

EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO HIIT Y DE FUERZA EN LA MICROBIOTA DE HOMBRES CON OBESIDAD

**GRADO EN CIENCIAS DE LA
ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE**

**FACULTAD CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD
FÍSICA Y EL DEPORTE**



Realizado por: Daniel Royo y David Guerrero

Grupo matriculado TFG: M41

Año Académico: 2023-2024

Tutor/a: Susana Moral

Área: Diseño de un estudio experimental

Resumen:

Introducción: La obesidad es un problema de salud caracterizado por una excesiva acumulación de grasa corporal. Además, está asociada a graves problemas de salud y aumenta el riesgo de desarrollar enfermedades como la diabetes, hipertensión, cáncer y problemas cardíacos. En la última década, se ha empezado a estudiar más el funcionamiento de la microbiota y su relación con la obesidad en ratones y humanos. La microbiota intestinal está formada por diferentes tipos de microorganismos, los más comunes Firmicutes y Bacteroidetes. Estudios recientes demuestran que la composición de la microbiota puede influir en el aumento de peso, alterando la homeostasis energética del huésped y aumentando la inflamación sistémica. Los individuos obesos tienen una composición con una mayor proporción de Firmicutes y una menor cantidad de Bacteroidetes. A su vez, se observa que hay una menor variedad de bacterias en comparación a personas sanas.

Objetivo: El objetivo principal del estudio es comprobar qué tipo de entrenamiento genera mayores beneficios en la microbiota de hombres con obesidad, basándose en el cambio del ratio de las bacterias firmicutes y bacteroidetes. Uno de los objetivos secundarios tratará de observar las diferencias de variabilidad de bacterias de la microbiota en los diferentes grupos, antes y después del programa de entrenamiento.

Metodología: El tamaño muestral es de 36 hombres con obesidad, se asignarán de forma aleatoria estratificada por edad (20-35 años y 35-50) en 3 grupos de 12 personas. El grupo control solo realizará la dieta, otro grupo combinará la dieta con entrenamiento de fuerza, y el tercer grupo realizará la dieta junto con entrenamiento HIIT (High-Intensity Interval Training). El investigador principal será de la UEM por lo se utilizarán, de forma gratuita, las instalaciones de la UEM para los entrenamientos. El estudio tendrá una duración total de 49 semanas en las que se realizarán mediciones de microbiota (empresa externa) y composición corporal (DEXA), antes y después del programa de entrenamiento de 8 semanas.

Palabras clave: Obesidad, microbiota intestinal, composición bacteriana, Firmicutes, Bacteroidetes, dieta, entrenamiento fuerza, entrenamiento HIIT, composición corporal.

Summary:

Introduction: Obesity is a health issue characterized by excessive fat accumulation. It is associated with severe health problems and increases the risk of diseases such as diabetes, hypertension, cancer, and heart issues. In the past decade, there has been growing interest in studying the microbiota and its relation to obesity in mice and humans. The gut microbiota consists of various microorganisms, primarily Firmicutes and Bacteroidetes. Recent studies show that the composition of the microbiota can influence weight gain by altering the host's energy homeostasis and increasing systemic inflammation. Obese individuals tend to have a higher proportion of Firmicutes and a lower amount of Bacteroidetes, along with less bacterial diversity compared to healthy individuals.

Objective: The main goal of this study is to determine which type of training provides the most significant benefits to the microbiota of obese men, focusing on changes in the ratio of Firmicutes to Bacteroidetes. A secondary objective is to observe the differences in bacterial variability in the microbiota across different groups before and after the training program.

Methodology: The sample size is 36 obese men, randomly assigned by age (20-35 years and 35-50 years) into three groups of 12. The control group will only follow a diet, another group will combine the diet with strength training, and the third group will combine the diet with HIIT (High-Intensity Interval Training). The primary researcher is from UEM, thus UEM facilities will be used for the training sessions at no cost. The study will last a total of 49 weeks, with microbiota measurements (by an external company) and body composition (DEXA) taken before and after the 8-week training program.

Keywords: Obesity, gut microbiota, bacterial composition, Firmicutes, Bacteroidetes, diet, strength training, HIIT, body composition.

Índice:

1. Introducción.....	5
1.1 Obesidad.....	5
1.2 Epidemiología:.....	5
1.3 Factores de riesgo de la obesidad.....	5
1.4 Problemas adyacentes a la obesidad.....	6
1.5 Tratamiento de la obesidad.....	6
1.6 La Microbiota intestinal:.....	7
1.7 Papel de la microbiota en la regulación del metabolismo:.....	7
1.8 Tipo de microbiota y su influencia sobre la obesidad:.....	9
2. Justificación.....	9
3. Objetivos e hipótesis del estudio.....	10
4. Metodología.....	10
4.1 Diseño.....	10
4.2 Muestra y formación de grupos.....	10
4.3 Variables y material de medida.....	12
4.4 Procedimiento.....	14
4.5 Análisis de datos.....	21
5. Equipo investigador.....	21
6. Viabilidad del estudio.....	23
6.1 Presupuesto del estudio:.....	23
6.2 Viabilidad del estudio.....	24
6.3 Limitaciones del estudio.....	24
7. Referencias bibliográficas.....	25
8. Anexos.....	32

Índice de tablas:

Tabla 1.	
Clasificación de la obesidad según la OMS.....	5
Tabla 2.	
Tabla sobre la población bacteriana incluida en el estudios de la microbiota.....	36
Tabla 3.	
Población bacteriana patogénica incluida en el análisis.....	37
Tabla 4.	
Microorganismos no bacterianos patógenos incluidos en el análisis.....	37
Tabla 5.	
Parámetros complementarios y bioquímicos incluidos en el análisis.....	38
Tabla 6.	
Tabla de entrenamiento HIIT.....	38
Tabla 7.	
Tabla de entrenamiento de fuerza.....	39
Tabla 8.	
Cronograma de trabajo del equipo investigador y funciones.....	41
Tabla 9.	
Presupuesto total del estudio.....	43

Índice de figuras:

Figura 1.	
Cronograma de tiempo del procedimiento del estudio.....	40
Figura 2.	
Organigrama de nivel del equipo de investigación.....	43

Índice de anexos:

-Anexo 1. Cuestionario para el reclutamiento de la muestra.....	32
-Anexo 2. Consentimiento informado.....	33
-Anexo 3. Hoja de información sobre el estudio.....	34
-Anexo 4. Parámetros analizados de la microbiota por parte de VIVOLABS.....	36
-Anexo 5. Entrenamiento HIIT.....	38
-Anexo 6. Entrenamiento de fuerza.....	39
-Anexo 7. Cronograma de tiempo del estudio.....	40
-Anexo 8. Cronograma de trabajo del equipo investigador.....	41
-Anexo 9. Organigrama equipo investigador.....	43
-Anexo 10. Presupuesto total del estudio.....	43

1. Introducción

1.1 Obesidad

Según la “World Health Organization” - WHO (2024), la obesidad se define como una acumulación anormal o excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud. Se considera que una persona tiene obesidad cuando tiene un índice de masa corporal (IMC) igual o mayor que 30, en el caso que esté entre 25 y 30 se considera sobrepeso (Tabla 1).

Tabla 1.

Clasificación de la obesidad según la OMS.

Clasificación	IMC (kg/m ²)	Riesgo Asociado a la salud
Normo Peso	18.5 – 24.9	Promedio
Exceso de Peso	≥ 25	
Sobrepeso o Pre Obeso	25 - 29.9	AUMENTADO
Obesidad Grado I o moderada	30 – 34.9	AUMENTO MODERADO
Obesidad Grado II o severa	35 - 39.9	AUMENTO SEVERO
Obesidad Grado III o mórbida	≥ 40	AUMENTO MUY SEVERO

Nota: Distintos tipos de obesidad y el riesgo asociado a la salud de cada uno por Moreno, G. (2012). *Revista Médica Clínica las Condes*, 23(2), 124-128. [https://doi.org/10.1016/s0716-8640\(12\)70288-2](https://doi.org/10.1016/s0716-8640(12)70288-2)

1.2 Epidemiología

Según el Instituto Nacional de Estadística - INE (s/f), en 2020, un 16,5% de hombres adultos padecen obesidad y a medida que la edad aumenta el porcentaje también aumenta. Esto se puede observar en que entre los años 1975 y 2016, la prevalencia mundial de la obesidad se ha casi triplicado (OMS. 2024). Por otro lado, según la WOH (2024), a nivel mundial en 2016 el 13% de los adultos padecen obesidad. También, más de 340 millones de niños y adolescentes de más de 5 años padecían obesidad.

Según la Asociación Española de Cirujanos - AEC (sin fecha), la obesidad causa 2,8 millones de muertes al año en el mundo, disminuye la esperanza de vida de 5 a 20 años y se estima que en 2030 generará un sobrecoste de 3.000 millones de euros al año.

1.3 Factores de riesgo de la obesidad

Según Turnbaugh et al. (2009), desde un punto de vista simplista, la fisiopatología de la obesidad se puede explicar por un balance energético positivo, con una mayor energía ingerida que consumida, que mantenido durante un largo periodo

de tiempo conduce al acúmulo de grasas en los adipocitos. Sin embargo intervienen factores adicionales como el metabolismo basal, factores genéticos y ambientales (Turnbaugh et al., 2009). Según Rentería (2015), la obesidad casi siempre tiene un origen multifactorial donde se incluyen factores genéticos, metabólicos, endocrinológicos y ambientales.

Fontané et al. (2018) afirma que de los factores ambientales, los hábitos alimentarios y la actividad física son los que más afectan. Otro factor que parece ser muy importante es la composición de la microbiota del individuo y los procesos de disbiosis o desequilibrio que se produzcan y que puedan originar un cambio en la composición y/o función de la misma (Nieuwdorp et al., 2014).

1.4 Problemas adyacentes a la obesidad

Según Castro Martinez et al. (2016), la obesidad suele venir acompañada de algunos problemas de salud como diabetes, hipertensión, dislipemia, síndrome metabólico, mayor probabilidad de cáncer, mayor probabilidad de sufrir artrosis, mayor probabilidad de tener problemas de corazón, problemas respiratorios como asma, colesterol alto, peor calidad de vida, posibles problemas a nivel psicológico y mala salud física como debilidad en articulaciones, entre otras.

1.5 Tratamiento de la obesidad

Según Heredia et al. (2008), el tratamiento de la obesidad aparentemente parece muy sencillo, pero suelen aparecer complicaciones ya que las personas únicamente suelen reducir su ingesta calórica. Para desarrollar un buen tratamiento es necesario aplicar dieta, ejercicio físico, tratamiento conductual de la persona y la utilización ocasional de algunos fármacos. (Heredia et al., 2008).

En cuanto al entrenamiento, el ejercicio aeróbico junto al entrenamiento de fuerza en personas con obesidad disminuyen la grasa corporal, los factores de riesgo cardiovasculares y mejoran su estado metabólico, entre otros (Said et al., 2021). A su vez, el entrenamiento HIIT también es efectivo para la mejora de la composición corporal y la oxidación de grasas durante el ejercicio (Tsirigkakis et al., 2021).

Según Rentería (2015), el tratamiento quirúrgico suele estar más reservado para sujetos con obesidad extrema (IMC >40) o para personas que fracasan

constantemente en el intento de perder peso. Existen tratamientos en los que se reduce el tamaño del estómago y otros en los que se les extrae tejido graso directamente.

1.6 La Microbiota intestinal

En la última década se ha empezado a relacionar de forma muy estrecha tanto la composición como los cambios en la microbiota intestinal con la obesidad, tanto en modelos experimentales con ratones como en humanos (Moreno-Indias et al., 2014).

Según Martín et al. (2003) la microbiota intestinal se puede definir como el conjunto de comunidades de microorganismos vivos colonizadores del intestino. En el momento previo al nacimiento el intestino es estéril y se coloniza por completo durante el primer año de vida. El tipo de parto y la lactancia materna desempeñan un papel significativo en la estabilización de la microbiota (Martín et al., 2003). A continuación, la microbiota se modifica con la edad, los hábitos dietéticos y los factores ambientales (Delzenne & Cani, 2011).

De forma paralela, investigaciones recientes muestran que el 80-90% de los filotipos de bacterias del intestino humano son miembros de dos filos, Bacteroidetes y Firmicutes, seguidos de las Actinobacterias y las Proteobacterias (Ley et al., 2006).

Según Fukuda & Ohno (2014), la importancia de la microbiota radica en la implicación que tiene en el metabolismo del ser humano, ya que participa en la modulación de la nutrición del huésped. También se implica en el consumo de energía a través de la producción de vitaminas (K, ácido fólico y B12), absorción de electrolitos y minerales, fermentación de componentes indigeribles de la dieta por el huésped y producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) (DiBaise et al., 2008). Además influye en la homeostasis del epitelio intestinal, desarrollo del sistema inmunitario, protección frente a patógenos o metabolismo de fármacos. (Jia et al., 2008).

1.7 Papel de la microbiota en la regulación del metabolismo

Según Backhed et al. (2004), en ratones la microbiota por sí sola puede causar aumento de peso sin que esto esté mediado por un incremento en la ingesta ni

del gasto calórico total. Un descubrimiento que además se puede observar en el estudio de Turnbaugh et al. (2006), en el que también hay una mayor síntesis hepática de triglicéridos, de secreción de leptina y mayor resistencia a la insulina. Existen dos principales mecanismos por los que la composición de la microbiota podría ser un promotor de la obesidad: por alteración de la homeostasis energética del huésped y por un aumento de la inflamación sistémica (Fontané et al., 2018).

El primer mecanismo afectaría la predisposición del huésped a aprovechar una mayor cantidad de calorías de los alimentos y, por tanto, al desarrollo de obesidad y de mayor adiposidad (Bäckhed et al., 2004).

Según Musso et al. (2011), esto se puede producir por diferentes vías:

- Un mayor aprovechamiento de monosacáridos que habitualmente no serían digeribles, secundariamente a un desarrollo del epitelio intestinal por parte de la microbiota, aumentando la densidad de los capilares de las vellosidades intestinales.
- Una mayor producción de AGCC, que son aprovechados como fuente energética por los colonocitos (den Besten et al., 2013).
- Promoviendo el depósito de triglicéridos en los adipocitos. Este mecanismo sería causado por la disminución de la expresión intestinal de la hormona fasting-induced adipocyte factor, la cual inhibe la lipoproteína lipasa, encargada de la captación celular de ácidos grasos (Bäckhed et al., 2004).
- Supresión de la liberación de la AMP-activated protein kinase lo que conduce a una reducción de la oxidación de ácidos grasos mitocondriales, cetogénesis, captación de glucosa, secreción de insulina, potenciación de la lipogénesis y síntesis de colesterol y triglicéridos (Bäckhed et al., 2007; Samuel Bs et al., 2008).

El segundo mecanismo, que hace referencia a un proceso de inflamación sistémica, fue descrito por Cani et al. (2007) que observó, después de administrar una dieta rica en grasas a un grupo de ratones, un incremento de la proporción de bacterias gramnegativas en la microbiota intestinal y, de esta forma, un aumento de la absorción intestinal de fragmentos de bacterias como los lipopolisacáridos, generando la llamada «endotoxemia metabólica», muy relacionada clásicamente

con la inflamación crónica y con otras enfermedades metabólicas asociadas a la obesidad.

1.8 Tipo de microbiota y su influencia sobre la obesidad

Por una parte, se ha relacionado la presencia de ciertas cepas de microorganismos con la presencia de obesidad (Ley et al., 2005). En modelos animales se ha podido concluir de forma casi unánime que el aumento en la proporción de bacterias Grampositivas (Firmicutes) en detrimento a las Gramnegativas (Bacteroidetes, actinobacterias y proteobacterias) se relaciona con la presencia de obesidad. En modelos humanos no es tan concluyente (Turnbaugh et al., 2008).

Según Ley et al. (2006), los sujetos obesos en comparación con los delgados, tenían una mayor proporción de Firmicutes y una relativa menor cantidad de Bacteroidetes. Este estudio también mostró que la ratio entre Firmicutes y Bacteroidetes se acercó al perfil de una persona delgada, después de una pérdida de peso con una dieta baja en grasas o hidratos de carbono durante 18 meses.

Por otro lado, según Turnbaugh et al. (2009) afirmó que en los sujetos obesos era muy relevante que tenían menor diversidad en su microbiota que los sujetos delgados. Otros estudios también afirman que una escasa diversidad de la microbiota intestinal podría predisponer a un aumento de peso (Le Chatelier et al., 2013; Blaser & Flakow, 2009).

A su vez, la relación entre obesidad y microbiota no se debe de forma exclusiva a la proporción existente entre los grandes grupos de bacterias, sino a pequeños cambios o modulaciones más específicos dentro de cada especie (Yin et al., 2010; Million et al., 2013).

2. Justificación

La realización de este estudio se debe, entre otras cosas, a que la microbiota es un factor poco estudiado científicamente, actualmente no hay muchos estudios experimentales en personas y menos en personas con obesidad. Desde hace unos años se están realizando cada vez más estudios experimentales con personas, ya que la mayoría son de ratones. Por esta razón, es necesaria la creación de estudios experimentales en personas sobre la microbiota.

Además, la obesidad es una enfermedad que, según la WOH (2024), va en aumento, por lo que estudiar el funcionamiento de la microbiota y su relación con el ejercicio en esta población es vital para mejorar su tratamiento.

3. Objetivos e hipótesis del estudio

El objetivo principal del estudio propuesto es:

- Comprobar qué tipo de entrenamiento genera mayores beneficios en la microbiota de hombres con obesidad, en base al cambio en el ratio de las distintas bacterias como firmicutes, bacteroidetes, actinobacterias y proteobacterias.

A su vez, también hay otros objetivos secundarios como:

- Observar las diferencias en la variabilidad de bacterias de la microbiota en los diferentes grupos.
- Comprobar si todas las personas con obesidad que no realizan ejercicio físico tienen un mal funcionamiento de la microbiota.
- Comprobar si los sujetos con un mejor estado de la microbiota tienen mejores parámetros de composición corporal.

La hipótesis del estudio es que tanto el entrenamiento de fuerza como el de hiit van a generar efectos positivos en la microbiota de los hombres con obesidad.

4. Metodología

4.1 Diseño

El tipo de diseño que se va a llevar a cabo se trata de una investigación experimental aleatorizada, ya que la muestra se diferencia por patología pero se forman los grupos de manera aleatoria.

4.2 Muestra y formación de grupos

4.2.1 Tamaño muestral

Basándose en estudios similares realizados anteriormente, como el de Allen et al. (2018) y el de Motiani et al. (2019) los cuales utilizan una muestra de 32 sujetos y 26 sujetos respectivamente, el estudio tendrá una muestra de 36 sujetos. El tamaño muestral será algo mayor que en los estudios mencionados debido a que de esta manera habrá una muestra más amplia con más perfiles que analizar.

El tamaño de la muestra del estudio será de 36 hombres, se tratará de hombres de la comunidad de Madrid, mayores de edad y con obesidad. Estos 36 hombres serán miembros de asociaciones como la Asociación Madrileña contra la Obesidad y el Sobrepeso, Sociedad Española de Obesidad (SEEDO) y la Asociación Nacional de Personas Obesas y la OBESOS.MADRID: Asociación de Pacientes Madrid M-40.

Se contactará con las distintas asociaciones para hacerles llegar el estudio, se les informará sobre el estudio, se les ofrecerá el plan de entrenamiento y el seguimiento médico del estudio totalmente gratuito como incentivo por participar en él. A todos los sujetos interesados se les enviará un cuestionario para el reclutamiento de la muestra (Anexo 1) donde se aplicarán los requisitos, criterios de inclusión y criterios de exclusión, de esta manera quedará la muestra que interesa. También, en dicho formulario los sujetos dirán su disponibilidad horaria, alergias, intolerancias, entre otros. Antes de realizar el formulario recibirán la hoja informativa sobre el estudio (Anexo 3).

4.2.2 Criterios de inclusión y exclusión

- Criterios de inclusión:

- Hombres con IMC entre 30 y 40, es decir obesidad tipo 1 y 2.
- Que sepan hablar en castellano.
- Edad entre 20 y 50 años.
- Seguir una dieta omnívora.

- Criterios de exclusión:

- Padecer alguna lesión que impida el ejercicio físico.
- Padecer alguna enfermedad o patología cardiovascular que impida el ejercicio físico.
- Padecer alguna enfermedad o patología intestinal la cual impidiese una evolución normal de la microbiota.
- Que hayan realizado hace menos de 3 meses un plan de entrenamiento.
- Padecer alguna discapacidad intelectual o física que impida la realización de ejercicio físico.
- Realizar alguna dieta la cual impida alimentarse de algún tipo de alimento en concreto (dieta vegana, vegetariana...).

4.2.3 Formación de grupos

Los 36 hombres de la muestra final para el estudio se dividirán en 3 grupos de 12 personas, los cuales se asignarán de forma probabilística aleatoria estratificada por edad. Es decir, se crearán diferentes estratos de edad, uno entre 20 y 35 años y el otro entre 35 y 50 años. Los tres grupos realizarán una dieta orientada a la pérdida de peso. El grupo control solo realizará dieta, otro grupo realizará dieta junto al entrenamiento de fuerza y por último, el tercer grupo realizará dieta y entrenamiento HIIT. Destacar que el grupo control no podrá realizar ningún plan de entrenamiento pautado por un profesional, únicamente se le enviará las pautas de actividad física recomendadas por la OMS.

Las 36 personas de la muestra que participen en el estudio firmarán un consentimiento informado (Anexo 2), el cual vendrá acompañado de una hoja de información sobre el estudio (Anexo 3) donde los sujetos serán informados sobre el estudio que se les va a realizar y el sujeto confirmará participar de forma voluntaria. A su vez, en el consentimiento informado se añadirá la política de protección de datos donde darán permiso para la recogida, el procesamiento, almacenamiento y uso de los datos solicitados y recaudados.

Destacar que para que el estudio siga unos principios éticos básicos y de esa manera esté aprobado por el comité ético, seguirá la declaración de Helsinki («Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial - Principios Éticos Para las Investigaciones Médicas En Seres Humanos. Seúl, Octubre de 2008.», 2013), la cual asegura unos criterios éticos médicos en la investigación. A su vez, al finalizar el estudio, al grupo control se le ofrecerá el modelo de entrenamiento más efectivo durante el mismo periodo de tiempo que el resto de grupos.

4.3 Variables y material de medida

1. Número Firmicutes, Bacteroidetes, Actinobacterias, Proteobacterias y otros (16S rRNA):

- Según Ley et al. (2006), se trata de diferentes filos de bacterias del intestino humano, de los cuales Firmicutes y Bacteroidetes son los más abundantes. Se ha de medir la cantidad de cada filo que hay en la

microbiota, de esta manera poder ver el ratio entre Firmicutes y Bacteroidetes (con obesidad el ratio aumenta).

- Se trata de un tipo de variable dependiente con escala de medida cuantitativa continua.
- Para realizar el análisis de las bacterias de la microbiota a través de muestras fecales se contratará a una empresa externa (VIVOLABS), la cual facilitará los kits y analizará las muestras de forma completa (Anexo 4).
- Para almacenar las muestras de heces hasta que la empresa las analice se utilizará la nevera de la universidad con modelo Thermo Scientific Forma 900 Series.

2. Variabilidad de bacterias de la microbiota:

- Se trata de la cantidad de tipos de bacterias diferentes que hay en la microbiota. En personas con obesidad suele ser menor (Turnbaugh et al., 2009).
- Se trata de un tipo de variable dependiente con escala de medida cuantitativa discreta.
- Para realizar el análisis de las bacterias de la microbiota a través de muestras fecales se contratará a una empresa externa (VIVOLABS), la cual facilitará los kits y analizará las muestras de forma completa (Anexo 4).

3. Composición corporal (masa corporal total, masa grasa, masa no grasa):

- La composición corporal es un indicador que mide la masa grasa que tiene una persona y la masa no grasa que tiene una persona, la cual incluye agua, órganos, huesos y músculo. Es decir, que dentro de la composición corporal tenemos diferentes métricas.
 - Masa grasa (kg): Se trata de un tipo de variable dependiente con una escala de medida cuantitativa continua.
 - Masa no grasa: Se trata de un tipo de variable dependiente con una escala de medida cuantitativa continua.
- El material de medida utilizado es el dual-energy x-ray absorptiometry (DEXA) (Hologic QDR series Discovery; Bedford, MA). Validado como método de medición de la composición corporal (Haarbo et al., 1991).

Como podemos ver en otros estudios como el de Allen et al. (2018) se realizan dos mediciones, una antes de empezar el estudio y otra al acabar.

3. Modalidad de entrenamiento:

- Se refiere al tipo de ejercicio físico que los sujetos van a realizar. En el estudio se realizará entrenamiento de HIIT y de fuerza.
- Se trata de un tipo de variable independiente con una escala de medida cualitativa nominal.
- No tiene material de medida, las características más específicas del entrenamiento vendrán determinadas por los principios FITT.
- Para medir la intensidad del entrenamiento HIIT se va a utilizar la banda de medición de variabilidad de la frecuencia cardíaca con modelo Polar H10, este modelo está validado tanto para hombres y mujeres que realizan ejercicios interválicos de uso recreacional (Schaffarczyk et al., 2022).
- Para medir la intensidad en el entrenamiento de fuerza utilizaremos la Escala de Borg medición validada tanto para hombres como para mujeres que entrenan usando cargas externas (Crawford et al., 2018).

4. Dieta:

- Se trata de unas pautas y un plan de comidas orientado a la pérdida de peso. De esta manera se estandariza la dieta de todos los sujetos.
- Se trata de un tipo de variable control con una escala de medida cualitativa nominal.
- Un nutricionista será el encargado de realizar la dieta y sus adaptaciones según el grupo al que pertenezcan los sujetos.

4.4 Procedimiento

El estudio será aprobado por el tribunal de la UEM. Una vez aprobado el estudio se firmará un convenio con la UEM y en el equipo investigador del estudio habrán personas trabajadoras de la UEM, más concretamente el investigador principal será de la UEM por lo que la relación con la universidad será buena. En este convenio la universidad nos cederá algunos espacios y material de forma gratuita. Cederán gratuitamente el uso de la sala indoor y la sala de fuerza. A su vez, también cederán gratuitamente el uso del DEXA y del laboratorio para el almacenamiento de las muestras de heces en la nevera, a su debida temperatura, hasta que la empresa externa los analice y pase a recogerlos a la UEM.

La duración total del estudio será de 49 semanas (Anexo 7). A continuación, se especifica en qué semanas trabajará cada profesional y que se realizará cada semana (Anexo 8).

- La semana 1 y 2 serán de reclutamiento de la muestra donde se contactará con distintas asociaciones madrileñas nombradas anteriormente. Una vez se filtren los sujetos con el formulario diseñado, se les dará la hoja de información sobre el estudio y se les hará firmar el consentimiento informado de forma voluntaria. Durante estas dos semanas, todos los sujetos tendrán que entregar un consentimiento médico de que pueden realizar ejercicio físico.
- En la semana 3 el equipo de investigación formará los 3 grupos de forma aleatoria probabilística estratificada por edad. Destacar que primero entrenará el grupo HIIT y cuando acaben sus semanas de entrenamiento empezará el grupo de fuerza.

En esta semana se realizará una sesión de formación para el grupo HIIT y el grupo control en la que se podrán conectar de forma online o presencial. En esta sesión se explicarán los horarios de las sesiones de cada sujeto, las distintas mediciones, el material que se utilizará y en qué consiste el entrenamiento que realizarán. Además se les entregará el kit de la prueba de microbiota que nos proporcionará una empresa externa.

- En la semana 4 los sujetos del grupo HIIT y del grupo control tendrán que entregar la muestra de heces que se almacenará en el laboratorio de la universidad. En esta misma semana, a los sujetos nombrados anteriormente se les dará cita para realizar el análisis de la composición corporal con el DEXA de la UEM, del cual se encargará un especialista en rayos. Durante la semana, habrá un día con un turno de 4 horas por la mañana y 4 horas por la tarde y se les dará hora a los sujetos (15 min cada uno) según su disponibilidad horaria.

Durante esta semana un nutricionista desarrollará una dieta específica para personas con obesidad con el objetivo de bajar de peso. Realizará dietas distintas para las personas con alergias o intolerancias y una vez las haya realizado, se enviarán al grupo control y al grupo hiit.

- La semana 5 y 6 serán de acondicionamiento físico para los sujetos del grupo de HIIT y a los sujetos del grupo control se les darán recomendaciones de entrenamiento de la OMS. Estas dos semanas irán destinadas sobre todo a desarrollar su capacidad aeróbica en bicicleta estática, se realizará en la sala indoor de la UEM junto a un CAFyD y dos estudiantes en prácticas de CAFyD.

Los sujetos entrenarán martes y jueves, 30 min en grupos de 3 personas. Se realizarán 2 turnos de 30 minutos por la mañana (a las 10 y a las 11) y otros dos turnos por la tarde (a las 17 y a las 18). Los sujetos asistirán dos días a la semana por lo que se repartirán las 12 personas en las 4 sesiones que hay por día.

- Durante las semanas 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14, una vez acabadas las semanas de acondicionamiento físico se realizarán 8 semanas de entrenamiento con dos sesiones semanales HIIT (Anexo 5). Los horarios de entrenamiento serán los mismos que en el acondicionamiento físico, junto a 1 CAFyD y dos estudiantes en prácticas de CAFyD.
- En la semana 15, una vez acabadas las 8 semanas de entrenamiento se volverán a realizar las evaluaciones de microbiota y de la composición corporal. Durante la semana los sujetos tendrán que entregar la muestra de heces y se les dará cita para realizar el análisis de la composición corporal con el DEXA. Un día de la semana se realizarán turnos de 4 horas por la mañana y 4 horas por la tarde y se les dará hora a los sujetos según su disponibilidad horaria. Dichas pruebas se realizarán tanto al grupo HIIT como al grupo control. Las muestras se llevarán a la empresa externa para que las analice cuando la empresa pauté, una vez se reciban los resultados se empezarán a analizar e interpretar.
- En la semana 16 se realizará una sesión de formación para el grupo de entrenamiento de fuerza en las que se podrán conectar de forma online o presencial. En esta sesión se explicarán los horarios de las sesiones de cada sujeto, el material que se utilizará y en qué consiste el entrenamiento que realizarán. Además se les entregará el kit de la prueba de microbiota que nos proporcionará la empresa externa.

- En la semana 17 los sujetos del grupo de fuerza tendrán que entregar la muestra de heces que se almacenará en el laboratorio de la universidad. En esta semana, se les dará cita para realizar el análisis de la composición corporal con el DEXA de la UEM, del cual se encargará un especialista en rayos. Durante la semana habrá un día con un turno de 3 horas por la mañana y 3 horas por la tarde. Se les dará hora a los sujetos según su disponibilidad horaria, en total 12 sujetos. También se les enviará las distintas dietas del nutricionista.
- La semana 18 y 19 será de acondicionamiento físico para los sujetos del grupo de fuerza. Estas dos semanas irán orientadas sobre todo a desarrollar fuerza básica y la técnica de los ejercicios. Se realizará en la sala de fuerza de la UEM junto a un CAFyD y dos estudiantes en prácticas de CAFyD.
Entrenarán martes y jueves durante 60 min en grupos de 3 personas. Habrá dos turnos de 60 minutos por la mañana (de 10 a 12) y otros dos turnos por la tarde (de 17 a 19). Los sujetos asistirán dos días a la semana por lo que se repartirán las 12 personas en las distintas horas.
- Durante las semanas 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 y 27, una vez acabadas las semanas de acondicionamiento físico se realizarán 8 semanas de entrenamiento con dos sesiones semanales de fuerza (Anexo 6). Los horarios de entrenamiento serán los mismos que en el acondicionamiento físico junto a un CAFyD y dos estudiantes de CAFyD.
- En la semana 28, una vez acabadas las 8 semanas de entrenamiento se volverían a realizar las evaluaciones de la microbiota y de la composición corporal. Durante la semana los sujetos tendrán que entregar la muestra de heces y se les dará cita para realizar el análisis de la composición corporal con el DEXA. Habrá un día con un turno de 3 horas por la mañana y 3 horas por la tarde y se les dará hora a los sujetos (15 min cada uno) según su disponibilidad horaria, en total 12 sujetos. Las muestras de heces serán recogidas por la empresa externa para que las analice.
- Desde la semana 29 hasta la semana 38, una vez acabado el entrenamiento durante se analizarán los datos y se interpretarán.

- Una vez se analicen e interpreten los datos se les ofrecerá el entrenamiento con mejores resultados al grupo control. Es decir que se volverían a realizar 2 semanas de acondicionamiento general y 8 semanas de entrenamiento desde la semana 39 hasta la semana 48. De este entrenamiento se encargará el entrenador personal junto a los alumnos en prácticas.
- A partir de esta semana el investigador principal publicará los resultados.

Procedimiento para el análisis de la microbiota en la contratación de la empresa externa:

- Las recogidas de las muestras se llevarán a cabo por la empresa VIVOLABS. Es un proyecto de salud proactiva creado por VIVO LABORATORIO, el laboratorio de biología molecular del grupo VIVO, fundado en 2003 y situado en Madrid.

Se contactará con VIVOLABS para poder realizar el análisis de todas las muestras de heces (72) de manera continua entre la semana 4 y la 32. Además se llegará a un acuerdo económico de 200€ por el análisis de cada muestra, sin incluir ningún servicio más. Dentro del precio entrarán los kits de muestra y la recogida de las muestras en la UEM.

Las pruebas de diagnóstico e informe se llevan a cabo en sus instalaciones. La empresa dará, al investigador principal, todos los kits de recogida de muestra (72) y los investigadores del estudio se lo facilitarán a los sujetos en la semana 3. Durante la sesión de formación se les explicará que deberán de coger la muestra el lunes de la semana 4 y guardarla en la nevera introduciéndola en una bolsa UN3373 (kit). El día siguiente a éste, es decir martes, han de llevar la muestra al laboratorio del edificio D de la UEM, donde un médico se encargará de guardarlas en una nevera y etiquetarlas (este proceso será el mismo en los plazos del grupo de fuerza). Las muestras serán recogidas por parte de la empresa para que las analicen de forma completa (Anexo 4) a medida que lo vayan comunicando. Se realizará de esta forma para no saturar a la empresa.

Elegimos VIVOLABS ya que está certificado por las normas UNE-EN-ISO 9001:2015 y UNE-EN-ISO 14001:2015 y realizan análisis a través de

procedimientos y protocolos validados y recomendados por la Red Europea de Calidad de Genética Molecular (EMQN). Además, VIVOLABS fue el primer centro de la Comunidad de Madrid en obtener la autorización como “Unidad de Genética”.

Procedimiento para realizar la dieta:

- El estudio contratará un nutricionista para que realice las diferentes dietas durante la semana 4, el profesional se encargará de crearla. La dieta ha de tener una duración de 11 semanas y los sujetos tendrán que seguir dicha dieta desde el momento que empiecen con el acondicionamiento general hasta que se realicen las mediciones POST entrenamiento.

La dieta tendrá el objetivo de reducir la masa grasa de los sujetos y será la misma para todos los grupos, únicamente cambiará la cantidad de calorías entre los diferentes grupos ya que se adaptará a las necesidades del entrenamiento. Por otro lado, también realizará algunas alternativas de la dieta para las personas con intolerancias o alergias.

Procedimiento acondicionamiento físico general:

- Basándonos en los principios del entrenamiento de García et al. (1996), el procedimiento del acondicionamiento físico general consistirá en 2 semanas para los grupos de HIIT y fuerza en la que seguiremos los principios biológicos de multilateralidad, especificidad, continuidad, sobrecarga, individualidad, transferencia, periodización, los procesos de adaptación orgánica del sujeto y los principios pedagógicos.

En este acondicionamiento se trabajarán las cualidades de resistencia, fuerza, movilidad, flexibilidad, coordinación y equilibrio. El objetivo de estas dos semanas será mejorar la capacidad de realizar esfuerzo, preparar a la musculatura para generar tensión y vencer una resistencia. A su vez, se buscará mejorar la capacidad funcional de las articulaciones en todo su rango de movimiento y el óptimo control del sistema neuromuscular del movimiento con el fin de que puedan cumplir con las exigencias y adaptaciones necesarias para realizar los protocolos de manera continua y segura (García et al., 1996).

- Para el grupo de entrenamiento de fuerza se incluirá la mejora de la técnica de movimientos básicos y de los ejercicios que se llevarán a cabo durante las semanas de entrenamiento. También se les enseñará y explicará el funcionamiento de la escala de borg.
- Para el grupo de entrenamiento de HIIT se incluirá el trabajo de técnica de pedaleo, uso y manejo de la banda polar para el control de frecuencia cardíaca y el uso de Escala de Borg.

Procedimiento entrenamiento de fuerza (Anexo 6):

- En cuanto al entrenamiento haremos una adaptación del protocolo propuesto por Jahangiri et al. (2023), para medir la intensidad se utilizará la Escala de Borg a diferencia del estudio que utiliza el 1rm. También, en algunos ejercicios se adaptará al material de la sala de fuerza de la UEM. Se realizarán diferentes entrenamientos para el día 1 y el 2 respectivamente.
- El entrenamiento consta de 3 partes:
Un calentamiento, que incluye caminar, trotar y movimientos dinámicos suaves durante 5 a 10 minutos. El cuerpo principal del entrenamiento, está formado por ejercicios de fuerza que incluyen 10 movimientos (Anexo 6). Lo realizaremos siguiendo el modelo tradicional expuesto por el autor, excluyendo las opciones también propuestas de trabajo en circuito o por intervalos. Realizaremos 3 series de 14 repeticiones por ejercicio con 90 segundos de descanso entre series y 30 segundos de descanso entre ejercicios a una intensidad de 7-8 en la escala de Borg. Por último un enfriamiento, que incluye caminar y movimientos de estiramiento estático durante 5 a 10 minutos.

Procedimiento entrenamiento HIIT (Anexo 5):

- En cuanto al entrenamiento, nos basaremos en el protocolo utilizado en el estudio Kong et al. (2016), pero que en vez de realizar una prueba de esfuerzo para conocer su frecuencia cardíaca máxima utilizaremos la fórmula 220-edad (Fox et al., 1971).
- Consta de 3 partes:

Un calentamiento de 5 minutos de pedaleo ligero. Seguido de 4 series de 4 repeticiones de 30 segundos de pedaleo a intensidad alta (85-95% de la FC máxima), seguido de 30 segundos de recuperación activa (pedaleo ligero). La intensidad de entrenamiento de HIIT en bicicleta estática se controlará mediante la frecuencia cardíaca (FC) máxima obtenida obtenida al inicio del estudio. El tiempo total de trabajo de alta intensidad será de 8 minutos, con un tiempo total de entrenamiento de 30 minutos (incluyendo el calentamiento y enfriamiento). Y por último, un enfriamiento de 5 minutos de pedaleo ligero.

4.5 Análisis de datos

El análisis estadístico se va a detallar en tres niveles:

- En primer lugar están los estadísticos descriptivos, los cuales consisten en una descripción de la muestra en base a la puntuación diferencial, a la varianza y percentil. Se observarán los estadísticos de tendencia central y la dispersión y se realizará un análisis de la distribución de las variables. Es decir que se observará si tienen una distribución normal (paramétricas) o no (no paramétricas) a través de la prueba de Kolmogorov Smirnov.
- Por último, se analizará la estadística inferencial de los objetivos:
 - Para responder el objetivo principal se utilizará ANOVA de medidas repetitivas para las variables paramétricas y la prueba Friedman para variables no paramétricas.
 - Para responder a los tres objetivos secundarios se utilizará ANOVA para las variables paramétricas y la prueba Friedman para variables no paramétricas.

Todo el análisis de datos se realizará mediante el software SPSS v26.0 (Inc., Chicago, IL, USA).

5. Equipo investigador

El equipo investigador del estudio estará formado por los siguientes profesionales, a su vez también se explicarán sus funciones y la titulación requerida. Las

funciones que tiene cada profesional la podemos ver en el anexo 8 y la organización de todo el equipo investigador con las titulaciones en el anexo 9.

- El equipo investigador estará liderado por un investigador de la UEM graduado en CAFyD, el cual estará colegiado. Principalmente se encargará de gestionar el estudio, del reclutamiento de la muestra, la formación de grupos, de la organización de los horarios de los análisis y entrenamientos, de las sesiones de formación de los grupos, del análisis de los resultados, de la publicación de los resultados y de la supervisión del estudio.
- Como co-investigador también habrá un médico gastroenterólogo de la UEM que tenga título universitario y la especialidad. Principalmente, junto al investigador principal, se encargará del reclutamiento de la muestra, la formación de grupos, de la organización de los horarios, del almacenamiento de las muestras de heces, de las sesiones de formación de los grupos y del análisis de los resultados.
- Un técnico en DEXA se encargará de realizar las mediciones pertinentes PRE y POST entrenamiento de todos los grupos. Es totalmente necesario que tenga la titulación de técnico de DEXA.
- La empresa externa (VIVOLABS) se encargará del análisis de las muestras de heces de todos los participantes siguiendo los plazos de la empresa. Será necesario que faciliten al investigador principal los kits para poder entregarlos a los participantes. También realizarán la recogida de las muestras en la UEM.
- Un nutricionista con el título pertinente se encargará de pautar distintas dietas orientadas a la pérdida de peso de hombres con obesidad teniendo en cuenta el ejercicio que van a realizar. A su vez, se le informará de alergias e intolerancias para que las tenga en cuenta.
- Un Cafyd con formación complementaria de entrenamiento y obesidad, se encargará de entrenar a los distintos grupos de entrenamiento en el acondicionamiento general y en los entrenamientos. También, junto a los alumnos en prácticas, se encargará de realizar los entrenos que se ofrecen al grupo control una vez se tengan los resultados.

- Dos alumnos de CAFyD en prácticas ayudarán al entrenador personal en el acondicionamiento físico y el entrenamiento. También entrenarán al grupo control una vez acabe el estudio.

6. Viabilidad del estudio

6.1 Presupuesto del estudio

En cuanto a los gastos del estudio (Anexo 10), las instalaciones para realizar las sesiones de formación, para el entrenamiento y para almacenar las muestras de heces se cederán de forma gratuita por la UEM, ya que el investigador principal formará parte de esta institución.

Para almacenar las muestras de heces se utilizará una nevera Thermo Scientific Forma 900 Series, que nos cederá la UEM de forma gratuita. El único material que se ha de comprar es el modelo Polar H10, el cual tiene un precio de 70€. Habrá que comprar 10 por lo que el precio total será de 700€.

Por otro lado, se ha de contratar un seguro de responsabilidad civil para el estudio, el cual cubra los daños que se puedan causar a terceros siempre que entren dentro del seguro contratado. El precio del seguro de responsabilidad civil será de 575€.

Un gran gasto del estudio viene de la contratación de la empresa externa (VIVOLABS) para el análisis de la microbiota, la cual incluye material y varios análisis de la microbiota, el precio por cada análisis será de 200€. En total habrán 72 muestras, así que el precio total a pagar será de 14.400€.

Por último, se ha de pagar un sueldo a todos los trabajadores del estudio:

- El sueldo del investigador principal y del co-investigador médico no correrá a cargo del estudio, ya que se encarga la UEM.
- El técnico del DEXA realizará las mediciones PRE y POST de todos los grupos, en total trabajará 28 horas teniendo en cuenta todos los grupos. Su sueldo por hora será de 12€, por lo que su sueldo total será de 336€.
- Se contratará a un nutricionista para que realice una dieta orientada a personas con obesidad y con el objetivo de perder peso. Dicha dieta la adaptará para los sujetos de cada grupo teniendo en cuenta el ejercicio que realizan, a su vez también habrá alternativas para personas con alergias o intolerancias. El servicio costará 100€.

- El entrenador personal tendrá que entrenar, junto con la ayuda de los alumnos en prácticas, al grupo de entrenamiento HIIT y cuando estos acaben, al grupo de entrenamiento de fuerza. También tendrá que entrenar al grupo control al final del estudio. En total el Cafyd trabajará 240 horas teniendo en cuenta todos los entrenamientos. Teniendo en cuenta que la hora se pagará a 15€, todas las horas supondrán un gasto total de 3600€.

Teniendo en cuenta todos los gastos nombrados anteriormente, el presupuesto total del estudio será de 19.711€.

6.2 Viabilidad del estudio

La viabilidad del estudio dependerá, en gran parte, de las becas que se concedan para realizar el estudio. El estudio aplicará a unas ayudas a la investigación de Ignacio H. de Larramendi de la “Fundación MAPFRE”, titulada “Un impulso a la investigación”. El estudio cumple todos los requisitos de la ayuda relacionada con la promoción de la salud, la cual tendrá una dotación máxima de 30.000€ (Ayuda A la Investigación Convocatoria Año 2022 - Fundación MAPFRE, 2023). Con este dinero se cubrirán todos los gastos del estudio, incluidos material y contratos externos.

6.3 Limitaciones del estudio

El estudio realizado tiene las siguientes limitaciones:

- Que la muestra no siga la dieta establecida de manera estricta y por lo tanto los resultados no sean del todo fiables.
- Que una vez empezado el estudio haya mucho abandono por parte de la muestra, ya que son personas con obesidad las cuales les podría costar realizar ejercicio de manera continua.
- Que la disponibilidad horaria de los usuarios sea muy dispar, de este modo se tendrían que añadir más turnos por las mañanas y por las tardes.
- Otra posible limitación puede ser que la empresa externa responsable del análisis de la microbiota no cumpla con los plazos establecidos o se retrase bastante tiempo. Por esta razón es importante la comunicación con la empresa externa y establecer unos plazos con anterioridad.

7. Referencias bibliográficas

Allen, J. M., Mailing, L. J., Niemi, G. M., Moore, R., Cook, M. D., White, B. A., Holscher, H. D., & Woods, J. A. (2018). Exercise Alters Gut Microbiota Composition and Function in Lean and Obese Humans. *Medicine and science in sports and exercise*, 50(4), 747–757. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001495>

Ayuda a la investigación convocatoria año 2022 - Fundación MAPFRE. (2023, 20 diciembre). *Fundación MAPFRE*. <https://www.fundacionmapfre.org/premios-ayudas/investigacion-ignacio-larramendi/>

Bäckhed, F., Ding, H., Wang, T., Hooper, L. V., Koh, G. Y., Nagy, A., et al. (2004). La microbiota intestinal como un factor ambiental que regula el almacenamiento de grasa. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(44), 15718-15723.

Bäckhed, F., Manchester, J. K., Semenkovich, C. F., & Gordon, J. I. (2007). Mecanismos que subyacen a la resistencia a la obesidad inducida por la dieta en ratones libres de gérmenes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(3), 979-984.

Blaser, M. J., & Falkow, S. (2009). ¿Cuáles son las consecuencias de la desaparición de la microbiota humana? *Revista Nature de Microbiología*, 7, 887-894.

Cani, P. D., Amar, J., Iglesias, M. A., Poggi, M., Knauf, C., Bastelica, D., et al. (2007). La endotoxemia metabólica inicia la obesidad y la resistencia a la insulina. *Diabetes*, 56(7), 1761-1772.

Castro-Martínez, M. G., Liceaga-Craviotto, G., Alexanderson-Rosas, G., Bolado-García, V., d'Hyver-Wiechers, C., Durán-Salgado, M., Fuentes-Venegas, A., Galindo-Delfín, S. G., García-Méndez, J.,

Godínez-Corona, E., Gómez-Romero, P., Gutiérrez-Reza, T., Herrera-Madrugal, C., Licea-Granados, R., Luckie, L. A., Márquez-Marín, M., Pliego-Reyes, C., Ramos-Rodríguez, R., Rubio-Guerra, A., & Salinas-Orozco, S. (2016). Consenso de expertos en prevención, diagnóstico y tratamiento de la obesidad en el adulto mayor y en casos especiales. *Medicina Interna de México*, 32(1), 58–88.

Crawford, D. A., Drake, N. B., Carper, M. J., DeBlauw, J., & Heinrich, K. M. (2018). Validity, Reliability, and Application of the Session-RPE Method for Quantifying Training Loads during High Intensity Functional Training. *Sports (Basel, Switzerland)*, 6(3), 84. <https://doi.org/10.3390/sports6030084>

Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial - Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. Seúl, octubre de 2008. (2013). *Journal Of Oral Research*, 2(1), 42-44. <https://doi.org/10.17126/joralres.2013.009>

Delzenne, N. M., & Cani, P. D. (2011). Interaction between obesity and the gut microbiota: relevance in nutrition. *Annual review of nutrition*, 31, 15–31. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-072610-145146>

den Besten, G., van Eunen, K., Groen, A. K., Venema, K., Reijngoud, D. J., & Bakker, B. M. (2013). The role of short-chain fatty acids in the interplay between diet, gut microbiota, and host energy metabolism. *Journal of lipid research*, 54(9), 2325–2340. <https://doi.org/10.1194/jlr.R036012>

DiBaise, J. K., Zhang, H., Crowell, M. D., Krajmalnik-Brown, R., Decker, G. A., & Rittmann, B. E. (2008). Gut microbiota and its possible relationship with obesity. *Mayo Clinic proceedings*, 83(4), 460–469. <https://doi.org/10.4065/83.4.460>

Fontané, L., Beaniges, D., Goday, A., Llauradó, G., & Pedro-Botet, J. (2018). Influencia de la microbiota y de los probióticos en la obesidad. *Clínica e*

Investigación en Aterosclerosis, 30(6), 271-279.
<https://doi.org/10.1016/j.arteri.2018.03.004>

Fox, S. M., 3rd, Naughton, J. P., & Haskell, W. L. (1971). Physical activity and the prevention of coronary heart disease. *Annals of clinical research*, 3(6), 404–432.

Fukuda, S., & Ohno, H. (2014). Gut microbiome and metabolic diseases. *Seminars in immunopathology*, 36(1), 103–114.
<https://doi.org/10.1007/s00281-013-0399-z>

García Manso, J. M., Navarro, J. y Ruiz Caballero, J. A. (1996). Bases teóricas del entrenamiento deportivo. Principios y aplicaciones. *Madrid: Gymnos*.

Haarbo, J., Gotfredsen, A., Hassager, C., & Christiansen, C. (1991). Validation of body composition by dual energy X-ray absorptiometry (DEXA). *Clinical physiology (Oxford, England)*, 11(4), 331–341.
<https://doi.org/10.1111/j.1475-097x.1991.tb00662.x>

Heredia, J.R., Isidro, F., Roig, J.L., Chulvi, I., Moral, S., Olmos, A.M. (2008). Sobrepeso/obesidad, ejercicio físico y salud: intervención mediante programas de fitness (15 - 18). *Wanceulen S.L.*

Instituto Nacional de Estadística. (s/f). *Ine.es*.
https://www.ine.es/ss/Satellite?L=es_ES&c=INESeccion_C&cid=1259926457058&p=%5C&pagename=ProductosYServicios%2FPYSLayout

Jahangiri, M., Shahrbanian, S., & Hackney, A. C. (2023). Comparison of the Effects of 12 Weeks of 3 Types of Resistance Training (Traditional, Circular and Interval) on Pro-Inflammatory Markers in Nonathletic Men with Obesity. *Alternative Therapies in Health and Medicine*, 29(6), 106–111.

Jia, W., Li, H., Zhao, L., & Nicholson, J. K. (2008). Gut microbiota: a potential new territory for drug targeting. *Nature reviews. Drug discovery*, 7(2), 123–129. <https://doi.org/10.1038/nrd2505>

Kong, Z., Sun, S., Liu, M., Shi, Q., Short, M. J., & Liu, J. (2016). A 6-week randomized controlled trial of whole body vibration and treadmill training on lean mass and bone mass in obese elders. *Osteoporosis International*, 27(10), 3031-3041. <https://doi.org/10.1007/s00198-016-3656-4>

La obesidad causa 2,8 millones de muertes al año en el mundo | aecirujanos.es.
(s. f.). AEC.
https://www.aecirujanos.es/La-obesidad-causa-28-millones-de-muertes-al-a-no-en-el-mundo_es_13_160_0_0.html

Le Chatelier, E., Nielsen, T., Qin, J., Prifti, E., Hildebrand, F., Falony, G., Almeida, M., Arumugam, M., Batto, J. M., Kennedy, S., Leonard, P., Li, J., Burgdorf, K., Grarup, N., Jørgensen, T., Brandslund, I., Nielsen, H. B., Juncker, A. S., Bertalan, M., ... Pedersen, O. (2013). Richness of human gut microbiome correlates with metabolic markers. *Nature*, 500(7464), 541–546. <https://doi.org/10.1038/nature12506>

Ley, R. E., Bäckhed, F., Turnbaugh, P., Lozupone, C. A., Knight, R. D., & Gordon, J. I. (2005). Obesity alters gut microbial ecology. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(31), 11070–11075. <https://doi.org/10.1073/pnas.0504978102>

Ley, R. E., Turnbaugh, P. J., Klein, S., & Gordon, J. I. (2006). Microbial ecology: human gut microbes associated with obesity. *Nature*, 444(7122), 1022–1023. <https://doi.org/10.1038/4441022a>

Martín, R., Langa, S., Reviriego, C., Jiménez, E., Marín, M. L., Xaus, J., Fernández, L., & Rodríguez, J. M. (2003). Human milk is a source of lactic

acid bacteria for the infant gut. *The Journal of pediatrics*, 143(6), 754–758.
<https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2003.09.028>

Million, M., Lagier, J. C., Yahav, D., & Paul, M. (2013). Gut bacterial microbiota and obesity. *Clinical microbiology and infection : the official publication of the European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, 19(4), 305–313. <https://doi.org/10.1111/1469-0691.12172>

Moreno, G. (2012). Definición y clasificación de la obesidad. *Revista Médica Clínica las Condes*, 23(2), 124-128.
[https://doi.org/10.1016/s0716-8640\(12\)70288-2](https://doi.org/10.1016/s0716-8640(12)70288-2)

Moreno-Indias, I., Cardona, F., Tinahones, F. J., & Queipo-Ortuño, M. I. (2014). Impact of the gut microbiota on the development of obesity and type 2 diabetes mellitus. *Frontiers in microbiology*, 5, 190.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00190>

Motiani, K. K., Collado, M. C., Eskelinen, J., Virtanen, K. A., Löyttyniemi, E., Salminen, S., Nuutila, P., Kalliokoski, K. K., & Hannukainen, J. C. (2019). Exercise Training Modulates Gut Microbiota Profile and Improves Endotoxemia. *Medicine And Science In Sports And Exercise*, 52(1), 94-104.
<https://doi.org/10.1249/mss.0000000000002112>

Musso, G., Gambino, R., & Cassader, M. (2011). Interactions between gut microbiota and host metabolism predisposing to obesity and diabetes. *Annual review of medicine*, 62, 361–380.
<https://doi.org/10.1146/annurev-med-012510-175505>

Nieuwdorp, M., Gilijamse, P. W., Pai, N., Kaplan, L. M. (2014) Role of the microbiome in energy regulation and metabolism. *Gastroenterology*, 146:1525-33.

- Rentería, I.B. (2015). Diabetes, obesidad y síndrome metabólico: Un abordaje multidisciplinario. *Editorial El Manual Moderno*.
- Said, M. A., Abdelmoneim, M. A., Alibrahim, M. S., & Kotb, A. A. H. (2021). Aerobic training, resistance training, or their combination as a means to fight against excess weight and metabolic syndrome in obese students - which is the most effective modality? A randomized controlled trial. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition et Metabolisme*, 46(8), 952–963. <https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0972>
- Samuel, B. S., Shaito, A., Motoike, T., Rey, F. E., Backhed, F., Manchester, J. K., Hammer, R. E., Williams, S. C., Crowley, J., Yanagisawa, M., & Gordon, J. I. (2008). Effects of the gut microbiota on host adiposity are modulated by the short-chain fatty-acid binding G protein-coupled receptor, Gpr41. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(43), 16767–16772. <https://doi.org/10.1073/pnas.0808567105>
- Schaffarczyk, M., Rogers, B., Reer, R., & Gronwald, T. (2022). Validity of the Polar H10 Sensor for Heart Rate Variability Analysis during Resting State and Incremental Exercise in Recreational Men and Women. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22(17), 6536. <https://doi.org/10.3390/s22176536>
- Tsirigkakis, S., Mastorakos, G., Koutedakis, Y., Mougios, V., Nevill, A. M., Pafili, Z., & Bogdanis, G. C. (2021). Effects of Two Workload-Matched High-Intensity Interval Training Protocols on Regional Body Composition and Fat Oxidation in Obese Men. *Nutrients*, 13(4). <https://doi.org/10.3390/nu13041096>
- Turnbaugh, P. J., Backhed, F., Fulton, L., & Gordon, J. I. (2008). Diet-induced obesity is linked to marked but reversible alterations in the mouse distal gut microbiome. *Cell host & microbe*, 3(4), 213–223. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2008.02.015>

- Turnbaugh, P. J., Ley, R. E., Mahowald, M. A., Magrini, V., Mardis, E. R., & Gordon, J. I. (2006). An obesity-associated gut microbiome with increased capacity for energy harvest. *Nature*, 444(7122), 1027–1031. <https://doi.org/10.1038/nature05414>
- Turnbaugh, P. J., Ridaura, V. K., Faith, J. J., Rey, F. E., Knight, R., & Gordon, J. I. (2009). The effect of diet on the human gut microbiome: a metagenomic analysis in humanized gnotobiotic mice. *Science translational medicine*, 1(6), 6ra14. <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.3000322>
- Turnbaugh, P. J., Hamady, M., Yatsunenko, T., Cantarel, B. L., Duncan, A., Ley, R. E., Sogin, M. L., Jones, W. J., Roe, B. A., Affourtit, J. P., Egholm, M., Henrissat, B., Heath, A. C., Knight, R., & Gordon, J. I. (2009). A core gut microbiome in obese and lean twins. *Nature*, 457(7228), 480–484. <https://doi.org/10.1038/nature07540>
- VIVOLABS. (2024, 8 abril). Estudios de microbiota. <https://vivolabs.es/landings/estudios-microbiota/>
- World Health Organization: WHO. (2024, 1 marzo). Obesidad y sobrepeso. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Yin, Y. N., Yu, Q. F., Fu, N., Liu, X. W., & Lu, F. G. (2010). Effects of four Bifidobacteria on obesity in high-fat diet induced rats. *World journal of gastroenterology*, 16(27), 3394–3401. <https://doi.org/10.3748/wjg.v16.i27.3394>

8. Anexos

-Anexo 1. Cuestionario para el reclutamiento de la muestra

CUESTIONARIO PARA RECLUTAMIENTO DE LA MUESTRA

En el caso de que marque esta casilla doy permiso a que se recojan datos personales sobre mi persona en este cuestionario y a que puedan ser utilizados con el único fin de investigar sin que la información personal se haga pública y que los datos publicados sean anónimos. Por último, doy permiso a que el estudio se ponga en contacto conmigo. También afirmo que he recibido la hoja de información sobre el estudio.

D. /Dña., de años de edad, con DNI nº y numero de telefono

Preguntas (marque la casilla correspondiente y responda en observación si es necesario):	Si	No	Observación
¿Su IMC se encuentra entre 30 y 40 (Sin incluir)?			
¿Entiende y habla el castellano de manera fluida?			
¿Tiene entre 20 y 50 años? En el caso de que sí ¿Que edad?			
¿Padece alguna lesión que impida el ejercicio físico? En el caso de que si ¿Cuál?			
¿Padece alguna enfermedad cardiovascular que impida el ejercicio físico? En caso de que sea sí ¿Cuál?			
¿Padece alguna enfermedad intestinal? En caso de que sea sí ¿Cuál?			
¿Realiza o ha realizado algún plan de entrenamiento hace menos de 3 meses?			
¿Reside en la Comunidad de Madrid?			
¿Tiene alguna alergia o intolerancia? ¿Cuál?			
¿Tiene algo de tiempo libre por la mañana o tarde de lunes a viernes? ¿Cuándo?			

Nota: Elaboración propia.

-Anexo 3. Hoja de información sobre el estudio

HOJA INFORMATIVA DEL ESTUDIO

TÍTULO DEL ESTUDIO: Efectos del entrenamiento HIIT y de fuerza en la microbiota de hombres con obesidad

INVESTIGADOR: xxxxxxxxxx

CONTACTO: xxxxxxxxxxxx

CENTRO de trabajo del investigador: Universidad Europea de Madrid

1. INTRODUCCIÓN

Nos dirigimos a Ud. para informarle sobre un estudio de investigación, que llevarán a cabo el autor del mismo y arriba nombrado, en colaboración con la Universidad Europea de Madrid.

La intención es tan sólo que Ud. reciba la información correcta y suficiente para que pueda evaluar y juzgar, si quiere o no que sus datos se incluyan en nuestro estudio.

Para ello le ruego lea esta hoja informativa con atención, pudiendo consultar con las personas que considere oportuno, y le aclararemos las dudas que le puedan surgir.

2. PARTICIPACIÓN VOLUNTARIA

Debe saber que su participación en este estudio es totalmente voluntaria, y que puede decidir no participar, o cambiar su decisión y retirar su consentimiento en cualquier momento.

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTUDIO

El estudio consiste en medir el estado de la microbiota y la composición corporal antes y después de realizar un plan de entrenamiento de 8 semanas (2 planes de entrenamiento distintos), a su vez los sujetos realizarán una dieta específica. Ha de saber que es posible que usted esté en un grupo que no haya

de realizar ejercicio, en ese caso al acabar el estudio se le ofrecerá el mejor plan de entrenamiento.

Toda la información requerida sobre la microbiota se obtendrá de análisis de heces y la información de la composición corporal de un análisis en un DEXA. Con esta información conoceremos qué plan de entrenamiento es el que genera mejores adaptaciones en la microbiota.

Debe saber que al aceptar participar en el estudio, no se alterará de ningún modo el trato que reciba por parte de los integrantes del estudio.

Si decide participar en el estudio se recogerán los siguientes datos: nombre, dni, edad, número de teléfono, composición corporal, bacterias de la microbiota, enfermedades, lesiones, entre otros.

Debe conocer además que, aunque sus datos se recogerán al completo, en el estudio no figurarán sus datos personales, puesto que les someteremos a un proceso de anonimización de manera que nadie externo al proyecto pueda relacionarla con el mismo.

4. BENEFICIOS Y RIESGOS DERIVADOS DE SU PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO.

Debe saber que siempre que lo desee podrá interrumpir su participación en el proyecto.

Aunque no recibirá beneficios personales por participar en este estudio de investigación se le ofrece un plan de entrenamiento junto a entrenadores, una dieta específica y un control de la microbiota por el hecho de participar. Su colaboración nos será de gran ayuda para seguir avanzando en la investigación sobre la microbiota y su importancia para bajar de peso y tratar la obesidad

5. CONFIDENCIALIDAD Y TRATAMIENTO DE DATOS

El tratamiento, la comunicación y la cesión de los datos de carácter personal de todos los sujetos participantes se ajustará a lo dispuesto en el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD), que entró en vigor el 25 de mayo de 2018 que supone la derogación de Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre referidos a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales.

Destacar que para que el estudio siga unos principios éticos básicos y de esa manera esté aprobado por el comité ético, seguirá la declaración de Helsinki («Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial - Principios Éticos Para las Investigaciones Médicas En Seres Humanos. Seúl, Octubre de 2008.», 2013), la cual asegura unos criterios éticos médicos en la investigación.

De acuerdo a lo que establece la legislación mencionada, usted puede ejercer los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación de datos, para lo cual se deberá dirigir a la responsable del estudio, para dejar constancia de su decisión.

Nota: Elaboración propia.

-Anexo 4. Parámetros analizados de la microbiota por parte de VIVOLABS.

Tabla 2.

Tabla sobre la población bacteriana incluida en el estudio de la microbiota

POBLACIÓN BACTERIANA INCLUIDA EN EL ESTUDIO AVANZADO DE MICROBIOTA INTESTINAL	
Microbiota inmunomoduladora Escherichia coli spp Enterococcus spp	Microbiota sacrolítica Bifidobacterium adolescentis Ruminococcus bromii
Microbiota protectora Bacteroidetes spp Bifidobacterium spp Lactobacillus spp H202 Lactobacillus Staphylococcus Prevotella	Microbiota metanogénica: Archeas Methanobrevibacter Methanosphaera
Microbiota muconutritiva Faecalibacterium prausnitzii Akermansia muciniphila	Microbiota patógena Facultativa Hafnia
Microbiota proteolítica E. coli biovare Proteus spp Pseudomonas spp Clostridium, Roseburia Citrobacter Klebsiella Enterobacter Serratia Fusobacterium nucleatum Campylobacter Helicobacter	Bacterias sulfoproducidas Campylobacter spp Alistipes Salmonella Shewanella Fusobacterium Treponema Desulfovibrio Collinsella aerofaciens Odoribacter splanchnicus Enterobacter spp Klebsiella pneumoniae

Microbiota neuroactiva Bifidobacterium adolescentis Lactobacillus plantarum	Helicobacter pylori
	Índices de biodiversidad y disbiosis

Nota: Población bacteriana incluida en el estudio avanzado de microbiota intestinal por la página web de la empresa VIVOLABS (2024). VIVOLABS. (2024, 8 abril). Estudios de microbiota. <https://vivolabs.es/landings/estudios-microbiota/>

Tabla 3.

Población bacteriana patógena incluida en el análisis.

POBLACIÓN BACTERIANA PATOGENICA INCLUIDA EN EL ANÁLISIS
Salmonella Campylobacter Clostridium difficile Clostridium difficile Toxina B Shigella Aeromonas spp. Yersinia enterocolítica Escherichia coli Enterohemorrágica Escherichia coli Enteroinvasiva Escherichia coli Enteropatógena Escherichia coli Enterotoxigénica

Nota: Población bacteriana incluida en el análisis de la empresa VIVOLABS (2024). VIVOLABS. (2024, 8 abril). Estudios de microbiota. <https://vivolabs.es/landings/estudios-microbiota/>

Tabla 4.

Microorganismos no bacterianos patógenos incluidos en el análisis.

MICROORGANISMOS NO BACTERIANOS PATÓGENOS INCLUIDOS EN EL ANÁLISIS	
PARÁSITOS Giardia lamblia Entamoeba histolyca Cryptosporidium spp Blastocystis hominis Dientamoeba fragilis	VIRUS Norovirus GI Norovirus GII Rotavirus Adenovirus Astrovirus
HONGOS Aspergillus Penicillium Ascomycotes Mycospherella Cladosporium Basidiomycota Sporidiobolaceae	LEVADURAS Candida spp Saccharomyces cerevisiae Candida albicans Candida glabrata

Nota: Microorganismos no bacterianos patógenos incluidos en el análisis de la empresa VIVOLABS (2024). VIVOLABS. (2024, 8 abril). Estudios de microbiota. <https://vivolabs.es/landings/estudios-microbiota/>

Tabla 5.
Parámetros complementarios y bioquímicos incluidos en el análisis.

PARÁMETROS COMPLEMENTARIOS Y BIOQUÍMICOS INCLUIDOS EN EL ANÁLISIS
MARCADORES BIOQUÍMICOS
<p>MARCADORES PERMEABILIDAD Zonulina Anti-tripsina</p> <p>MARCADORES INFLAMACIÓN INTESTINAL Lactoferrina Calprotectina SCFAs(Short Chain Fatty Acids)</p> <p>MARCADORES DE MALABSORCIÓN Digestión y balance de grasas en heces</p> <p>MARCADORES DE MALDIGESTIÓN Ácidos biliares</p> <p>SISTEMA INMUNE DE MUCOSAS IgA Secretora</p>
ESTUDIO COMPLEMENTARIOS
Análisis macroscópico (Bristol) Análisis microscópico pH Sangre oculta en heces

Nota: Parámetros complementarios y bioquímicos incluidos en el análisis de la empresa VIVOLABS (2024). VIVOLABS. (2024, 8 abril). Estudios de microbiota. <https://vivolabs.es/landings/estudios-microbiota/>

-Anexo 5. Entrenamiento HIIT

Tabla 6.
Tabla de entrenamiento HIIT.

Parte	Descripción	Series	Repeticiones	Tiempo de trabajo	Tiempo de recuperación activa	Duración
Preparación	Ajuste del sillín y sincronización de la banda de medición de la variabilidad de la frecuencia cardíaca	-	-	-	-	2
Calentamiento	Pedaleo ligero	-	-	5	-	5
Entrenamiento	Pedaleo a intensidad alta (85%-95%)de la Fc máxima seguido de recuperación activa	4	4	30 segundos	30 segundos	16
Enfriamiento	Pedaleo ligero	-	-	5	-	5

Finalización	Almacenamiento y guardado de datos de la banda de medición de la variabilidad de la frecuencia cardíaca	-				2
--------------	---	---	--	--	--	---

Nota: Tabla de una rutina de entrenamiento HIIT, adaptación de una rutina de entrenamiento HIIT realizada por Kong, Z., Sun, S., Liu, M., Shi, Q., Short, M. J., & Liu, J. (2016). *Osteoporosis International*, 27(10), 3031-3041. <https://doi.org/10.1007/s00198-016-3656-4>

-Anexo 6. Entrenamiento de fuerza

Tabla 7.

Tabla de entrenamiento de fuerza.

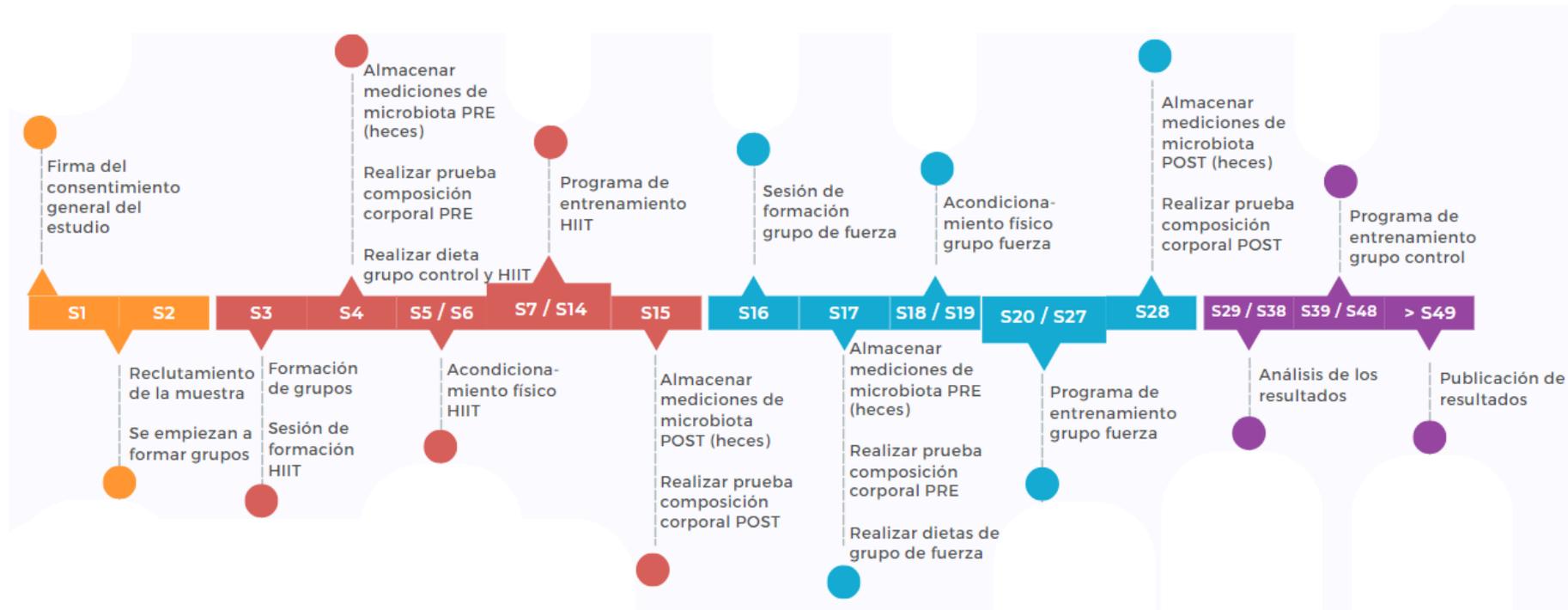
Parte	Descripción	Ejercicio	Series	Repeticiones	Tiempo de Descanso	Intensidad
1	Calentamiento	Caminar	-	-	-	-
		Trotar	-	-	-	-
		Movimientos Dinámicos Suaves	-	-	-	-
2	Cuerpo principal día 1	Sentadilla barra alta	3	14	90" entre series, 30" entre ejercicios	7-8 Escala de Borg
		Hip Thrust con barra	3	14	90" entre series, 30" entre ejercicios	7-8 Escala de Borg
		Remo 90° con barra	3	14	90" entre series, 30" entre ejercicios	7-8 Escala de Borg
		Press francés con barra	3	14	90" entre series, 30" entre ejercicios	7-8 Escala de Borg
		Curl up modificado	3	14	90" entre series, 30" entre ejercicios	7-8 Escala de Borg
	Cuerpo principal día 2	Press de Banca	3	14	90" entre series, 30" entre ejercicios	7-8 Escala de Borg
		Peso muerto convencional	3	14	90" entre series, 30" entre ejercicios	7-8 Escala de Borg
		Press militar sentado con barra	3	14	90" entre series, 30" entre ejercicios	7-8 Escala de Borg
		Curl de Bíceps con barra	3	14	90" entre series, 30" entre ejercicios	7-8 Escala de Borg
		Elevación de Gastrocnemios de Pie	3	14	90" entre series, 30" entre ejercicios	7-8 Escala de Borg
3	Enfriamiento	Caminar	-	-	-	-
		Movimientos de Estiramiento Estático	-	-	-	-

Nota: Tabla de una rutina de entrenamiento de fuerza, adaptación de una rutina de entrenamiento de fuerza realizada por Jahangiri, M., Shahrbanian, S., & Hackney, A. C. (2023). *Alternative Therapies in Health and Medicine*, 29(6), 106–111.

-Anexo 7. Cronograma de tiempo del estudio.

Figura 1.

Cronograma de tiempo del procedimiento del estudio.



Nota: Elaboración propia

-Anexo 8. Cronograma de trabajo del equipo investigador
Tabla 8.
Cronograma de trabajo del equipo investigador y funciones.

Actividades/Tareas	Persona responsable y otras involucradas	Preparar		Grupo control y grupo HIIT						Grupo de fuerza						Final		
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7 - S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20 - S27	S28	S29 - S38	S39 - S48	> S48
Firma consentimiento general del estudio	Comité de la Universidad Europea de Madrid	X																
Reclutamiento	Investigador principal y el médico investigador	X	X															
Aleatorización (se empieza al acabar reclutamiento)			x	X														
Sesión de formación para el grupo HIIT					X													
Almacenar las pruebas de heces PRE entrenamiento de grupo control y HIIT (1º) y fuerza (2º)	Médico investigador (almacenar muestras hasta la S que paute la empresa)				X						X							
Análisis de la microbiota con muestras de heces PRE entrenamiento de todos los grupos	Empresa externa (se realizará cuando la empresa externa paute)																	
Realización de las pruebas de la composición corporal con el DEXA PRE entrenamiento de los grupos	Técnico especialista en DEXA				X						X							
Realizar dieta para ambos grupos/enviar dieta a los distintos grupos	Nutricionista				X						X							
Acondicionamiento físico HIIT (1º) y fuerza (2º)	Entrenador personal (CAFyD) y dos estudiantes de CAFyD en prácticas					X	X					X	X					
Programa de entrenamiento HIIT (1º) y fuerza (2º)								X						X				

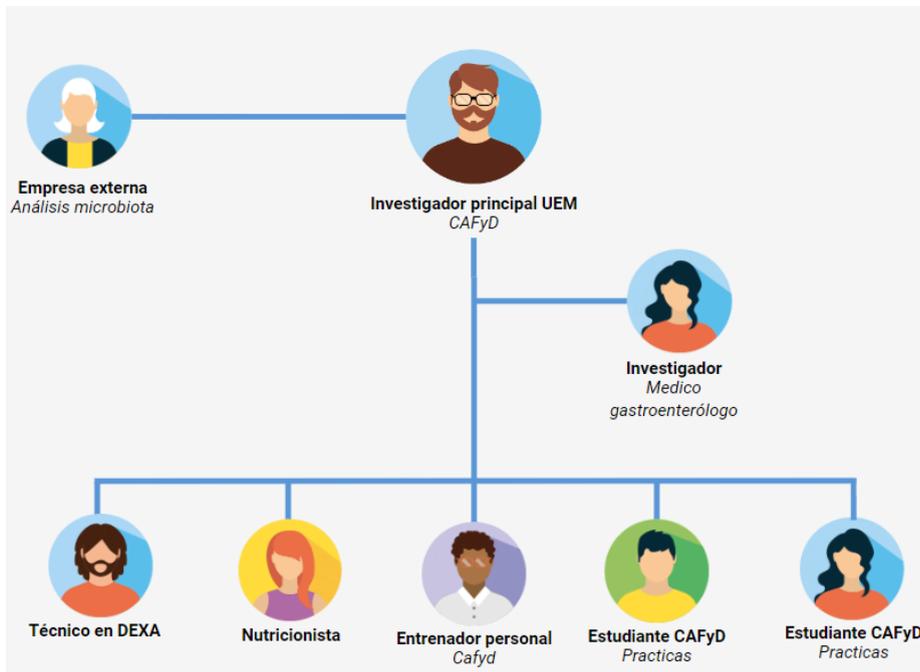
Almacenar las pruebas de heces POST entrenamiento de los distintos grupos	Médico investigador (almacenar muestras hasta la S que pauté la empresa)								X						X			
Análisis de la microbiota con muestras de heces POST entrenamiento de los grupos	Empresa externa (se realizará cuando la empresa externa pauté)																	
Realización de las pruebas de la composición corporal con el DEXA POST	Técnico especialista en DEXA								X						X			
Sesión de formación para el grupo de fuerza	Investigador principal y el médico investigador									X								
Programa de entrenamiento para el grupo control	El entrenador personal y dos estudiantes de CAFyD en prácticas																X	
Análisis de resultados	Investigador principal y el médico investigador															X		
Publicación de resultados	Investigador principal																	X

Nota: Elaboración propia.

-Anexo 9. Organigrama equipo investigador.

Figura 2.

Organigrama de nivel del equipo de investigación.



Nota: Elaboración propia.

-Anexo 10. Presupuesto total del estudio.

Tabla 9.

Presupuesto total del estudio.

Tipo de gasto	Coste (€)
10 Polar	70 x 10= 700
Seguro de responsabilidad civil	575
Contrato con VIVOLABS para análisis de la microbiota	14.400
Técnico en DEXA	336
Servicio de nutricionista	100
Entrenador personal	3.600
TOTAL:	19.711€

Nota: Elaboración propia