (MAX)	DIONE	Sit-Ups + Squats + Burpees + Push-Ups (MAX)