



Universidad de Valladolid

Trabajo de Fin de Grado
- TFG -

Efecto de una intervención con ejercicio físico sobre la pérdida
de grasa localizada

Autor:

ÁNGEL CAMARERO ABAD

Tutor:

JOSÉ LOSA REYNA

Facultad de Educación

Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

- Soria 2024 -

ÍNDICE

1.- RESUMEN / ABSTRACT	2
2.- INTRODUCCIÓN.....	4
3.- MARCO TEÓRICO	6
3.1.- DEFINICIÓN, TIPOS Y DISTRIBUCIÓN DE LA GRASA CORPORAL.....	6
3.2.- DISTRIBUCIÓN	7
3.3.- GRASA ABDOMINAL SEGÚN SU DISTRIBUCIÓN.....	8
3.4.- PÉRDIDA DE GRASA LOCALIZADA.....	9
4.- OBJETIVOS E HIPÓTESIS	11
5.- METODOLOGÍA.....	12
5.1.- DISEÑO EXPERIMENTAL	12
5.2.- PARTICIPANTES	12
5.3.- PROCEDIMIENTOS.....	14
5.3.1.- COMPOSICIÓN CORPORAL	14
5.3.2.- PRUEBAS DE FUERZA ABDOMINAL.....	15
5.3.3.- PRUEBA INCREMENTAL	19
5.3.4.- ECOGRAFÍA	21
5.4.- INTERVENCIÓN CON EJERCICIO	25
6.- RESULTADOS	26
6.1.- DESCRIPCIÓN DE LOS PARTICIPANTES.....	26
6.2.- RESULTADOS DE LA INTERVENCIÓN	27
7.- DISCUSIÓN.....	35
8.- CONCLUSIONES.....	38
9.- LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	38
10.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
11.- ANEXOS	47

1.- RESUMEN / ABSTRACT

El presente estudio investiga la pérdida de grasa localizada y su relación con la salud, destacando su impacto en enfermedades crónicas. Se analiza la acumulación de grasa, especialmente la grasa abdominal visceral, que es más patogénica y está relacionada con enfermedades metabólicas y cardiovasculares.

La metodología del estudio incluye un diseño experimental con participantes sometidos a un programa de ejercicio específico de ocho semanas de duración para evaluar la pérdida de grasa en la zona abdominal, incluyendo dos entrenamientos por semana. Los resultados indican que el ejercicio aeróbico de resistencia en la zona abdominal puede aumentar la liberación y utilización de la grasa localizada. Los datos mostraron una disminución, aunque no significativa según el análisis con bioimpedancia, de la masa grasa total y abdominal, además de un descenso del índice de masa corporal y el índice de grasa visceral.

El grupo de intervención realizó entrenamientos que combinaban el trabajo aeróbico en cicloergómetro con trabajo abdominal de resistencia. El consumo máximo de oxígeno y la resistencia cardiovascular aumentaron significativamente. Además, se observaron mejoras significativas en la fuerza y resistencia muscular en los participantes del grupo de intervención.

A pesar de estos hallazgos, la evidencia sobre la efectividad del ejercicio en la pérdida de grasa localizada sigue siendo contradictoria. El estudio concluye con una discusión sobre las limitaciones y sugiere futuras líneas de investigación para aclarar la efectividad del ejercicio en la pérdida de grasa localizada.

Palabras clave: pérdida de grasa localizada; ejercicio físico; composición corporal; tejido adiposo; obesidad.

ABSTRACT

The present study investigates localized fat loss and its relationship to health, highlighting its impact on chronic diseases. It analyzes fat accumulation, particularly visceral abdominal fat, which is more pathogenic and related to metabolic and cardiovascular diseases.

The study methodology includes an experimental design with participants undergoing a specific exercise program of eight weeks duration to evaluate fat loss in the abdominal area, including two workouts per week. The results indicate that aerobic resistance exercise in the abdominal area can increase the release and utilization of localized fat. The data showed a decrease, although not significant according to bioimpedance analysis, in total and abdominal fat mass, as well as a decrease in body mass index and visceral fat index.

The intervention group performed training that combined aerobic work on a cycle ergometer with abdominal resistance work. Maximum oxygen consumption and cardiovascular endurance increased significantly. Additionally, significant improvements were observed in muscle strength and endurance in the participants of the intervention group.

Despite these findings, evidence on the effectiveness of exercise in localized fat loss remains contradictory. The study concludes with a discussion on limitations and suggests future lines of research to clarify the effectiveness of exercise in localized fat loss.

Key words: spot reduction; physical exercise; body composition; adipose tissue; obesity.

2.- INTRODUCCIÓN

La obesidad, es una pandemia mundial que sigue en preocupante aumento. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el 39% de la población sufre de sobrepeso y el 13% de obesidad en el 2016 (WHO, 2016). A nivel nacional, según la Encuesta Europea de Salud en España (2020), un 16,5% de hombres adultos y un 15,5% de mujeres padecen obesidad, siendo el 30,6% y el 44,9% los que tiene sobrepeso respectivamente (INE, 2020). La prevalencia de la obesidad ha alcanzado proporciones epidémicas, con tasas de obesidad infantil grave que se han triplicado en los últimos 25 años (Skelton et al., 2009). Comparado con otros países que participan en la estrategia COSI, España es el segundo país con cifras más elevadas de prevalencia del exceso de peso y el sexto en cuanto a prevalencia de la obesidad (WHO, 2021). Estas cifras ponen de relieve la importancia de este problema en nuestro país.

Existe una evidencia sólida acerca de la relación entre la obesidad y la salud. En este sentido, se sabe que la obesidad es un factor clave en el desarrollo de enfermedad cardiovascular, diabetes tipo 2, síndrome metabólico, cáncer y otras enfermedades crónicas (Emerging Risk Factors Collaboration, 2011). Además, no solamente se incrementa el riesgo de comorbilidades sino también el riesgo de muerte prematura (Adamas et al., 2006).

La acumulación de tejido adiposo en el humano está directamente relacionada con la patofisiología de la obesidad y con las deficiencias metabólicas consecuentes (REF). En este sentido, la acumulación de grasa en zonas específicas puede estar influido entre otros por el estilo de vida, por ejemplo, pasar muchas horas sentado o usando solamente las extremidades superiores. Hay que mencionar que el tejido adiposo no se desarrolla de forma regular, sino que se distribuye en depósitos anatómicos diferenciados (Fujimoto et al., 2014). Así, el 10-20% del total de la masa grasa está contenido en forma de grasa visceral (VAT), localizada en la zona central o abdominal alrededor de los órganos (Després et al., 2006). El resto de la grasa es lo que se conoce como grasa subcutánea (SAT) que se encuentra inmediatamente debajo de la piel, en diferentes zonas regulado por diferentes factores hormonales y/o fisiológicos (Smith et al., 2001). Según Pérez Miguelansanz y col., (2010), muchos de los riesgos relacionados con el exceso de grasa son causados por la localización de la misma, más que por la cantidad total. Es por ello que sería ideal identificar un compartimento de tejido adiposo mórbido y ser capaces de actuar directamente sobre éste.

En los últimos años, se ha prestado una atención creciente a la adiposidad abdominal y su asociación con un mayor riesgo de mortalidad (Pischon et al., 2008). De hecho, la gran diferencia es que la VAT se considera más patogénica y juega un rol esencial en el metabolismo, ya que el tejido adiposo ya no se considera únicamente un depósito energético, sino que son reconocidas sus funciones endocrinas y paracrinas que juegan un papel vital en la homeostasis mediante la secreción de una gran variedad de mediadores bioactivos y citoquinas (Ahima R. S., 2006).

En las pasadas décadas, las guías de actuación de organismos reconocidos internacionalmente han incorporado el ejercicio regular y la restricción calórica dentro de las estrategias de cambio de estilo de vida como parte del tratamiento y/o prevención de la obesidad (Durrer et al., 2019; Garvey et al., 2016; Jensen et al., 2013; Yumuk et al., 2015). Aquí, la actividad física y el ejercicio ejercen un rol primordial, ya que no solo ayudan a aumentar el gasto energético, sino que promueven la movilización y la oxidación de ácidos grasos almacenados en el tejido adiposo (Thompson et al., 2012). Aunque está ampliamente demostrado que la actividad física tiene un impacto sobre el proceso de pérdida de peso (Donnelly et al., 2009), sigue existiendo un debate sobre la pérdida de grasa localizada. Esto podría ser debido a que, además de las complejas interacciones entre las características del programa de ejercicio (intensidad, modalidad, adherencia, etc), la diversa respuesta regional del tejido adiposo al ejercicio, y la variabilidad biológica entre individuos de los moduladores del metabolismo de la grasa (sexo, nivel de obesidad, etc), son múltiples los factores o determinantes que hay que controlar entre el grupo control y el experimental, como son la dieta, la variación estacional, la genética, y aspectos psicológicos entre otros (Ramírez Campillo et al., 2021).

Ante la complejidad que supone llegar a una conclusión definitiva sobre la pérdida de grasa localizada, analizaremos en este proyecto las diferentes posiciones al respecto, y seguiremos el modelo propuesto por Brobakken et al., (2023), el cual afirma que se puede lograr una pérdida de grasa localizada mediante el ejercicio abdominal aeróbico.

3.- MARCO TEÓRICO

3.1.- DEFINICIÓN, TIPOS Y DISTRIBUCIÓN DE LA GRASA CORPORAL

La grasa, definida por Pérez Miguelsanz y col., (2010) como un componente del cuerpo humano que se acumula en forma de tejido graso o adiposo (TA), actuando como reserva de lípidos, y siendo también un órgano endocrino que produce gran variedad de hormonas y citoquinas con función de regular el metabolismo, teniendo una gran influencia en la composición del cuerpo humano. Siguiendo al mismo autor, el TA es el componente del cuerpo humano que más puede variar, tanto entre diferentes personas, pudiendo suponer desde un 6% hasta más del 60 % del peso corporal, como en una misma persona, que puede pasar con el paso del tiempo por distintas etapas de obesidad y delgadez.

El ser humano presenta dos tipos de TA según su función, la grasa blanca y la grasa parda. Ambas tienen la capacidad de almacenar cantidades importantes de lípidos, pero en cuanto al metabolismo energético presentan diferencias significativas.

El TA pardo (grasa parda, marrón o multilocular), llamado así por su color, se diferencia de la grasa blanca por sus características bioquímicas, y su principal función es producir calor, bien para regular la temperatura corporal, o bien para regular el balance energético. Los triacilglicéridos que se acumulan en el TA pardo son directamente utilizados por el propio tejido, aunque también podría tener la función de proveer ácidos grasos rápidamente movilizables en algunas ocasiones (Trayhurn, P., et al., 1987). A día de hoy, sabemos que este tipo de TA está presente en todas las etapas de la vida del ser humano, pero es en el feto y en el recién nacido donde tiene mayor importancia, suponiendo un 2-5 % del peso total.

Por otro lado, el TA blanco (grasa blanca, amarilla o unilocular), cuyas células tienen la característica de poseer una única gota de ácidos grasos metida en una gran vacuola, que deja un espacio muy reducido para el citosol. Los adipocitos pueden llegar a ser muy grandes, pero poseen un número de mitocondrias reducido, además, el TA blanco posee también una escasa vascularización e inervación (Pérez Miguelsanz y col., 2010). Si nos centramos en sus funciones, las principales son: síntesis de lípidos gracias a los excedentes de carbohidratos y proteínas; actuar ante estímulos hormonales y nerviosos; sintetizar y secretar sus propias

hormonas; y finalmente actuar como reserva de energía, sintetizando, almacenando y degradando ácidos grasos (Trayhurn, P., et al., 2001).

Según Sjostrom L., et al., (1972), el número de adipocitos parece establecerse durante la infancia y la adolescencia, y a partir de entonces es constante. Además, este número puede ser determinante en el nivel de obesidad en la adultez, siendo muy relevante la correlación entre la grasa corporal y el número de células grasas en personas obesas. Por otro lado, el tamaño de las células de grasa depende del balance energético de éstas. De esta forma nos encontramos con dos tipos de obesidad, la obesidad hiperplástica o hipercelular (número de adipocitos $> 5 \times 10^{10}$) que normalmente se desarrolla desde la infancia, y la obesidad hipertrófica, la cual supone un aumento en el tamaño de las células grasas, en este tipo de obesidad el peso de los adipocitos es mayor a 0,42 mg en los sujetos menores de 35 años, y mayor a 0,82 mg en sujetos mayores de 35 años.

Hoy en día es más común la obesidad hipertrófica en el adulto, estando ésta a menudo relacionada con problemas metabólicos varios, destacando la intolerancia a la glucosa, hiperlipidemia, hipertensión y enfermedades cardiovasculares (Pérez Miguelsanz y col., 2010).

3.2.- DISTRIBUCIÓN

Según la distribución de la grasa en el cuerpo, la obesidad se puede dividir varios tipos, que según la Sociedad Española del Estudio de la Obesidad (SEEDO, 2007) son androide y ginoide.

La obesidad androide hace referencia a una mayor acumulación de grasa a nivel abdominal y e implica un mayor riesgo de desarrollar complicaciones metabólicas y vasculares. A su vez, podemos encontrar dos tipos de obesidad androide, una en la que el exceso de tejido adiposo se localiza en la zona subcutánea, y otra con disposición de grasa mayormente intraabdominal, en la zona visceral.

Por otro lado, la obesidad ginoide se caracteriza porque el exceso de grasa se localiza en la zona inferior, en la zona glúteo-femoral. La obesidad ginoide está relacionada con una mayor tendencia a los problemas de tipo mecánico, siendo menor la tendencia a provocar complicaciones metabólicas.

Finalmente, se puede encontrar la obesidad de distribución homogénea, en cuyo caso el exceso de grasa se distribuye de manera más o menos uniforme, sin que haya un área del cuerpo en la que predomine sobre el resto..

3.3.- GRASA ABDOMINAL SEGÚN SU DISTRIBUCIÓN

Siguiendo la clasificación propuesta por Shen et al. (2003), veremos a continuación los tres tipos de depósitos de TA en el abdomen.

En primer lugar, encontramos el TA Subcutáneo, el cual se puede analizar mediante la medición de pliegues cutáneos. A su vez, se puede dividir en dos compartimentos distintos. Tejido adiposo subcutáneo superficial (TASS) y Tejido adiposo subcutáneo profundo (TASP). La grasa del TASS se acumula en una capa entre la dermis profunda y la piel abdominal, con un tamaño relativamente constante. Esta grasa se caracteriza por ser uniforme y densa, y su grosor nos permite conocer una estimación de la grasa subcutánea total. Por su parte, el TASP se sitúa en una zona más profunda, por debajo de la capa superficial, y se encuentra separada por una fascia subcutánea que se une con la pared muscular del abdomen en algunos puntos. Tiene más tendencia a aumentar su grosor en personas con obesidad. La estructura de la grasa en este compartimento no es tan uniforme como en la capa superficial. Es destacable que la grasa subcutánea profunda posee una mayor velocidad de síntesis de lípidos, y la actividad de degradación de lípidos es mayor en sus adipocitos, por lo que su volumen cambia con más facilidad que el TASS.

Otro de los depósitos de grasa en el abdomen es el TA Intraabdominal, visceral o perivisceral. Este TA se encuentra dentro de las paredes óseas y musculares de la zona abdominal, por lo que para su medición no se pueden usar las técnicas de pliegues cutáneos o perímetros. De igual forma que la grasa subcutánea, se puede subdividir en dos tipos, el TA Intraperitoneal y el TA Extraperitoneal. En los hombres, existe una correlación positiva entre el TA visceral y el índice de masa corporal (IMC), por lo que podemos decir que la grasa visceral se acumula proporcionalmente al grado de obesidad.

La importancia del TA Visceral, radica en que una cantidad excesiva se asocia con factores de riesgo de enfermedad cardiovascular (Kissebah et al., 1994). Una acumulación excesiva de

grasa visceral y las complicaciones metabólicas que implica, han causado que al síndrome metabólico se le denomine en ocasiones como “síndrome de grasa visceral”. A este síndrome corresponden la intolerancia a la glucosa, hiperlipidemia, hipertensión y la acumulación de grasa visceral. Además, Pérez Miguelsanz y col., (2010), explica que el índice de grasa visceral respecto al subcutáneo (TAV/TAST) es un factor determinante para la diagnosticación de problemas metabólicos. Es decir, la masa relativa de los diferentes compartimentos de grasa es un factor más relevante que su tamaño total, refiriéndonos a su impacto en el metabolismo.

Por último, podemos definir el TA Muscular. La grasa muscular hace referencia a los distintos depósitos en los que se acumulan los lípidos en el tejido muscular. En primer lugar, encontramos adipocitos localizados entre las fibras musculares (lípidos extramiocelulares o extramiocitarios). Dentro de las fibras musculares, existen lípidos en forma de triacilgliceroles, comunmente junto a las mitocondrias para servir de fuente de energía durante el ejercicio de larga duración (lípidos intramiocelulares o intramiocitarios). Este tipo de lípidos son más abundantes en las fibras musculares de tipo I. Por último, existe la grasa intermuscular, que son los depósitos que se encuentran localizados entre distintos músculos.

El problema que implica un aumento en la cantidad de lípidos intramiocelulares, es que supone una anomalía temprana en el desarrollo de la resistencia a la insulina, provocando una absorción incorrecta de la glucosa en el músculo esquelético (Jacob, S., et al. 1999), y todo esto sin olvidar que los músculos constituyen el tejido sensible a insulina más abundante en el cuerpo humano, teniendo la capacidad de absorber el 40% de la glucosa postprandial y de consumir el 20% de la energía corporal (Pérez Miguelsanz y col., 2010).

3.4.- PÉRDIDA DE GRASA LOCALIZADA

Con “pérdida de grasa localizada” nos referimos a la pérdida localizada de grasa subcutánea como resultado de ejercitar una parte específica del cuerpo (Roby, 1962). Si nos sumergimos en la literatura científica podemos encontrar mucha controversia sobre si esta reducción localizada se puede controlar gracias al entrenamiento. Las conclusiones no son claras debido a la gran diversidad de aspectos que pueden afectar a la pérdida de grasa, ya sea el tipo de entrenamiento, su intensidad y duración, la zona del cuerpo ejercitada, tamaño y características de los sujetos estudiados e incluso las técnicas utilizadas para medir la cantidad de grasa.

Son varios los estudios que abordan el tema y llegan a la conclusión de que el entrenamiento de una zona muscular determinada no tiene efectos sobre los depósitos de grasa de esa misma zona (Gwinup et al., 1971; Katch et al., 1984; Krotkiewski et al., 1979; Roby, F. B., 1962; Schade et al., 1962; Ramirez- Campillo et al. 2021; Kostek et al. 2007). De hecho, Ramirez- Campillo, R., (2021), llega a afirmar que la creencia popular de que se puede perder grasa de forma localizada se ha formado seguramente a partir de deseos ilusorios y estrategias de marketing convenientes, influencers que han querido ganar popularidad o vendedores de procedimientos o entrenamientos que querían aumentar sus ventas.

En contraposición con estos autores, también encontramos estudios que han querido aumentar el conocimiento en este campo, y que finalmente han obtenido unos resultados que parecen indicar que mediante determinados entrenamientos se puede lograr una pérdida de grasa de forma localizada. Checkley et al., (1895) es uno de los pioneros en esta área, y propuso que la grasa se eliminaba con mayor velocidad en las zonas del cuerpo donde los músculos eran más activos. Más adelante, en 1968, Olson et al., realizaron un estudio en el que como resultado vieron que realizando ejercicio intenso en un área específica del brazo lograban una reducción del tejido adiposo subcutáneo en ese brazo. Estudios más recientes (Scotto di Palumbo et al., 2017; Paoli et al., 2021), que combinan ejercicios de pesas localizados junto con entrenamiento de resistencia cardiovascular, han logrado dirigirse a sitios específicos de tejido adiposo.

En otro modelo experimental, el estudio realizado por Brobakken et al., (2023), analizó el efecto del ejercicio aeróbico de resistencia de la zona abdominal, viendo que conlleva un aumento en la liberación y utilización del tejido adiposo almacenado adyacente a los músculos que realizan el trabajo, en lugar de una utilización generalizada de grasa en todo el cuerpo. Dicho autor menciona que la elección de ejercicios abdominales en lugar de ejercicios para las extremidades inferiores, aplicados solo en hombres, sea la clave para entender los resultados obtenidos. Su estudio implicó un entrenamiento de diez semanas de duración, en las que el grupo experimental realizó un entrenamiento de resistencia aeróbica de la región abdominal con una intensidad relativamente alta. El gasto energético total de dicho entrenamiento se ajustó al del grupo control, que realizó un entrenamiento de resistencia en la cinta de correr. Finalmente aportó la conclusión de que la reducción localizada de grasa se puede lograr en hombres adultos con sobrepeso.

Como se puede observar, existe una gran controversia en torno a la pérdida de grasa localizada y los recientes hallazgos del estudio de Brobakken et al., (2023), por lo que uno de los objetivos principales de este trabajo de final de grado es adaptar el protocolo utilizado en su estudio a los medios disponibles, y de esta forma investigar sobre la pérdida de grasa en este contexto.

4.- OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Objetivo General

- Describir el efecto que tiene un programa de ejercicio diseñado específicamente (entrenamiento de fuerza + entrenamiento resistencia) sobre la pérdida de grasa localizada.

Objetivos secundarios

- Describir el efecto de este tipo de entrenamiento sobre la composición corporal, especialmente sobre la masa muscular y la grasa visceral.
- Describir el efecto de este programa sobre la condición física: fuerza y capacidad cardiorrespiratoria.

Según lo expuesto en el marco teórico, este estudio pretende que, mediante la combinación de un trabajo muscular localizado junto con un trabajo aeróbico de resistencia, se facilite y promueva el flujo sanguíneo del TA en la zona abdominal, y por lo tanto aumente la quema de grasa en dicha zona.

5.- METODOLOGÍA

5.1.- DISEÑO EXPERIMENTAL

El presente trabajo es un estudio piloto, en el que un grupo experimental realizó una intervención con ejercicio durante 8 semanas. Tanto previo a la intervención, como al finalizar, los participantes fueron evaluados con respecto a su composición corporal y su condición física. En una primera visita, se tomaron los perímetros corporales del brazo, cintura, cadera y muslo, seguido de un análisis de bioimpedancia para conocer la composición corporal, además, se realizó una ecografía muscular y abdominal. Posteriormente, en una segunda visita, se realizaron las pruebas para conocer la condición física de los sujetos. En primer lugar, se realizaron tres pruebas de fuerza isométrica máxima, a continuación, un test de resistencia abdominal, y, por último, una prueba incremental hasta el agotamiento en cicloergómetro.

Antes de comenzar las pruebas físicas, todos los participantes realizaron el cuestionario de aptitud para la actividad física PAR-Q. Ningún sujeto tuvo que ser descartado. La investigación se realizó en el Campus de Soria de la Universidad de Valladolid, siendo esta entidad la que aportó los materiales necesarios para llevar a cabo el entrenamiento y las mediciones necesarias.

5.2.- PARTICIPANTES

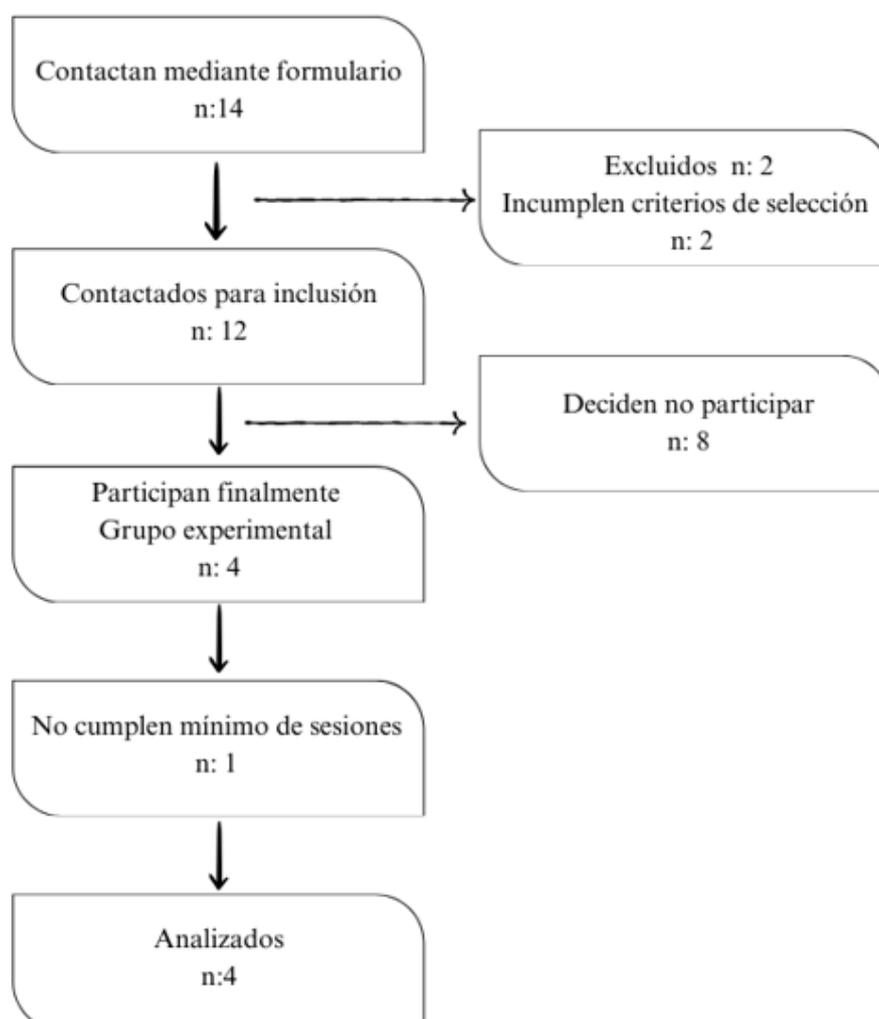
Para componer la muestra del estudio se han reclutado hombres activos, aparentemente sanos, de entre 20 y 45 años. Dichos sujetos sí que realizaban actividad física moderada fuera de los entrenamientos del estudio, y mantuvieron dicha actividad a pesar de los entrenamientos realizados para la investigación. Todos los sujetos seleccionados para el estudio tenían sobrepeso, que según la SEEDO implica un índice de masa corporal (IMC) mayor de 25 Kg/m².

Para la búsqueda y reclutamiento de los sujetos participantes en el estudio, se utilizaron principalmente las redes sociales de WhatsApp e Instagram, a través de las cuales se difundió un cartel diseñado previamente con la información básica y un enlace para realizar una preinscripción al estudio. El cartel de reclutamiento se muestra en el Anexo 1. Dicha preinscripción consistió en un formulario de Google Forms en el que debían aportar datos sobre

sus niveles de actividad física orientativos, así como datos antropométricos básicos (altura y peso), además de un teléfono y correo de contacto. De esta manera recibimos un total de 14 respuestas al formulario. Dos de ellas no cumplieron con el perfil buscado para la investigación. El resto de preinscritos fueron contactados por teléfono para recibir información más detallada y conocer su disponibilidad de horarios para realizar el estudio. Finalmente, 5 sujetos fueron los que comenzaron a realizar las pruebas de composición corporal, siendo solo 4 los que finalmente decidieron continuar con el estudio. A continuación, se muestra en la Figura 1 la participación durante el estudio.

Figura 1

Diagrama de flujo de la participación en el estudio.



5.3.- PROCEDIMIENTOS

5.3.1.- COMPOSICIÓN CORPORAL

Debido al horario laboral de los participantes, no fue posible realizar la evaluación de la composición corporal por la mañana para todos los participantes, por lo que se intentó realizar las pruebas en el mismo horario para cada sujeto. Previamente a la visita, se instruyó a los participantes para que el día previo a las pruebas, no realizasen ejercicio físico vigoroso ni bebiesen alcohol o bebidas estimulantes (cafeína, teína, bebidas energéticas, etc.). Además, el día de las pruebas, los sujetos vinieron en ayunas (+ 8 horas) y siendo la última comida poco abundante. La semana previa a las pruebas de laboratorio, debían hacer un protocolo de hidratación, consistente en tomar al menos cuatro vasos de agua repartidos a lo largo del día. Además, debían observar el color de la orina por la mañana, para identificar en la escala el nivel de hidratación de cada día (Figura 2). Si el nivel es 5 o superior es necesario incrementar ligeramente la ingesta de agua.

Figura 2

Escala proporcionada a los participantes para el control de la hidratación.

Nivel 1		Bien hidratado
Nivel 2		Hidratado
Nivel 3		Hidratado
Nivel 4		Hidratado normal o Leve deshidratación
Nivel 5		Deshidratado
Nivel 6		Deshidratado
Nivel 7		Severa deshidratación
Nivel 8		Severa deshidratación



De forma individual, se midió la altura y las circunferencias de los sujetos, así como el análisis bioimpedancia (BIA), en una zona habilitada exclusivamente para ello. La altura y el peso se recopilaron con los pies descalzos y con ropa ligera. La altura se midió hasta ± 0.5 cm con un estadiómetro montado en la pared (HR-200; Tanita). La composición corporal se analizó mediante análisis de bioimpedancia con un analizador de cuerpo Tanita Modelo SC 240 (Tokyo, Japan). Las mediciones de BIA se realizaron según las instrucciones del fabricante.

La medición de los perímetros se realizó para el brazo, la cintura, la cadera y el muslo. Para la medición de las circunferencias se siguió un protocolo estandarizado utilizando una cinta métrica no elástica con precisión de un milímetro. El sujeto se colocó en bipedestación, con ropa ligera, piernas ligeramente separadas y el peso uniformemente distribuido en ambas piernas para todas las mediciones. Todas las mediciones de brazo y muslo se tomaron del lado izquierdo de los sujetos. En primer lugar, se midió la circunferencia del brazo. Se identificó el punto medio entre el acromion y el olécranon con el codo en flexión de 90 grados. Una vez marcado el punto medio, el sujeto extendió el codo y se tomó la medición en el punto marcado con la cinta métrica. Para la medición de la cintura, se identificó la cresta iliaca mediante palpación y se colocó la cinta métrica alrededor de la cintura, asegurándose de que esta no comprimiera la piel y que estuviera a nivel con el punto de referencia identificado. Posteriormente se midió la circunferencia de la cadera, localizando los trocánteres mayores de la cabeza del fémur, y colocando la cinta métrica alrededor en su circunferencia máxima. Por último, para medir la circunferencia del muslo, se identificó un punto de referencia situado un centímetro por debajo del pliegue glúteo, perpendicular al eje longitudinal del muslo.

5.3.2.- PRUEBAS DE FUERZA ABDOMINAL

Las pruebas se llevaron a cabo en un entorno constante, siguiendo una secuencia idéntica en su administración y bajo la supervisión continua de los mismos investigadores. Todas las sesiones de mediciones incluyeron, por este orden, las pruebas de fuerza máxima y de resistencia en una única sesión en el mismo día, y tuvieron una duración aproximada de 45 minutos.

Previamente a la ejecución de los test, los investigadores realizaron ajustes en los dispositivos, adaptándolos a las características antropométricas de los participantes, al tiempo que proporcionaron instrucciones detalladas sobre la posición corporal que debían adoptar.

Para evaluar la fuerza máxima isométrica de los músculos del tronco se utilizó una galga de fuerza SUIFF PRO S2 (España), que permite registrar y monitorizar la fuerza en tiempo real a través de una aplicación móvil (SUIFF PRO para Android). Mediante esta herramienta se realizaron tres test diferentes. Dos de ellos se enfocaron en evaluar la musculatura flexora en el plano sagital, y el tercero evaluó los músculos rotadores del tronco, en el plano transversal.

Los participantes realizaron un calentamiento que comenzó con un tiempo de entre 5 y 10 minutos en bici estática con una resistencia de 50 W, seguido de unos ejercicios básicos de movilidad centrados en la zona del tronco. Antes de realizar el test, los sujetos evaluados fueron instruidos para realizar correctamente cada ejercicio, y realizaron 5 repeticiones de práctica con una carga submáxima.

Inicialmente se llevó a cabo un protocolo de evaluación mediante la aplicación de tres test de fuerza máxima isométrica, con un descanso entre ellos de 3 minutos, seguido de manera consecutiva por un test de resistencia, con un intervalo de recuperación establecido en un lapso mínimo de 5 minutos entre ambas evaluaciones. Cabe destacar que, en cada una de estas pruebas, no se implementaron estrategias de motivación con el fin de estimular a los participantes durante la ejecución de los ejercicios. Este enfoque se orientó hacia la obtención de mediciones precisas y representativas de las capacidades físicas evaluadas.

TEST FLEXORES DE TRONCO EN DECÚBITO SUPINO EN BANCO PLANO

El sujeto evaluado se colocó en un banco plano (Steelbody by Marcy STB 10101, EEUU). en decúbito supino, con las rodillas flexionadas a 90° y la cadera en posición neutra (Figura 3). Los brazos flexionados sobre el pecho sujetaron una barra a la que estaba unida una cinta conectada con la galga de fuerza. Esta cinta tenía una posición paralela al banco. Desde esta posición el sujeto debía realizar una contracción máxima isométrica de los músculos flexores del tronco.

Tras la familiarización, se realizaron tres mediciones, con un intervalo de reposo de 30 segundos entre cada una. Si se detectaba una discrepancia que superara los 100 N en alguno de los tres valores obtenidos, se repitió la medición. Los valores de fuerza fueron registrados expresados en kilogramos (Kg).

Figura 3

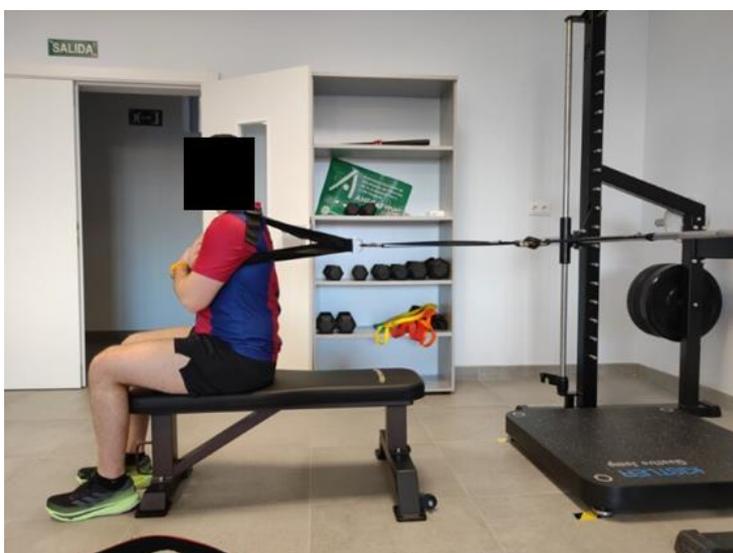
Posición inicial del test de fuerza máxima isométrica en decúbito supino.

**TEST FLEXORES EN SEDESTACIÓN EN BANCO PLANO**

En este caso se realizó en un banco inclinado, con el sujeto sentado, el tronco en vertical y las piernas fijas. La cinta conectada a la galga se sujetaba con un arnés a la altura del pecho (Figura 4). Desde esta posición los participantes realizaron una contracción máxima de la musculatura flexora del tronco. El protocolo realizado fue el mismo que el test anterior.

Figura 4

Posición inicial del test de fuerza máxima isométrica en sedestación.



TEST FUERZA ISOMÉTRICA MÁXIMA PRESS PALLOF

Los participantes debían estar de pie, con los pies separados a la altura de los hombros y las rodillas flexionadas ligeramente. Los brazos debían estar extendidos completamente, de forma perpendicular al tronco. Se utilizó un agarre estándar, el cual se agarró con ambas manos (Figura 5). A partir de esa posición, el participante debía ejercer fuerza para generar una rotación de tronco en el plano transversal.

El protocolo a seguir es el mismo que los test anteriores, aunque en este caso se realizó primero hacia un lado, y posteriormente hacia el otro.

Figura 5

Sujeto siendo instruido para realizar el test de fuerza isométrica Press Pallof.



TEST RESISTENCIA ABDOMINAL

Se realizó una prueba parcial de flexión abdominal denominada *partial curl-up test* de la Canadian Standardized Test of Fitness (Sidney et al., 1990). Los sujetos se colocaron tumbados en decúbito supino, con las rodillas flexionadas a 90° y las manos descansando a los lados. Se colocaron unas líneas a 12 centímetros del dedo corazón (Figura 6). Desde esta posición el

participante realizó flexiones de tronco hasta tocar la línea indicada. Se usó un metrónomo para marcar una cadencia de 25 repeticiones por minuto. Solo se permitió una corrección de la técnica o de la velocidad indicada, un segundo aviso o no alcanzar la línea marcada, suponía el fin de la prueba. El número de repeticiones realizadas por el sujeto se contabilizó sin límite, y sin informar al sujeto de dicho número.

Figura 6

Posición inicial del test de resistencia abdominal.



5.3.3.- PRUEBA INCREMENTAL

Para la realización del test se instaló una banda de frecuencia cardíaca (Garmin HRM- Dual, Olahte, EEUU) y se vinculó con la aplicación Polar FLOW (España).

A continuación, el sujeto se tumbó sobre una esterilla y permaneció relajado 5 minutos, anotándose su frecuencia cardíaca en reposo. Se ajustó la altura del sillín y dimensiones del cicloergómetro a las dimensiones del sujeto. Se utilizó un cicloergómetro de la marca Elgoline GmbH, modelo ergoselect 100 (Alemania). Una vez hecho esto, se comenzó con la realización de la prueba incremental hasta el agotamiento. Tras un calentamiento de 5 minutos con una resistencia de 50 W, el sujeto debía mantener una cadencia de pedaleo libre entre 70-90 rpm. La resistencia del cicloergómetro se aumentó en 20 W cada minuto hasta que el sujeto alcanzara la fatiga volitiva, o no fuera capaz de mantener la cadencia de pedaleo por encima de 60 rpm. A su vez, en cada minuto se midió la percepción del esfuerzo mediante la escala de Borg

modificada, que comprende una escala del uno al diez, donde uno supone un esfuerzo muy suave, y diez implica un esfuerzo máximo (Figura 7). La escala de Borg es una escala estandarizada y validada en español, rápida y fácil de aplicar, que permite evaluar de forma gráfica la percepción subjetiva de la dificultad respiratoria o del esfuerzo físico ejercido (Chávez y col., 2012). Para terminar la prueba los sujetos realizaron una vuelta a la calma de 5' a 50 W y cadencia libre. Siguiendo la ecuación de Storer et al., (1990), se calculó el consumo máximo estimado de oxígeno del sujeto, en el caso de los hombres:

$$VO^2 \text{ max } (ml * min^{-1}) = (10,51 \times \text{Potencia pico max}) + (6,35 \times \text{Peso corporal}) - (10,49 \times \text{Edad}) + 519,3$$

Todos los datos de la prueba se anotaron en la tabla de registro que se muestra en el Anexo 2. Ante cualquier síntoma de dolor en el pecho, mareo, malestar, o similar, se debía bajar la carga y posteriormente detener el ejercicio. En ningún caso fue necesario.

Figura 7

Sujeto realizando la prueba incremental hasta el agotamiento en cicloergómetro.



5.3.4.- ECOGRAFÍA

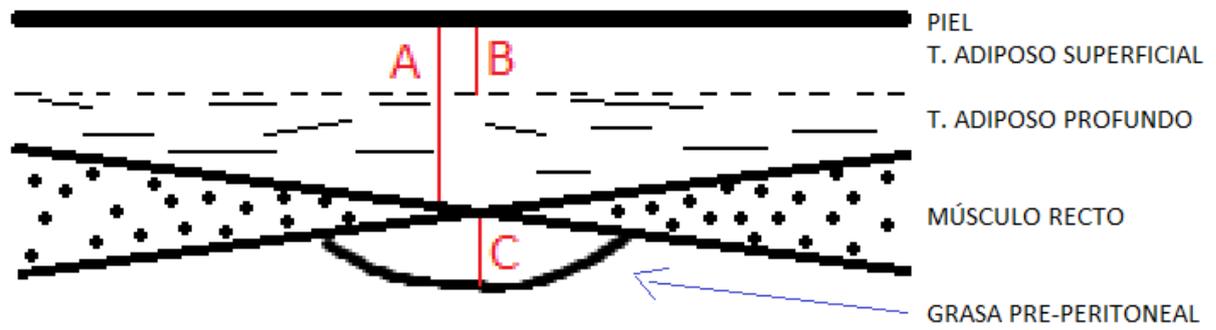
La ecografía es una técnica portátil, no invasiva y económica, que utiliza la determinación de las medidas a través de ultrasonido para evaluar la composición corporal del organismo. Comprende la evaluación de los compartimentos corporales como el tejido adiposo y muscular.

ECOGRAFÍA DE LA PARED ABDOMINAL

La ecografía abdominal es muy útil para analizar la grasa total, superficial y preperitoneal. Para su medición, el sujeto debía colocarse tumbado en decúbito supino. Tras aplicar sobre la zona gel conductor para mejorar la imagen, el transductor de la sonda se sitúa entre el apéndice xifoides y el ombligo, en la línea media. Idealmente se identificó primero la línea alba, que separa ambos músculos rectos del abdomen, y una vez tomada dicha referencia resultó más fácil identificar el resto de los compartimentos de tejido adiposo. Las imágenes se toman durante la espiración, en un plano transversal con una profundidad de sonda de 4-10 cm, perpendicular a la piel. La sonda utilizada fue una Vscan Air™ CL (GE Healthcare, EEUU), que se conectó a la aplicación Vscan Air™, para Android. Esta sonda tiene dos opciones, la sonda convexa (frecuencia 2-5 MHz, profundidad máxima de 24 cm) y la sonda lineal (frecuencia 3-12 MHz, profundidad máxima de 8 cm). Gracias a la aplicación del móvil, se puede ver la imagen en tiempo real, y en un momento determinado congelar la imagen. De esta forma se llevaron a cabo las mediciones, congelando la imagen la aplicación permite medir longitudes, con precisión de 1 mm, trazando una línea sobre la imagen. Se tomó una única medida de cada compartimento analizado. En la Figura 8 se muestra una representación de la pared abdominal, donde se pueden diferenciar los diferentes tejidos que muestra la imagen de la ecografía, y en la Figura 9, se puede observar un ejemplo de la imagen obtenida con el ecógrafo, en la cual, mediante la aplicación, se ha podido medir el TA total del abdomen.

Figura 8

Representación gráfica pared abdominal.



Nota. *A, grasa subcutánea total; B, grasa subcutánea superficial; C, grasa preperitoneal.

Figura 9

Ecografía del tejido adiposo total del abdomen.



ECOGRAFÍA DEL RECTO ANTERIOR DEL CUÁDRICEPS

Para las mediciones en la pierna, el sujeto se colocó en decúbito supino, con las rodillas extendidas y relajadas, y desde esta posición se midió el punto medio entre la cresta ilíaca anterosuperior y el borde superior de la rótula. También fue importante centrar la imagen sobre el recto anterior del cuádriceps, es decir, el músculo puede desplazarse hacia un lado, y hay que girar ligeramente la pierna para poder medirlo con la sonda. En primer lugar, se tomaron las medidas con el músculo relajado, incluyendo: circunferencia del músculo recto anterior del cuádriceps; ejes X e Y del músculo recto anterior, en un corte transversal; tejido adiposo subcutáneo. Posteriormente se pidió a los sujetos que contrajeran el cuádriceps para tomar las medidas del eje X e Y del músculo recto anterior en contracción. En la Figura 10 se muestra un esquema del muslo en la que se pueden ver los ejes del recto anterior, y en la Figura 11 una imagen tomada con el ecógrafo, en la que se mide el eje X en contracción.

Figura 10

Representación gráfica del muslo.

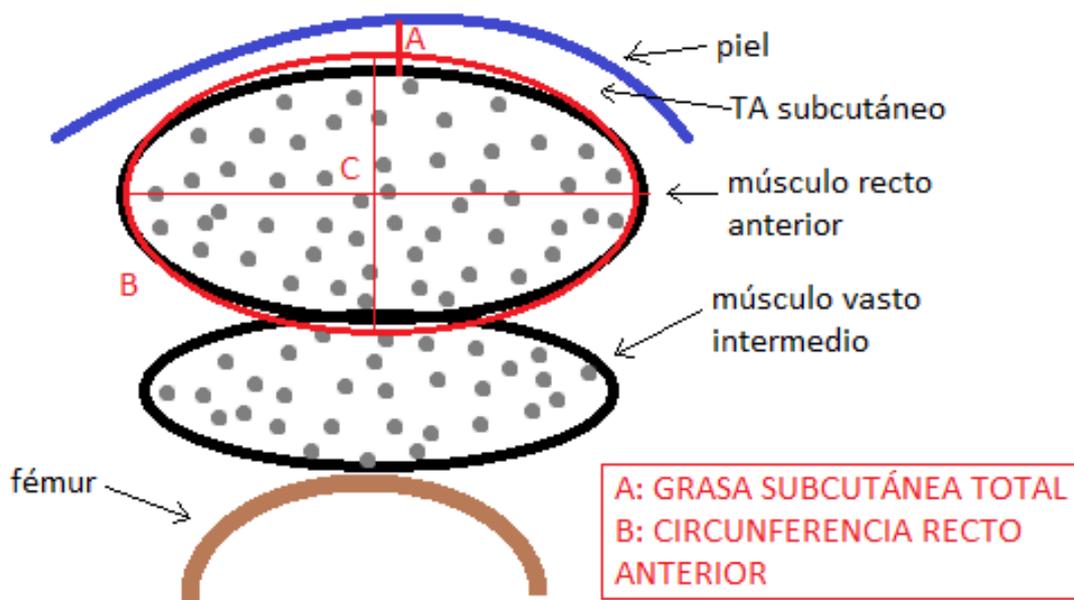


Figura 11

Ecografía del eje X del músculo recto anterior del cuádriceps en contracción

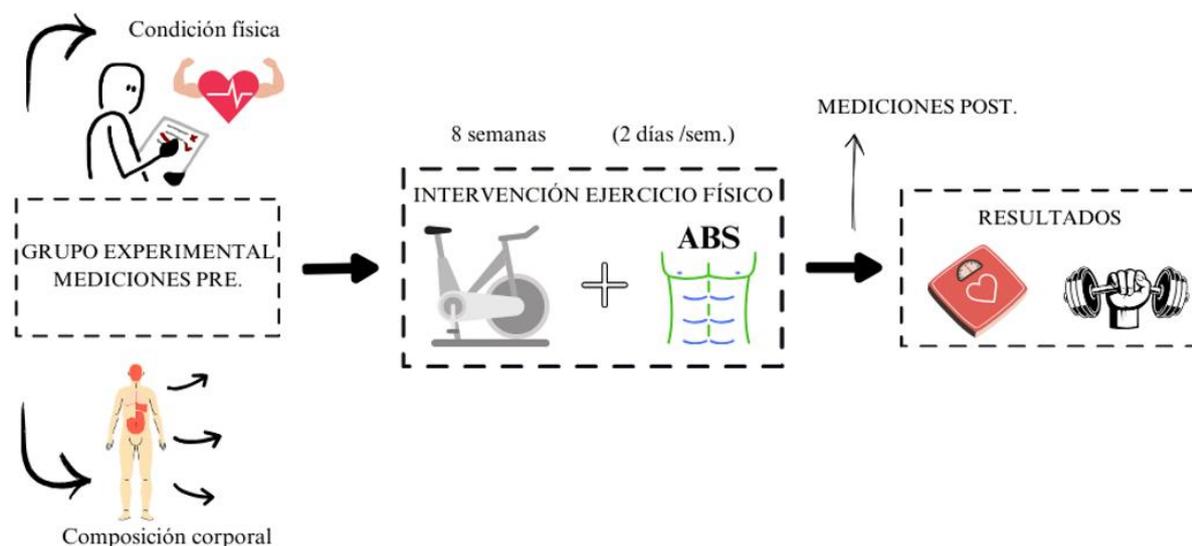


5.4.- INTERVENCIÓN CON EJERCICIO

La intervención diseñada se compuso de entrenamientos que combinaban trabajo aeróbico en cicloergómetro con trabajo de fuerza resistencia abdominal (Figura 12). Esta dinámica de entrenamiento está inspirada en el estudio de Brobakken et al., (2023), que combina largos periodos de trabajo aeróbico abdominal con trabajo en máquina de correr. Dichos entrenamientos se realizaron dos veces por semana, durante un total de ocho semanas.

Figura 12

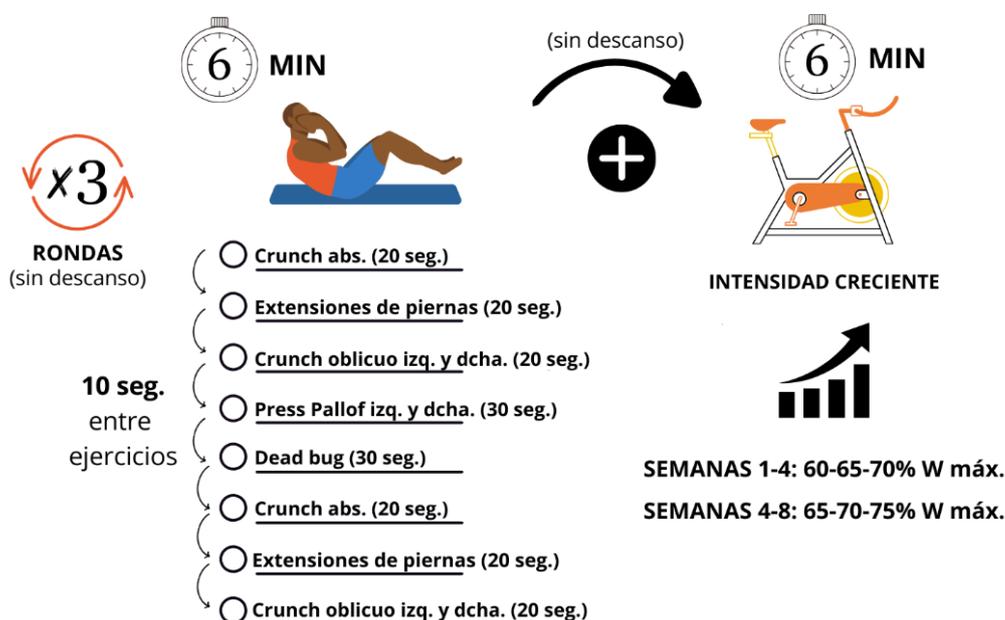
Representación gráfica diseño experimental.



La sesión de entrenamiento se compone de tres rondas en las cuales se realizan 6 minutos de trabajo abdominal y 6 minutos de trabajo en cicloergómetro. No se realizó descanso entre cada una de las rondas, ni en el cambio del trabajo abdominal al trabajo en cicloergómetro, únicamente el tiempo necesario para ajustar la altura del sillín y prepararse para empezar, que en ninguna ocasión superó los 30 segundos. Por lo tanto, la duración total de los entrenamientos fue de 36-40 minutos. La intensidad del trabajo en cicloergómetro se muestra en la Figura 13, siendo de 60-65-70% de la potencia máxima alcanzada durante el test incremental de esfuerzo, durante las cuatro primeras semanas, y de 65-70-75% durante las cuatro últimas semanas. Respecto a al trabajo abdominal, al trabajar por tiempo, y no por número de repeticiones, los sujetos tenían libertad para ajustar la velocidad de ejecución de los ejercicios, de tal forma que pudieran trabajar durante todo el tiempo programado a la mayor intensidad posible. La descripción de los ejercicios utilizados se muestran en el Anexo 3.

Figura 13

Representación gráfica sesión de entrenamiento diseñada.



6.- RESULTADOS

6.1.- DESCRIPCIÓN DE LOS PARTICIPANTES

Del total de interesados en participar en el estudio, solamente 5 sujetos fueron los que comenzaron el estudio y solo 4 finalmente completaron el estudio. En la Tabla 1 se muestran los datos descriptivos más relevantes de los participantes.

Respecto a la adherencia al estudio, hay que mencionar que no todos los sujetos han completado el mínimo de sesiones establecidas. Si el estudio ha incluido 16 sesiones, solo 3 sujetos han completado un mínimo del 80 % de ellas. Uno de los sujetos ha completado solo 12 sesiones, aun así, hemos decidido incluirlo en los resultados debido al tamaño tan reducido de la muestra.

Tabla 1*Datos demográficos individuales de los participantes.*

Sujeto	Edad (años)	Altura (m)	Peso (Kg)	IMC (Kg/m ²)
PGL_002	38,0	1,77	79,1	25,2
PGL_003	23,0	1,78	88,4	27,9
PGL_004	29,0	1,67	74,9	26,9
PGL_005	38,0	1,86	93,1	26,9
Media (±SD)	32,0 ± 7,3	1,77 ± 0,08	83,9 ± 8,3	26,7 ± 1,1

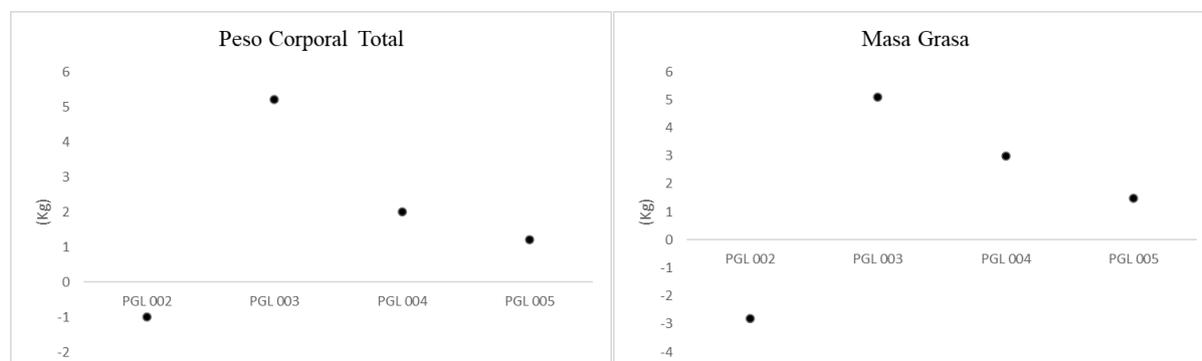
6.2.- RESULTADOS DE LA INTERVENCIÓN

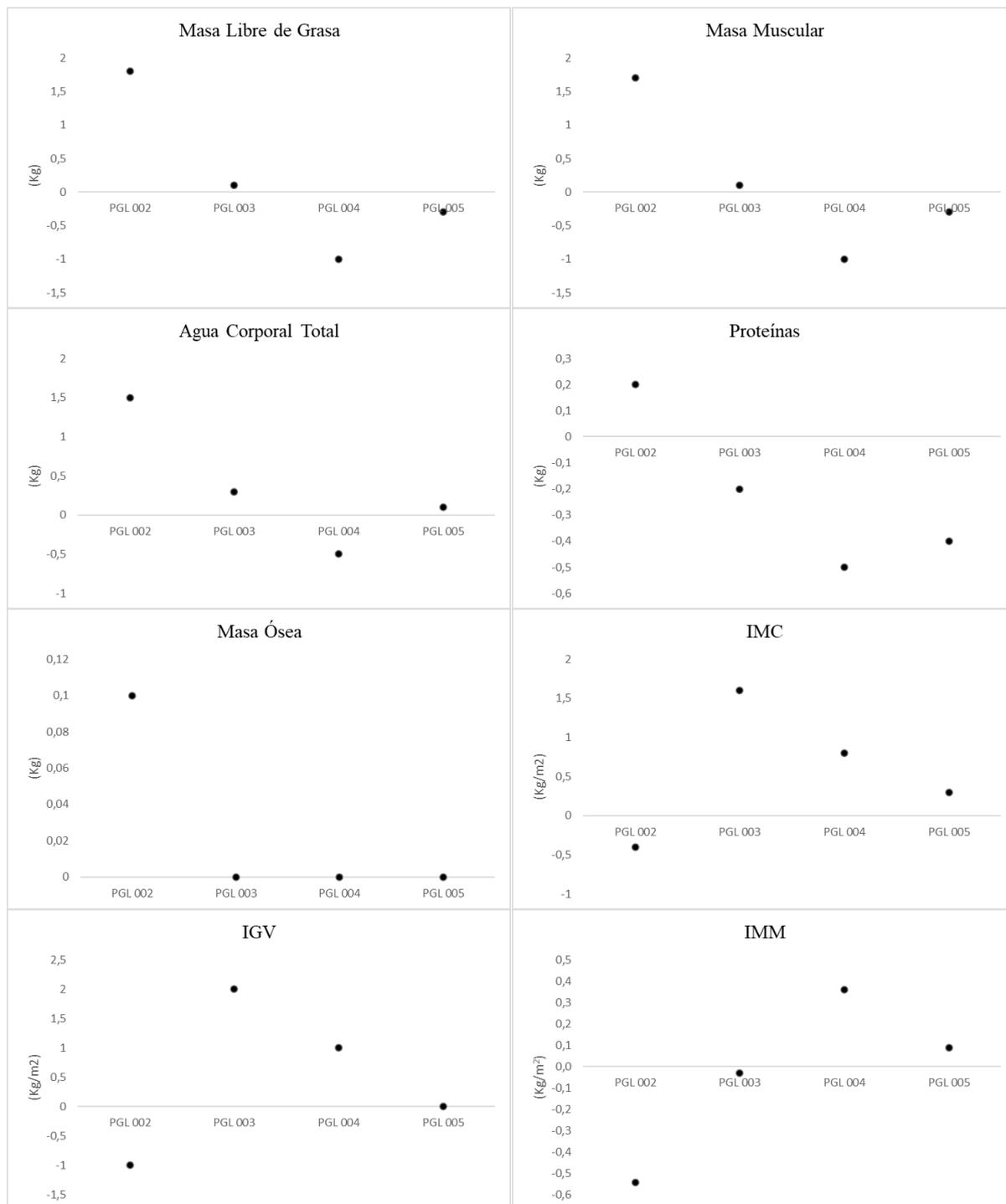
Tras la intervención de entrenamiento realizada, se han producido una serie de cambios en la composición corporal, visibles en la Tabla 2. En primer lugar, el peso total promedio de los sujetos disminuyó de 83,90 Kg (SD = 8,30 Kg) en la medición pre intervención a 82,00 Kg (SD = 7,90 Kg) en la medición posterior a la intervención, aunque esta reducción no fue estadísticamente significativa ($p = 0,25$). De igual manera, se observó una disminución en la masa grasa total y en el porcentaje de masa grasa, y de nuevo este cambio no resultó estadísticamente significativo ($p = 0,38$ y $0,44$ respectivamente). Una ligera disminución se presentó en la masa libre de grasa y en la masa muscular, no obstante, el porcentaje de masa muscular aumentó significativamente de 67.63% (SD = 6.20) a 74.35% (SD = 3.75) ($p = 0.05$). Los cambios en la cantidad de agua corporal total y su porcentaje son mínimos y no significativos. Por su parte, la cantidad de proteínas aumentó ligeramente, de nuevo sin diferencias estadísticamente significativas. Como se observa en los resultados, la masa ósea se mantuvo en tres de los cuatro sujetos, éste último tuvo un ligero descenso de masa ósea, además este sujeto fue también el que más masa muscular perdió. Respecto al IMC, hay que destacar que presentó una reducción de 26.73 kg/m² (SD = 1.12) a 26.15 kg/m² (SD = 0.42), sin significancia estadística ($p = 0.27$). Por su parte el IMM se mantuvo prácticamente constante, y el IGV disminuyó de 7.25 kg/m² (SD = 1.89) a 6.75 kg/m² (SD = 2.50), sin ser significativo ($p = 0.50$). Los gráficos de la Figura 14 muestran la diferencia entre los valores pre y post de la composición corporal.

Tabla 2*Resultados pre-post Composición corporal*

	Pre		Post		p-valor
	Media	SD	Media	SD	
Peso total (Kg)	83,90	8,30	82,00	7,90	0,25
Masa grasa (Kg)	19,70	5,10	18,00	4,90	0,38
Masa grasa (%)	23,30	4,20	21,80	4,00	0,44
MLG (Kg)	64,15	4,80	64,00	4,42	0,82
MM (Kg)	60,95	4,58	60,83	4,20	0,84
MM (%)	67,63	6,20	74,35	3,75	0,05
ACT (Kg)	44,80	2,68	44,45	2,49	0,47
Agua (%)	53,60	3,20	54,40	3,53	0,57
Proteínas (Kg)	16,15	1,99	16,38	1,88	0,57
MO (Kg)	3,20	0,22	3,18	0,22	0,39
IMC (Kg/m ²)	26,73	1,12	26,15	0,42	0,27
IMM (Kg/m ²)	19,46	0,90	19,42	0,91	0,88
IGV (Kg/m ²)	7,25	1,89	6,75	2,50	0,50

Nota. *MG, masa grasa; MLG, masa libre de grasa; MM, masa muscular; ACT, agua corporal total; MO, masa ósea; IMC, índice de masa corporal; IMM, índice de masa muscular; IGV, índice de grasa visceral.

Figura 14*Gráficos diferencia pre-post composición corporal.*



En la Tabla 3, se reflejan los resultados de las pruebas de fuerza y resistencia abdominal, y en la Figura 15 se muestra la diferencia entre los valores pre y post. La fuerza isométrica en decúbito supino disminuyó de 50.20 kg (SD = 16.79) a 24.58 kg (SD = 0.77) tras la intervención. Similarmente, la fuerza isométrica en sedestación disminuyó de 38.30 kg (SD = 13.10) a 18.30 kg (SD = 6.46). Ninguno de los resultados anteriores fue estadísticamente

significativo. En el press Pallof, tanto en el lado derecho como en el izquierdo se obtuvieron resultados significativos ($p= 0,03$ y $0,04$ respectivamente), pero muestran una reducción en la fuerza máxima ejercida. Estos datos son inconsistentes y sugieren posibles errores en la medición, que serán discutidos posteriormente. En cuanto a la prueba de resistencia abdominal, medida en número de repeticiones, mostró un incremento de 32 (SD = 11) a 68 (SD = 54) repeticiones post intervención, aunque este aumento no fue estadísticamente significativo ($p = 0.24$). Este amplio rango en la desviación estándar post intervención refleja una gran variabilidad en los resultados individuales.

Aunque se observaron tendencias de cambio en los parámetros de fuerza y resistencia abdominal tras la intervención, las inconsistencias en los datos de fuerza isométrica destacan la necesidad de una revisión crítica de los procedimientos de medición empleados.

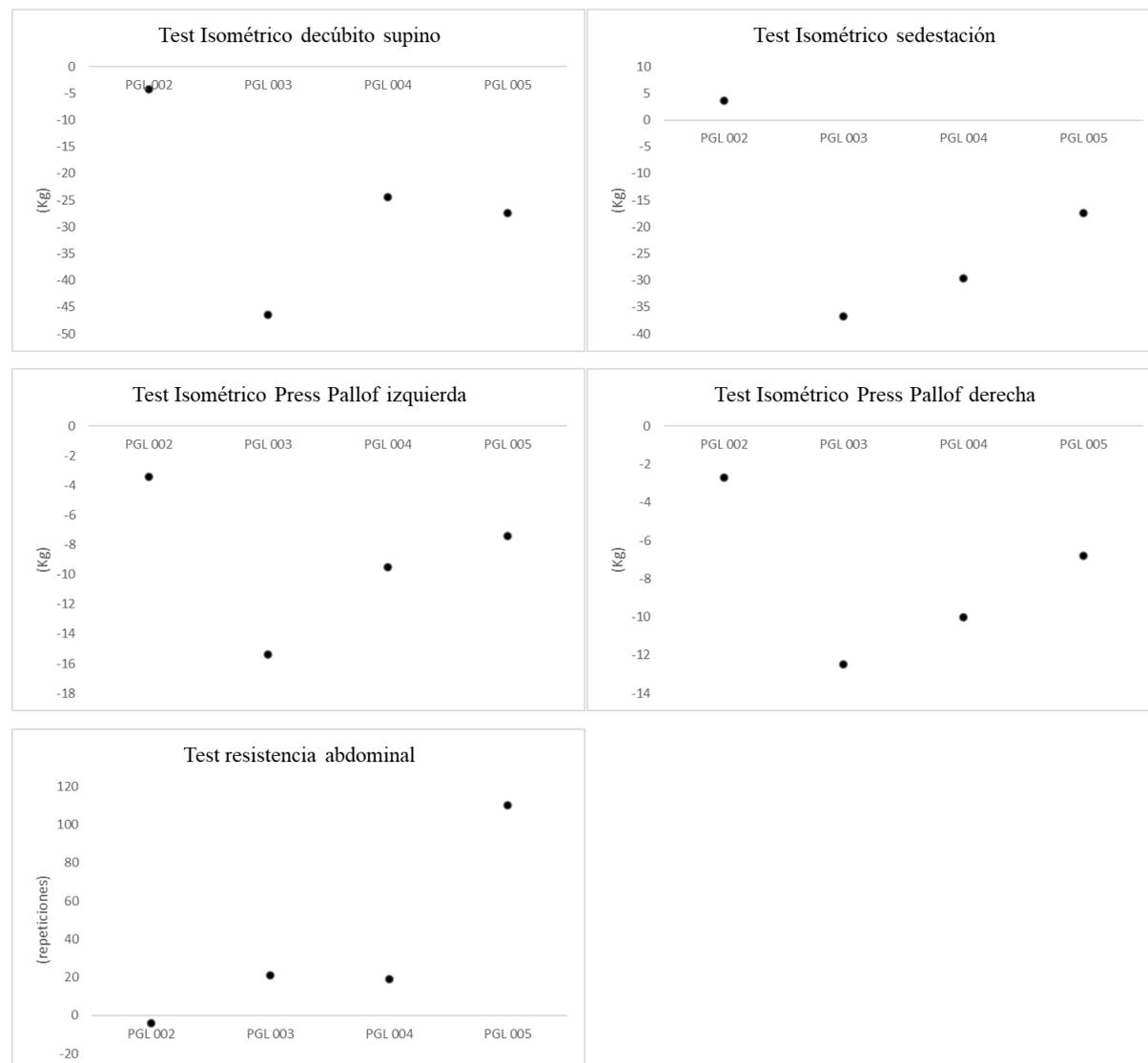
Tabla 3

Efecto de la intervención sobre parámetros de fuerza y resistencia abdominal.

	Pre		Post		p-valor
	Media	SD	Media	SD	
Fuerza isométrica decúbito supino (Kg)	50,20	16,79	24,58	0,77	0,06
Fuerza isométrica en sedestación (Kg)	38,30	13,10	18,30	6,46	0,11
Fuerza isométrica press Pallof izquierda (Kg)	18,88	4,35	9,95	2,18	0,04
Fuerza isométrica press Pallof derecha (Kg)	18,13	2,92	10,13	2,24	0,03
Resistencia abdominales (reps.)	32	11	68	54	0,24

Figura 15

Gráficos de la diferencia pre y post de las pruebas de fuerza y resistencia abdominal.



La duración de la prueba incremental de esfuerzo hasta el agotamiento mostró un incremento significativo tras la intervención. La media de duración pasó de 15.75 minutos (SD = 1.26) en la medición pre intervención a 17.13 minutos (SD = 1.18) en la medición post intervención, con un p-valor de 0.01, lo que indica una mejora estadísticamente significativa.

La potencia máxima alcanzada durante la prueba también aumentó significativamente. La media de la potencia máxima se incrementó de 265.00 W (SD = 25.17) a 295.00 W (SD = 19.15) post intervención, con un p-valor de 0.01. El consumo máximo de oxígeno también aumentó de forma significativa, pasando de 35,67 ml/ Kg/ min (SD = 3,08) de media, a 40,18

ml/ Kg/ min (SD = 1,98). Los resultados se muestran en la Tabla 4, y la Figura 16 muestra la diferencia entre los valores pre y post obtenidos.

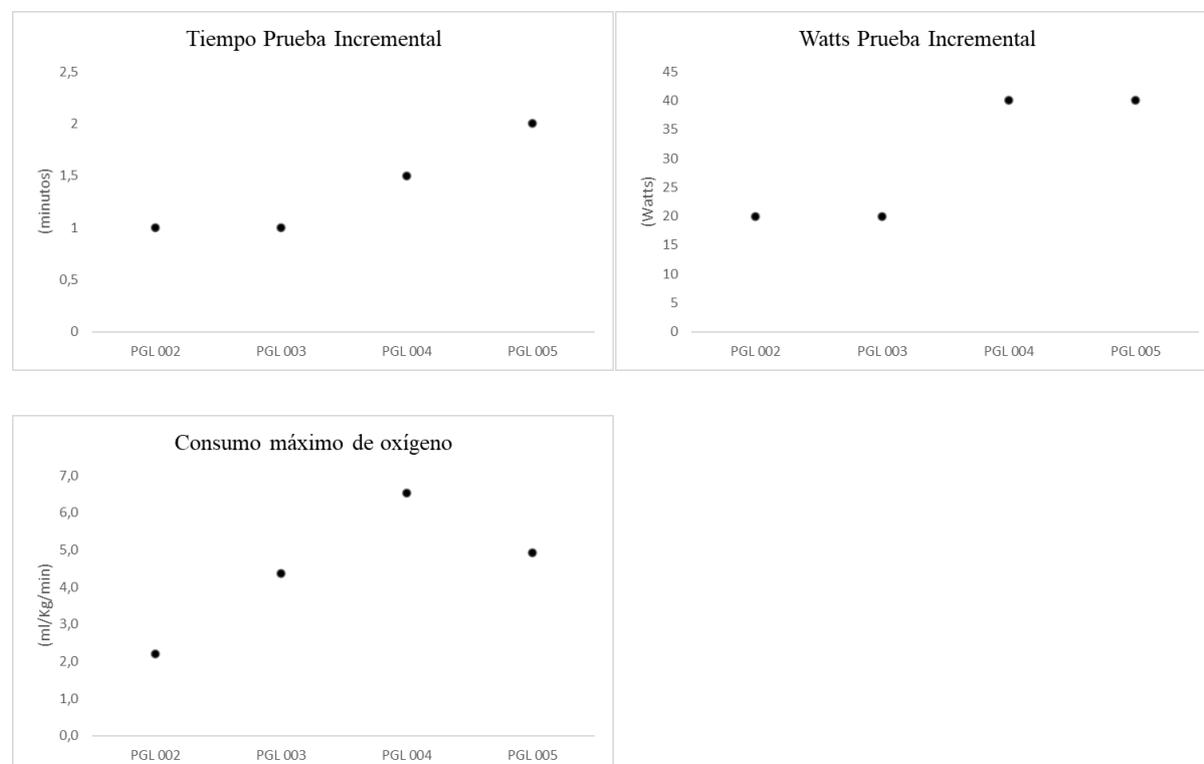
Tabla 4

Resultados prueba incremental de esfuerzo hasta el agotamiento

	Pre		Post		p-valor
	Media	SD	Media	SD	
Duración (minutos)	15,75	1,26	17,13	1,18	0,01
Potencia máxima (W)	265,00	25,17	295,00	19,15	0,01
Consumo máx. Oxígeno	35,67	3,08	40,18	1,98	0,02

Figura 16

Gráficos diferencia pre y post de la prueba incremental.



Los datos obtenidos mediante ecografía abarcan mediciones de tejido muscular y adiposo tanto en la pierna como en la pared abdominal. Respecto al tejido muscular de la pierna, hay que destacar que las mediciones en los ejes X e Y, tanto en estado de relajación como de contracción, no mostraron cambios significativos. Por ejemplo, el eje X en contracción se mantuvo prácticamente igual, con 5.40 cm (SD = 0.92) pre intervención y 5.41 cm (SD = 0.69) post intervención ($p = 0.98$). El tejido adiposo del músculo recto femoral mostró una mínima variación de 0.87 cm (SD = 0.07) a 0.90 cm (SD = 0.07), sin significancia estadística ($p = 0.38$).

Por su parte, el TA en la pared abdominal disminuyó. Concretamente, tanto el TA total como el superficial se vieron disminuidos, aunque no de forma significativa. Sin embargo, el TA preperitoneal sí que mostró una reducción significativa de 1.04 cm (SD = 0.36) a 0.75 cm (SD = 0.20) ($p = 0.05$). Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 5, y la diferencia entre los valores pre y post se muestran en los gráficos de la Figura 17.

Tabla 5

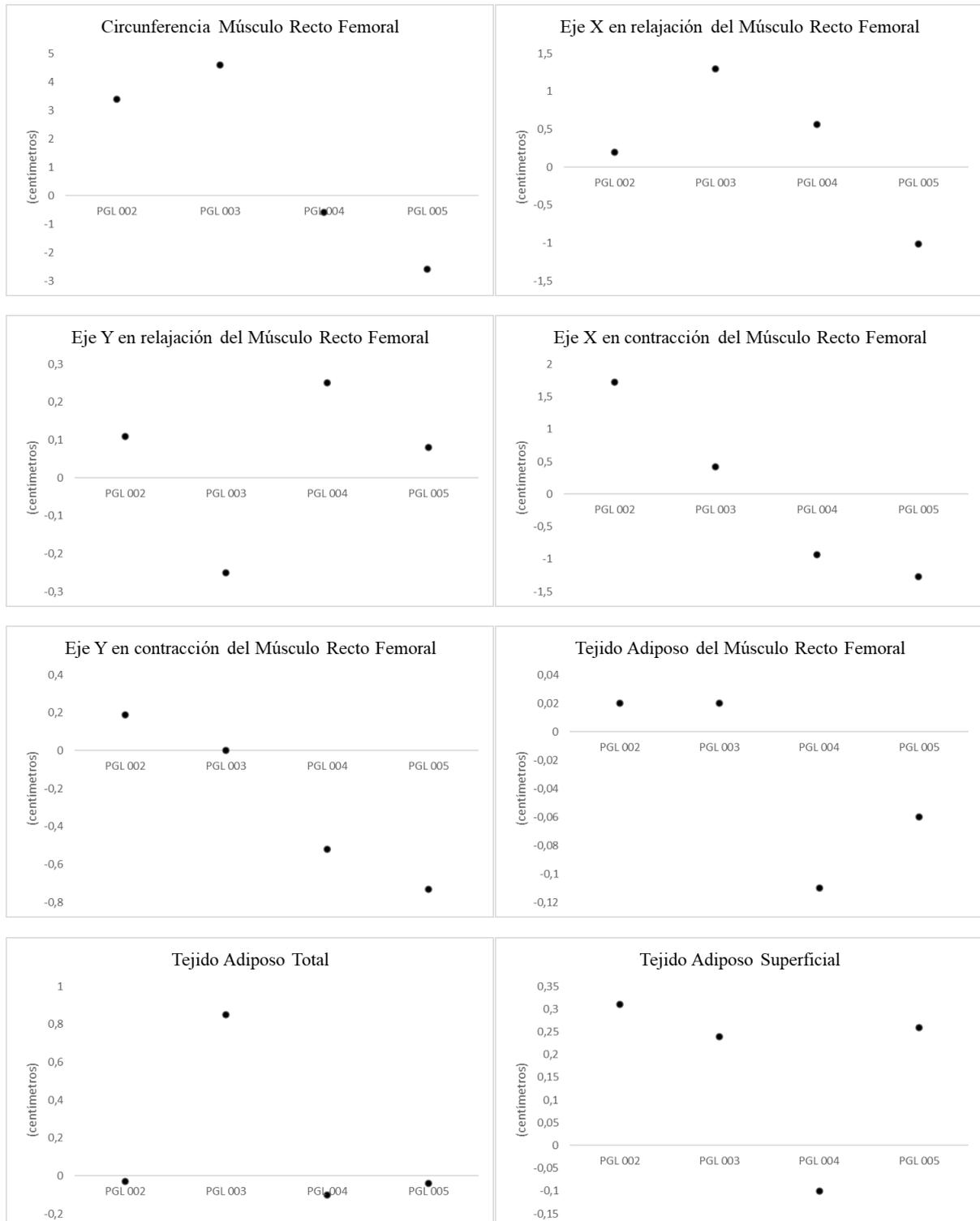
Datos obtenidos mediante ecografía.

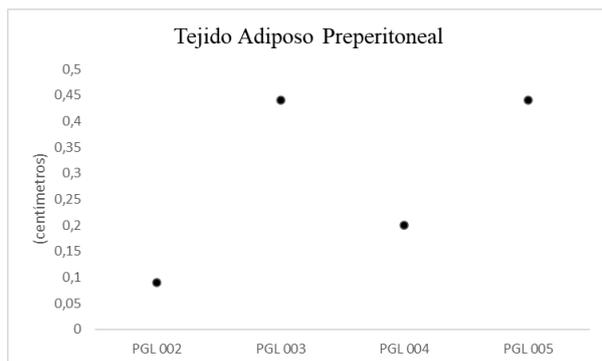
	Pre		Post		p-valor
	Media	SD	Media	SD	
ECO MUSCULAR					
PIERNA (cm)	45,75	2,22			
Circunferencia (cm)	14,63	1,74	13,43	2,45	0,53
Eje X relaj. (cm)	6,76	0,76	6,50	1,40	0,62
Eje Y relaj. (cm)	2,19	0,48	2,14	0,65	0,68
Eje X cont. (cm)	5,40	0,92	5,41	0,69	0,98
Eje Y cont. (cm)	2,80	1,07	3,07	0,83	0,31
TA MR. Femoral (cm)	0,87	0,07	0,90	0,07	0,38
ECO PARED					
ABDOMINAL (cm)	27,50	1,73			
TA total (cm)	2,51	0,38	2,34	0,54	0,51
TA superficial (cm)	1,20	0,20	1,02	0,24	0,15
TA preperitoneal (cm)	1,04	0,36	0,75	0,20	0,05

Nota. *ECO MUSCULAR PIERNA, distancia entre la cresta ilíaca anterosuperior y el borde superior de la rótula; Eje X relaj., distancia del eje X del músculo recto anterior en relajación; Eje X cont., distancia del eje X del músculo recto anterior en contracción; TA MR. Femoral, tejido adiposo del músculo recto anterior del fémur; ECO PARED ABDOMINAL, distancia entre el apéndice xifoides y el hipogastrio a la altura de las crestas ilíacas anterosuperiores.

Figura 17

Gráficos de la diferencia pre y post de los datos obtenidos mediante ecografía.





7.- DISCUSIÓN

Los resultados principales de este trabajo sugieren que un programa de ejercicio de 8 semanas diseñado para la posible pérdida de grasa localizada en hombres con sobrepeso produce una serie de efectos, tanto en la composición corporal, como en la capacidad física de los sujetos. Respecto a la composición corporal hemos observado una reducción del peso total y de la cantidad de grasa, al igual que un aumento del porcentaje de masa muscular. Por su parte, la condición física ha mejorado en varios aspectos, incluyendo la resistencia abdominal y cardiovascular, así como el consumo máximo de oxígeno, no pudiendo sacar conclusiones sobre la fuerza máxima.

Para profundizar en el concepto de pérdida de grasa localizada, podemos observar que los resultados que nos aporta la ecografía sí que indican una pérdida de grasa significativa en el TApereperitoneal, lo cual es especialmente interesante, ya que como se mencionó en el marco teórico este tipo de grasa está directamente relacionada con diversas patologías. Además, a pesar de no ser estadísticamente significativo, la bioimpedancia ha revelado una reducción en la cantidad total de grasa y en el índice de masa corporal, lo que indica que sería interesante realizar la intervención diseñada sobre una muestra más amplia con el objetivo de ver si estos beneficios pueden llegar a ser relevantes. Kolnes et al., (2021) menciona que el ejercicio físico es de gran importancia en personas con sobrepeso u obesidad, ya que, aunque no se produzca una reducción del peso total, puede reducir la grasa abdominal, tanto subcutánea como visceral, además de ayudar a mejorar la composición corporal. Como se observa en los resultados obtenidos, la reducción de peso no es significativa, pero se han logrado mejoras en la

composición corporal como la disminución de grasa visceral y el aumento del porcentaje de masa muscular. Estos datos concuerdan con los resultados de Langleite et al., (2016), que indica que en respuesta al ejercicio físico, las personas con sobrepeso tienden a perder mayor cantidad relativa de tejido adiposo visceral que subcutáneo. Así mismo, nuestros resultados apoyan la teoría que relaciona altas intensidades durante el entrenamiento con mayores pérdidas de tejido adiposo visceral, tal y como explica en su meta- análisis Vissers et al., (2013), o el estudio realizado por Tremblay et al., (1994), quienes concluyeron que el entrenamiento con ejercicio intermitente de alta intensidad indujo una mayor pérdida de grasa subcutánea en comparación con el entrenamiento de intensidad moderada bajo condiciones de entrenamiento isocalóricas.

El estudio de Brobakken et al., (2023) menciona que uno de los mecanismos que potencialmente explican la reducción localizada puede ser la mejora de la circulación sanguínea en el tejido adiposo subcutáneo, ya que incluso después de una única sesión de entrenamiento de resistencia, se ha demostrado que la expresión de ARNm de VEGFA, un importante regulador de la angiogénesis y el crecimiento capilar en el TA, aumenta en adultos con sobrepeso y obesidad. Esto implicaría que, si se producen unas adaptaciones circulatorias tras los entrenamientos, se favorezca la liberación y el transporte de grasa. En concordancia con lo expuesto anteriormente, Masullo et al., (2021) expone que las regiones de grasa no tienen un flujo sanguíneo lo suficientemente alto como para permitir la liberación adecuada de los ácidos grasos a la circulación, y es por esto que muchos depósitos de grasa tienden a reducirse más difícilmente en comparación con otras regiones grasas con mayor vascularización. Consecuentemente, los resultados de su estudio sugieren que una vascularización previa de los músculos a trabajar durante el entrenamiento favoreció la pérdida de grasa localizada, aumentando la velocidad de su reducción y la cantidad de ésta.

Si tenemos en cuenta que la muestra está compuesta por tan solo cuatro sujetos, y dos de ellos muestran motivos destacados para no sacar conclusiones de sus resultados, habría que tener en consideración que los dos sujetos que sí han seguido la intervención adecuadamente son los que han perdido mayor cantidad de grasa, habiendo reducido también, de forma considerable, su IMC y su IGV.

Como se ha mostrado anteriormente, los resultados obtenidos en las pruebas físicas son inconcluyentes y aunque sí que muestran un cambio entre las evaluaciones pre y post intervención, este cambio no es fiable. En primer lugar, los datos de las pruebas de fuerza isométrica máxima indican un descenso considerable en los niveles de fuerza de todos los sujetos, lo que obliga a realizar una revisión crítica de los procedimientos de medición empleados. Un primer posible error, podría ser el protocolo llevado a cabo, los protocolos realizados para las pruebas de fuerza isométrica máxima no parecen producir resultados consistentes y reproducibles bajo las mismas condiciones, careciendo de fiabilidad. Esto explicaría la variabilidad en los resultados que dificulta la interpretación de los resultados y la identificación de los verdaderos efectos de la intervención. Otra posible explicación, es un error por parte del investigador a la hora de utilizar la galga de fuerza, siendo necesaria una correcta calibración del instrumento, y faltando experiencia en su utilización.

Respecto a la prueba de resistencia abdominal, también se observan datos con una amplia variabilidad, que indican que no se ha realizado correctamente el protocolo a seguir. Concretamente, el sujeto PGL_005 realiza un número excesivo de repeticiones en la prueba post intervención, posiblemente provocado por una incorrecta colocación inicial del sujeto por parte del investigador. Vispute et al., (2011), realizó un estudio sobre la pérdida de grasa localizada en el abdomen, llevando a cabo una intervención de seis semanas con ejercicios abdominales. Al igual que en nuestro estudio, los sujetos mejoraron de manera significativa en el número de repeticiones realizadas en un test para medir la resistencia abdominal, a pesar de no lograr una reducción significativa de la grasa abdominal. Del mismo modo, el estudio de Katch et al., (1984), en el que realiza una intervención de entrenamiento a base de sit ups convencionales, llega a las mismas conclusiones.

Al igual que en el estudio realizado por Brobakken et al., (2023), el consumo máximo de oxígeno de los participantes tras la intervención ha aumentado de manera significativa, a pesar de que en este estudio se ha calculado de manera indirecta a través de la fórmula de Storer et al., (1990). También Dobrosielski et al., (2013), realizó un estudio con intervención de ejercicio físico, combinando entrenamiento aeróbico con ejercicios de pesas o resistencias, en el que no halló una pérdida localizada de grasa, pero sus participantes aumentaron significativamente su consumo máximo de oxígeno (en un 15%) y redujeron su peso corporal total. La mejoría en la potencia máxima alcanzada durante la prueba indica una mejora en la resistencia cardiovascular de los participantes.

A modo de resumen, a pesar de las limitaciones y la variabilidad en los resultados, este estudio demuestra que la intervención de ejercicio puede tener efectos positivos en la composición corporal, ya que varios sujetos han mejorado su índice de masa corporal y de grasa visceral. Estos hallazgos subrayan la necesidad de seguir investigando en este campo para optimizar las estrategias de intervención y mejorar la salud y el bienestar de las personas con sobrepeso y obesidad.

8.- CONCLUSIONES

En vista de los resultados obtenidos, podemos afirmar que la intervención diseñada ha sido eficaz para mejorar la condición física de los sujetos, de manera significativa sobre el consumo máximo de oxígeno y la resistencia, tanto cardiovascular, como muscular. Sin embargo, se han identificado varias limitaciones en las pruebas de medición de la fuerza máxima abdominal.

Respecto a la composición corporal la bioimpedancia indica que ha habido un aumento del porcentaje de masa muscular, a pesar del tamaño reducido de la muestra, ya que, analizando individualmente a cada sujeto, vemos que tres de ellos han mejorado su composición corporal. La ecografía, por su parte, muestra una reducción significativa del tejido adiposo preperitoneal, indicando una posible reducción de grasa de forma localizada.

En resumen, la intervención ha demostrado tener efectos positivos en la composición corporal y la capacidad física de los participantes, y es esencial mejorar y validar los procedimientos de medición para asegurar la fiabilidad y precisión de los datos obtenidos.

9.- LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Este estudio se ha visto afectado por varios aspectos que limitan la calidad y fiabilidad de los resultados y las conclusiones obtenidas. En primer lugar, la muestra es muy reducida. Además, parte de dicha muestra no ha podido seguir las pautas establecidas para el correcto desarrollo

de la intervención. Quizás se hubiera obtenido un número mayor de participantes mejorando los métodos de reclutamiento, ya sea aumentando el número de medios a través de los cuales se ha difundido el cartel informativo, aumentando el periodo de reclutamiento, o incluso mejorando la profesionalidad con la que se atendió a los interesados en participar. Sin embargo, hay que destacar que el interés por el estudio fue bajo dado que solamente el 30 % de los sujetos, una vez contactados, decidieron participar. Además, el no haber tenido mayor número de sujetos en el estudio, ha sido el motivo por el cual no se ha podido crear un grupo control, que habría ayudado a obtener información más completa sobre los efectos de la intervención. Sin duda, añadir un grupo control sería un punto fuerte para futuras investigaciones relacionadas.

En segundo lugar, las pruebas de fuerza abdominal han sido diseñadas con bastante dificultad debido a la falta de recursos materiales y la complejidad de aislar el movimiento que generan los músculos del abdomen. Finalmente, no han resultado ser unas pruebas fiables y en caso de realizar un estudio similar, sería necesario mejorar este aspecto y evaluar posibles alternativas. Quizás una alternativa interesante, sería contactar con algún gimnasio que tuviera una máquina específica para aislar la musculatura abdominal, y crear algún convenio con la universidad para poder usar su material con el fin de mejorar la calidad de los estudios futuros. Otro aspecto relevante, sería haber validado las pruebas físicas antes de comenzar el estudio, es decir, haber realizado un estudio piloto que habría permitido identificar cualquier inconsistencia o problema metodológico antes de llevar a cabo la intervención principal. De esta manera, para evaluar la fiabilidad, se podrían haber llevado a cabo pruebas repetidas en un mismo grupo de sujetos en diferentes momentos para determinar el grado de consistencia entre las mediciones.

Cabe destacar, que los datos de la ecografía son menos fiables debido al sesgo del investigador, ya que estamos hablando de medidas con precisión de 1 mm, donde el investigador, puede inducir a la variabilidad de los resultados Sin embargo, en este estudio todas las medidas de ecografía fueron tomadas por un único y experimentado evaluador. Paoli et al., (2021) menciona que la ecografía es una medida que depende del investigador, y que, a pesar de intentar cumplir con todos los procedimientos estándar para reducir la variabilidad durante las mediciones, se observan desviaciones estándar relativamente grandes. En concordancia con lo mencionado, el análisis pre-post con ecografía en esta investigación sugiere unos valores estadísticamente no significativos (p -valor $> 0,05$) en la mayoría de las variables medidas, lo que podría debilitar ligeramente la validez de nuestros hallazgos.

Otro aspecto relevante, es que uno de los sujetos que han participado en el estudio (PGL_002) sufrió una tendinopatía en el tendón anserino (pata de ganso), la cual no le impidió completar el total de sesiones del estudio, pero su nivel de actividad física en su día a día disminuyó considerablemente. Esto podría explicar que sea el único sujeto del estudio que ha ganado peso, ganando masa grasa y perdiendo masa muscular, a pesar de haber mejorado su resistencia en la prueba incremental y su consumo máximo de oxígeno. Por otra parte, el sujeto PGL_005 no pudo asistir al mínimo de sesiones requeridas, sin embargo, a pesar de haber realizado menos sesiones que el resto de los sujetos, ha conseguido reducir sus depósitos de grasa e incluso aumentar su masa muscular, aunque en menor medida que los sujetos que completaron todas las sesiones.

Durante el desarrollo de este estudio, han surgido ciertas limitaciones, sin embargo, estas limitaciones también abren nuevas oportunidades para investigaciones futuras en el campus universitario de Soria, llegando a desarrollar una metodología más acertada que permita obtener información más significativa. Una posible línea de investigación futura podría centrarse en la comparación de los resultados obtenidos en el campus universitario de Soria con otros campus universitarios, desarrollando el mismo estudio de forma paralela en diferentes sitios. Esto permitiría contextualizar los hallazgos y evaluar si las conclusiones de los estudios son similares en diferentes contextos.

El conocimiento de la realidad sobre la pérdida de grasa puede ser de gran ayuda para los Educadores Físico Deportivos, no solo porque son muchas las personas que se pueden ver beneficiadas por reducir su grasa visceral, sino también para poder enfrentarse mejor a situaciones en las que un cliente o un alumno pide que se le ayude a perder grasa de forma localizada, ya que normalmente no tendrán el conocimiento necesario para ello.

10.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, K. F., Schatzkin, A., Harris, T. B., Kipnis, V., Mouw, T., Ballard-Barbash, R., & Leitzmann, M. F. (2006). Overweight, obesity, and mortality in a large prospective cohort of persons 50 to 71 years old. *New England Journal of Medicine*, *355*(8), 763-778.
- Ahima, R. S. (2006). Adipose tissue as an endocrine organ. *Obesity*, *14*(S8), 242S-249S.
- Brobakken, M. F., Krogsæter, I., Helgerud, J., Wang, E., & Hoff, J. (2023). Abdominal aerobic endurance exercise reveals spot reduction exists: A randomized controlled trial. *Physiological Reports*, *11*(22), e15853.
- Chávez, A. V., Orozco, J. H. J., Marchán, L. D., & González, M. E. M. (2012). Escala de Borg modificada, saturación de oxígeno, cardiopatía isquémica. *Revista Mexicana de Medicina Física y Rehabilitación*, *24*(1), 5-9.
- Checkley, E. D. W. I. N. (1895). A natural material method of physical education training making muscle and reducing flesh without dieting or apparatus. *William C. Bryant and Co.*
- Després, J. P., & Lemieux, I. (2006). Abdominal obesity and metabolic syndrome. *Nature*, *444*(7121), 881-887.
- Dobrosielski, D. A., Gibbs, B. B., Chaudhari, S., Ouyang, P., Silber, H. A., & Stewart, K. J. (2013). Effect of exercise on abdominal fat loss in men and women with and without type 2 diabetes. *BMJ open*, *3*(11), e003897.
- Donnelly, J. E., Blair, S. N., Jakicic, J. M., Manore, M. M., Rankin, J. W., & Smith, B. K. (2009). Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *41*(2), 459-471.

- Durrer Schutz, D., Busetto, L., Dicker, D., Farpour-Lambert, N., Pryke, R., Toplak, H., & Schutz, Y. (2019). European practical and patient-centred guidelines for adult obesity management in primary care. *Obesity facts*, *12*(1), 40-66.
- Emerging Risk Factors Collaboration. (2011). Separate and combined associations of body-mass index and abdominal adiposity with cardiovascular disease: collaborative analysis of 58 prospective studies. *The Lancet*, *377*(9771), 1085-1095.
- Fujimoto, J., Hubalek, M., Alexis, M. N., Baniahmad, A., Bouillon, R., Campagnoli, C., & Darbre, P. D. (2014). *Hormone Molecular Biology and Clinical Investigation*.
- Garvey, W. T., Mechanick, J. I., Brett, E. M., Garber, A. J., Hurley, D. L., Jastreboff, A. M., & Plodkowski, R. (2016). American Association of Clinical Endocrinologists and American College of Endocrinology comprehensive clinical practice guidelines for medical care of patients with obesity. *Endocrine Practice*, *22*, 1-203.
- Gwinup, G., Chelvam, R., & Steinberg, T. (1971). Thickness of subcutaneous fat and activity of underlying muscles. *Annals of internal medicine*, *74*(3), 408–411.
- Instituto Nacional de Estadística (INE): Madrid. Spain; (2020).
- Jacob, S., Machann, J., Rett, K., Brechtel, K., Volk, A., Renn, W., & Häring, H. U. (1999). Association of increased intramyocellular lipid content with insulin resistance in lean nondiabetic offspring of type 2 diabetic subjects. *Diabetes*, *48*(5), 1113-1119.
- Jensen, M. D., Ryan, D. H., Apovian, C. M., Ard, J. D., Comuzzie, A. G., & Donato, K. A. (2013). AHA/ACC/TOS guideline for the management of overweight and obesity in adults. *Circulation*, *129*, 25.
- Katch, F. I., Clarkson, P. M., Kroll, W., McBride, T., & Wilcox, A. (1984). Effects of Sit up Exercise Training on Adipose Cell Size and Adiposity. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *55*(3), 242-247.

- Kissebah, A. H., & Krakower, G. R. (1994). Regional adiposity and morbidity. *Physiological reviews*, 74(4), 761-811.
- Kolnes, K. J., Petersen, M. H., Lien-Iversen, T., Højlund, K., & Jensen, J. (2021). Effect of exercise training on fat loss—Energetic perspectives and the role of improved adipose tissue function and body fat distribution. *Frontiers in physiology*, 12, 737709.
- Kostek, M. A., Pescatello, L. S., Seip, R. L., Angelopoulos, T. J., Clarkson, P. M., Gordon, P. M., Moyna, N. M., Visich, P. S., Zoeller, R. F., Thompson, P. D., Hoffman, E. P., & Price, T. B. (2007). Subcutaneous Fat Alterations Resulting from an Upper-Body Resistance Training Program. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(7), 1177-1185.
- Krotkiewski, M., Aniansson, A., Grimby, G., Björntorp, P., & Sjöström, L. (1979). The effect of unilateral isokinetic strength training on local adipose and muscle tissue morphology, thickness, and enzymes. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 42(4), 271-281.
- Langleite, T. M., Jensen, J., Norheim, F., Gulseth, H. L., Tangen, D. S., Kolnes, K. J., & Drevon, C. A. (2016). Insulin sensitivity, body composition and adipose depots following 12 w combined endurance and strength training in dysglycemic and normoglycemic sedentary men. *Archives of physiology and biochemistry*, 122(4), 167-179.
- Lempeis, I. G., van Meijel, R. L., Manolopoulos, K. N., & Goossens, G. H. (2020). Oxygenation of adipose tissue: A human perspective. *Acta Physiologica*, 228(1), e13298.
- Masullo, V., Fischetti, F., Esposito, G., & D'Elia, F. (2021). Pre-workout muscle vascularization and its effects on localized fat areas.
- Olson, A. L., & Edelstein, E. (1968). Spot Reduction of Subcutaneous Adipose Tissue. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 39(3), 647-652.

- Paoli, A., Casolo, A., Saoncella, M., Bertaggia, C., Fantin, M., Bianco, A., & Moro, T. (2021). Effect of an endurance and strength mixed circuit training on regional fat thickness: the quest for the “spot reduction”. *International journal of environmental research and public health*, 18(7), 3845.
- Pérez Miguelsanz, M., Cabrera Parra, W., Varela Moreiras, G., & Garaulet, M. (2010). Distribución regional de la grasa corporal: Uso de técnicas de imagen como herramienta de diagnóstico nutricional. *Nutrición hospitalaria*, 25(2), 207-223.
- Pischon, T., Boeing, H., Hoffmann, K., Bergmann, M., Schulze, M. B., Overvad, K., & Riboli, E. (2008). General and abdominal adiposity and risk of death in Europe. *New England Journal of Medicine*, 359(20), 2105-2120.
- Ramirez-Campillo, R., Andrade, D., Clemente, F., Afonso, J., Pérez-Castilla, A., & Gentil, P. (2021). A proposed model to test the hypothesis of exercise-induced localized fat reduction (spot reduction), including a systematic review with meta-analysis. *Human Movement*, 23(3), 1-14.
- Roby, Fred B. (1962). Effect of Exercise on Regional Subcutaneous Fat Accumulations. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 33(2), 273-278.
- Smith, S. R., Lovejoy, J. C., Greenway, F., Ryan, D., deJonge, L., de la Bretonne, J., & Bray, G. A. (2001). Contributions of total body fat, abdominal subcutaneous adipose tissue compartments, and visceral adipose tissue to the metabolic complications of obesity. *Metabolism-Clinical and Experimental*, 50(4), 425-435.
- Salas-Salvadó, J., Rubio, M. A., Barbany, M., Moreno, B., & de la SEEDO, G. C. (2007). Consenso SEEDO 2007 para la evaluación del sobrepeso y la obesidad y el establecimiento de criterios de intervención terapéutica. *Medicina clínica*, 128(5), 184-196.

- Schade, M., Helledrandt, F. A., Waterland, J. C., & Carns, M. L. (1962). Spot Reducing in Overweight College Women: Its Influence on Fat Distribution as Determined by Photography. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 33(3), 461-471.
- Scotto di Palumbo, A., Guerra, E., Orlandi, C., Bazzucchi, I., & Sacchetti, M. (2017). Effect of combined resistance and endurance exercise training on regional fat loss. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 57(6), 794-801.
- Shen, W., Wang, Z., Punyanita, M., Lei, J., Sinav, A., Kral, J. G., & Heymsfield, S. B. (2003). Adipose tissue quantification by imaging methods: a proposed classification. *Obesity research*, 11(1), 5-16.
- Sidney, K., & Jetté, M. (1990). The partial curl-up to assess abdominal endurance: Age and sex standards. *Sports Medicine, Training and Rehabilitation*, 2(1), 47-56.
- Sjöström, L., Smith, U. L. F., Krotkiewski, M., & Björntorp, P. (1972). Cellularity in different regions of adipose tissue in young men and women. *Metabolism*, 21(12), 1143-1153.
- Skelton, J. A., Cook, S. R., Auinger, P., Klein, J. D., & Barlow, S. E. (2009). Prevalence and trends of severe obesity among US children and adolescents. *Academic pediatrics*, 9(5), 322-329.
- Storer, T. W., Davis, J. A., & Caiozzo, V. J. (1990). Accurate prediction of $\dot{V}O_2$ max in cycle ergometry. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 22(5), 704.
- Thompson, D., Karpe, F., Lafontan, M., & Frayn, K. (2012). Physical activity and exercise in the regulation of human adipose tissue physiology. *Physiological reviews*.
- Trayhurn, P., & Ashwell, M. (1987). Control of white and brown adipose tissues by the autonomic nervous system. *Proceedings of the Nutrition Society*, 46(1), 135-142.
- Trayhurn, P., & Beattie, J. H. (2001). Physiological role of adipose tissue: white adipose tissue as an endocrine and secretory organ. *Proceedings of the Nutrition Society*, 60(3), 329-339.

- Tremblay, A., Simoneau, J. A., & Bouchard, C. (1994). Impact of exercise intensity on body fatness and skeletal muscle metabolism. *Metabolism*, 43(7), 814-818.
- Vispute, S. S., Smith, J. D., LeCheminant, J. D., & Hurley, K. S. (2011). The effect of abdominal exercise on abdominal fat. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(9), 2559-2564.
- Vissers, D., Hens, W., Taeymans, J., Baeyens, J. P., Poortmans, J., & Van Gaal, L. (2013). The effect of exercise on visceral adipose tissue in overweight adults: a systematic review and meta-analysis. *PloS one*, 8(2), e56415.
- WHO. (2016). World Health Organization obesity and overweight fact sheet.
- World Health Organization. (2021). *WHO European Childhood Obesity Surveillance Initiative (COSI) Report on the fourth round of data collection, 2015–2017* (No. WHO/EURO: 2021-2495-42251-58349). World Health Organization. Regional Office for Europe.
- Yumuk, V., Tsigos, C., Fried, M., Schindler, K., Busetto, L., Micic, D., & Toplak, H. (2015). European guidelines for obesity management in adults. *Obesity facts*, 8(6), 402-424.

11.- ANEXOS

ANEXO 1. Cartel de reclutamiento de participantes.

CAMPUS UNIVERSITARIO DUQUES DE SORIA (UVa)

**DESAFÍA TUS LÍMITES
CUMPLE TUS OBJETIVOS**

Pincha Aquí

**INVESTIGACIÓN
PÉRDIDA DE GRASA**

¿ERES HOMBRE ENTRE 20 Y 40 AÑOS, Y ESTÁS INTERESADO EN PERDER GRASA Y MEJORAR TU SALUD?

TOTALMENTE GRATIS

¡NO TE QUEDES SIN TU PLAZA!

***PLAZAS LIMITADAS (POR ORDEN DE SOLICITUD)**

ANEXO 2. Hoja de registro datos prueba incremental

HOJA DE REGISTRO TEST INCREMENTAL HASTA EL AGOTAMIENTO					
Código sujeto:					
Edad:		Peso:			
Frecuencia cardíaca en reposo:					
Potencia máxima alcanzada en el test (vatios):					
Frecuencia cardíaca máxima test:					
VO2 _{MAX} predicho:					
ETAPA	Duración (minutos)	Carga (vatios)	Cadencia (rpm)	Frecuencia cardíaca (ppm)	Percepción del esfuerzo
Calentamiento	5	50			
1	1	70			
2	1	90			
3	1	110			
4	1	130			
5	1	150			
6	1	170			
7	1	190			
8	1	210			
9	1	230			
10	1	250			
11	1	270			
12	1	290			
13	1	310			
14	1	330			
15	1	350			
16	1	370			
17	1	390			
18	1	410			
19	1	430			
20	1	450			
21	1	470			
Enfriamiento	5	50			

ANEXO 3. *Tabla descriptiva de los ejercicios abdominales.*

EJERCICIOS ABDOMINALES	
DESCRIPCIÓN	REPRESENTACIÓN GRÁFICA
<p>Crunch abdominal: los sujetos posicionados en decúbito supino, con los brazos cruzados sobre el pecho, la cadera flexionada aproximadamente 45°, las rodillas flexionadas unos 90° y las plantas de los pies en contacto con el suelo, debían elevar la cabeza, hombros y tronco hasta que las escápulas se despeguen del suelo.</p>	
<p>Extensiones de piernas en banco: en decúbito supino, con el tronco ligeramente elevado y reposando el mismo sobre los brazos, encoger y extender las piernas.</p>	
<p>Cruch oblicuo (derecha): partiendo de la misma posición que en el crunch abdominal, el tobillo de la pierna izquierda reposará sobre la rodilla de la pierna derecha, de manera que la pierna izquierda quede totalmente relajada. El</p>	

sujeto debe realizar una elevación de cabeza, hombros y tronco diagonalmente, llevando el hombro derecho hacia la rodilla izquierda. Se realizará el ejercicio para ambos lados.

Press Pallof: este ejercicio trabajará los músculos rotadores del abdomen. Para ello, el sujeto comenzará de pie, con los pies separados a la altura de los hombros, y con una ligera flexión de rodillas que le ayudará a fijar la cadera. Los brazos estarán extendidos perpendicularmente al tronco, y sujetará con ambas manos una banda elástica, la cual tendrá su otro extremo fijo en una estructura estable e inmóvil. A partir de esta posición, el sujeto realizará una rotación del tronco, de tal forma que las piernas permanecerán en la misma posición, pero del tronco para arriba se rotará su orientación, hacia la derecha o izquierda según el lado que se esté trabajando.

Dead bug: el sujeto parte de una posición en decúbito supino, con los brazos extendidos perpendicularmente al tronco, y las caderas y rodillas flexionadas a 90°. A partir de ahí, realizará una extensión de uno de los hombros y de la pierna contraria, alejando ambas extremidades lo máximo



<p>posible. A continuación, dichas extremidades volverán a la posición original, para que las que hasta entonces permanecían inmóviles pasaren a realizar la extensión. Este ciclo se repite de forma continua y fluida durante todo el tiempo de trabajo, obligando a la musculatura del core a trabajar intensamente para estabilizar el tronco.</p>	
--	--