

TRABAJO FIN DE GRADO

**Intervención de ejercicio físico aeróbico y de fuerza en el
tratamiento de la obesidad: estudio de caso.**

AUTORA: Medrano Echeverría, María
DIRECTORA: Maldonado Martín, Sara

CURSO ACADÉMICO 2013-2014
CONVOCATORIA: junio-julio 2014

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Índice

Introducción	1
Capítulo 1: Obesidad. Marco teórico	2
Qué es	2
Causas.....	5
Obesidad y morbilidad	7
Tratamientos para la obesidad	7
Actividad física. Beneficios para la obesidad	8
Tipo de ejercicio	8
Intensidad, duración y frecuencia	11
Aplicaciones prácticas	14
Capítulo 2: Estudio de caso	15
Objetivos	¡Error! Marcador no definido.
Metodología	15
Participante	15
Cálculo de variables: material y métodos	15
Diseño del programa de intervención.....	17
Resultados	19
Discusión	22
Limitaciones y líneas de mejora	24
Conclusiones	25
Bibliografía	¡Error! Marcador no definido.
Anexos	29
Anexo 1. Consentimiento informado	29
Anexo 2. Cálculo de los umbrales ventilatorios y los rangos de intensidad	34
Anexo 3. Planificación de las 8 semanas de entrenamiento.....	1
Anexo 4. Sesiones tipo	2
Anexo de 5. Evolución pasos a lo largo del programa	4
Anexo 6. Circuito de Fuerza	5
Anexo 7. Ejercicios de fuerza de la sesión tipo 2	6
Anexo 8. Calentamiento, escuela de espalda I y II, y estiramientos I y II.....	7

Introducción

La obesidad es una enfermedad multifactorial que está relacionada con múltiples enfermedades y con un riesgo de muerte prematura mayor (Kauffer, Tavano & Ávila, 2007). Hoy en día es una de las enfermedades más frecuentes de las sociedades desarrolladas, junto con el sobrepeso afecta a más de la mitad de la población de los países desarrollados; con los costes para la salud personal, problemas sociales y económicos que supone (García-Martos, Calahorro, Torres-Luque & Lara, 2010; Ortega et al., 2012). Es por tanto fundamental, conseguir un tratamiento eficaz que mejore la salud de estas personas y que incline la balanza energética hacia la reducción de la masa corporal, y así disminuir los riesgos asociados.

Para ello, el ejercicio físico (EF) es una de las mejores herramientas para el tratamiento de la obesidad (Dutheil et al., 2013; García-Martos et al., 2010; Ramage et al., 2014). En este Trabajo de Fin de Grado (TFG) se ha llevado a cabo un programa de ejercicio físico con el objetivo de mejorar la capacidad funcional y la composición corporal de una participante con obesidad. Para el diseño del programa de EF se ha realizado una revisión de los tipos, frecuencia, intensidades y duración óptimos de EF para el tratamiento de la obesidad. A partir de ahí, teniendo en consideración la bibliografía y estudios previos, además de los conocimientos adquiridos durante los estudios universitarios y a partir de los recursos disponibles, se diseñó el programa de EF: 8 semanas de intervención con entrenamiento mixto de ejercicio aeróbico y de fuerza, con dos sesiones de hora y media semanales en una participante voluntaria a participar.

Tras la intervención se observaron mejoras en la capacidad aeróbica y la composición corporal similar o mejor a las de otros estudios comparados. Se observaron pequeños descensos en la masa corporal, pero sí hubo interesantes pérdidas de masa grasa, y un aumento de la muscular. Así mismo, se han producido mejoras en la fuerza, composición bioquímica sanguínea, perímetro de cadera, valores relativos de FC submáximas y en reposo. Además de mejorar su capacidad y su salud en lo que sería un inicio de un tratamiento para la obesidad, la participante ha empezado a adquirir hábitos de vida más activos, que han supuesto una mejora en su funcionalidad y bienestar. No obstante este estudio de caso tiene algunos aspectos a mejorar y que han impedido que los resultados sean más positivos: la intervención se ha llevado a cabo en 8 semanas (las disponibles, por los plazos del trabajo), lo cual es un periodo escaso para que haya mejoras importantes; además no se realizó, por falta de conocimientos, una intervención nutricional, lo cual hubiese sido lo conveniente para que el descenso de la masa corporal fuera más significativo. Aun y todo la participante ha mejorado en casi todas las variables analizadas.

Decidí realizar este trabajo porque la obesidad es uno de los mayores problemas de salud de la sociedad actual, y el EF puede contribuir a solucionarlo. Además no quería limitarme a una mera revisión teórica, sino que quería ver si el diseñar y el llevar a cabo un programa similar al que la literatura científica sugería, tendría sus resultados. Asimismo, quería poner en práctica algunos de los conocimientos adquiridos en estos cuatro años de estudios, no limitarme a un trabajo teórico; sino comprobar que realmente lo que proponemos tiene un resultado real y efectivo; demostrarme a mí misma que puedo intervenir en la mejora de la salud de las personas.

Objetivos del Trabajo de Fin de Grado

Los objetivos de este trabajo de fin de grado son los siguientes: 1) Desarrollar y llevar a cabo un programa de ejercicio aeróbico y de fuerza de 8 semanas con una participante para el tratamiento de la obesidad; 2) evaluar su efecto sobre la capacidad cardiorrespiratoria, la composición corporal (masa grasa, muscular y corporal total e índice cintura cadera), niveles de fuerza y marcadores bioquímicos (en especial perfil lipídico) y 3) intentar conseguir una adquisición de hábitos de vida más activos.

La hipótesis del estudio de caso del presente TFG es que tras la intervención de 8 semanas de un entrenamiento de ejercicio aeróbico y de fuerza, la participante mejorará los parámetros cardiorrespiratorios y de composición corporal, mejorará su fuerza máxima dinámica y los valores metabólicos, así como adquirirá hábitos de vida más activos.

Capítulo 1: Obesidad. Marco teórico

Qué es

La obesidad es una enfermedad multifactorial que está relacionada con una larga lista de enfermedades crónicas y anomalías metabólicas (Kauffer et al., 2007).

Las tasas de obesidad y de sobrepeso han aumentado en todo el mundo en los últimos años (Kauffer et al., 2007; Ramage, Farmer, Eccles & McCarroll, 2014). Junto con el sobrepeso afecta a más de la mitad de la población de los países desarrollados, siendo considerada por la International Obesity Task Force (IOTF) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) como la “epidemia del siglo XXI” (García-Martos et al., 2010). Es la mayor preocupación de la salud pública en los países desarrollados y en aquellos en vías de desarrollo (Ortega et al., 2012). Además este problema conlleva importantes costes sanitarios (Ramage et al., 2014).

En términos generales se define como el exceso de masa grasa en relación a la masa corporal. Debido a que el grado de adiposidad es un continuo, la definición de obesidad es un tanto arbitraria y está asociada a un estándar de normalidad (Kauffer et al., 2007). Se considera obesidad tener un índice de masa corporal (IMC) por encima de 30 kg/m^2 , mientras que el sobrepeso consiste en tener un IMC entre 25 y 30 kg/m^2 (Hubáček, 2009; Kauffer et al., 2007). Esta medida, sin embargo, ha sido criticada al no permitir diferenciar entre el porcentaje de masa grasa y muscular. Si se considera el porcentaje de masa grasa, la obesidad corresponde a un porcentaje graso mayor de 25% en hombres, y 30% en mujeres (Ortega et al., 2012).

Hay diferentes clasificaciones de obesidad en función del criterio que se establezca. Según dónde se localice la grasa (pues un mismo contenido de grasa corporal se puede distribuir de manera diferente) se puede distinguir entre obesidad tipo I, cuando la grasa se distribuye de manera indistinta en todo el cuerpo; tipo II o androide, si el exceso de grasa subcutánea se focaliza en el tronco y en el abdomen, y tipo III o ginecoide, cuando el exceso de grasa es visceral (Kauffer et al., 2007). Si se tiene en cuenta el IMC para diferenciar tipos de obesidad, la obesidad tipo I se considera a partir de un IMC de $34,9 \text{ kg/m}^2$, la obesidad tipo II entre 35 y $49,9 \text{ kg/m}^2$, y la obesidad tipo III a partir de un IMC mayor a 40 kg/m^2 (Kauffer et al., 2007).

La obesidad es problema grave ya que hay una asociación clara y directa entre el grado de obesidad y la morbilidad (García-Martos et al., 2010; Kauffer et al., 2007).

A la hora de considerar la obesidad se usa sólo el IMC, sin embargo el pronóstico de salud metabólica, y el riesgo de padecer otras enfermedades, un evento cardiaco o muerte prematura está definido más bien por la capacidad aeróbica (Ortega et al., 2012).

Uno de los aspectos que se tienen muy en cuenta en la obesidad es la zona de acumulación de la masa grasa, por su diferente influencia en el riesgo cardiovascular. La masa grasa visceral es un factor de riesgo cardiovascular primario (Dutheil et al., 2013; Kauffer et al., 2007; Strasser, Arvandi & Sierbert, 2012). Incluso la importancia de la obesidad visceral, está haciendo que autores ya hablen de un “síndrome de grasa visceral” (Dutheil et al., 2013). Por otro lado, el exceso de masa grasa en la periferia parece no tener relación con el riesgo cardiovascular (Strasser et al., 2012). Dutheil et al. (2013) emplean la circunferencia de cintura para medir de forma indirecta la grasa visceral. La grasa visceral incrementa en un 300% entre los 25 y los 65 años, lo cual produce un aumento del riesgo de diabetes tipo 2, el riesgo de enfermedad cardiovascular en adultos incluso con IMC normal (Kauffer et al., 2007; Strasser et al., 2013). La grasa visceral intra-abdominal (VAT en sus siglas en inglés) comparada con el total de masa grasa corporal tiene una correlación lineal más alta con una mayor cantidad de triglicéridos, tensión arterial, descenso de la sensibilidad a la insulina, un menor tamaño cerebral y subraya la relación entre obesidad y demencia (Strasser et al., 2012).

Hay una relación entre el riesgo de padecer diabetes mellitus tipo 2, hipertensión y enfermedad cardiovascular y un perímetro de cintura aumentado en relación al IMC, siendo mayor el riesgo a partir de 88 cm en mujeres, y 102 en hombres (Kauffer et al., 2007), como puede verse en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de la obesidad y el sobrepeso mediante el índice de masa corporal, el perímetro de cintura y el riesgo asociado de enfermedad (Schwingshackl, Dias, Strasser & Hoffmann, 2013).

CLASIFICACIÓN	TIPO DE OBESIDAD	IMC kg/m ²	RIESGO DE ENFERMEDAD ^a EN RELACIÓN CON EL PESO Y EL PERÍMETRO DE CINTURA NORMALES	
			Hombres < 102 cm según IMC	Mujeres > 88 cm
Bajo peso		< 18.5		
Normal		18.5-24.9		
Sobrepeso		25.0-29.9	Aumentado	Alto
Obesidad	I	30.0-34.9	Alto	Muy alto
	II	35.0-39.9	Muy alto	Muy alto
Obesidad extrema	III	> 40	Extremadamente alto	Extremadamente alto

^a Riesgo de padecer diabetes mellitus tipo 2, hipertensión y enfermedad cardiovascular. El perímetro de cintura aumentado puede ser un marcador para un riesgo mayor incluso en personas con peso normal. Adaptada de: Preventing and managing the global epidemic of obesity. Report of the World Health Organization Consultation of Obesity. Ginebra: WHO1997. En: National Institute of Health⁸

Además, la grasa intra-abdominal es un factor de riesgo importante para que se produzca un grado de inflamación, lo que explica el aumento de riesgo cardiovascular asociado con la obesidad. El aumento de grasa visceral se produce por una hipertrofia de los adipocitos, en los cuales aumenta la producción de leptina y disminuye la de adiponectina, dos importantes adipoquinas que tienen una gran influencia en la inflamación y en el metabolismo de los lípidos y carbohidratos. Otra importante consecuencia de la hipertrofia de los adipocitos es que aumenta la cantidad de macrófagos que reaccionan contra estos, produciéndose una inflamación. Además una alta producción de adipoquinas induce a la producción hepática de la proteína C-reactiva (CRP en sus siglas en inglés). Un alto nivel de CRP está demostrado como un importante marcador de predicción de sufrir enfermedades cardiovasculares (Strasser et al., 2012). Por ello es tan importante que haya un descenso de este tipo de tejido graso.

La reducción de 11 cm² en VAT está claramente relacionado con un descenso de colesterol de baja densidad (LDL en sus siglas en inglés) y sensibilidad a la insulina. Diferencias en la grasa visceral explica, en gran parte, el perfil aterogénico lipotrópico asociado con la obesidad y la resistencia a la insulina. Por tanto, el descenso de la grasa visceral repercute en un descenso de riesgos metabólicos y desarrollo de enfermedad cardiovascular. Un descenso de la grasa visceral de 30 cm² provoca un descenso del riesgo metabólico en un 35% (Strasser et al., 2012).

Por otro lado, hay una correlación entre el índice de cintura-cadera y el riesgo para la salud. Valores mayores de 1 en hombres y 0,85 en mujeres de este índice indican un mayor riesgo de desarrollar hipertensión arterial y diabetes mellitus (Zuzunaga & Villareal, 2002).

Por último, se puede entender el sobrepeso y la obesidad como un desequilibrio energético como muestra el Gráfico 1. Es el “Modelo estático de balance energético” de Donnelly & Smith (2005).

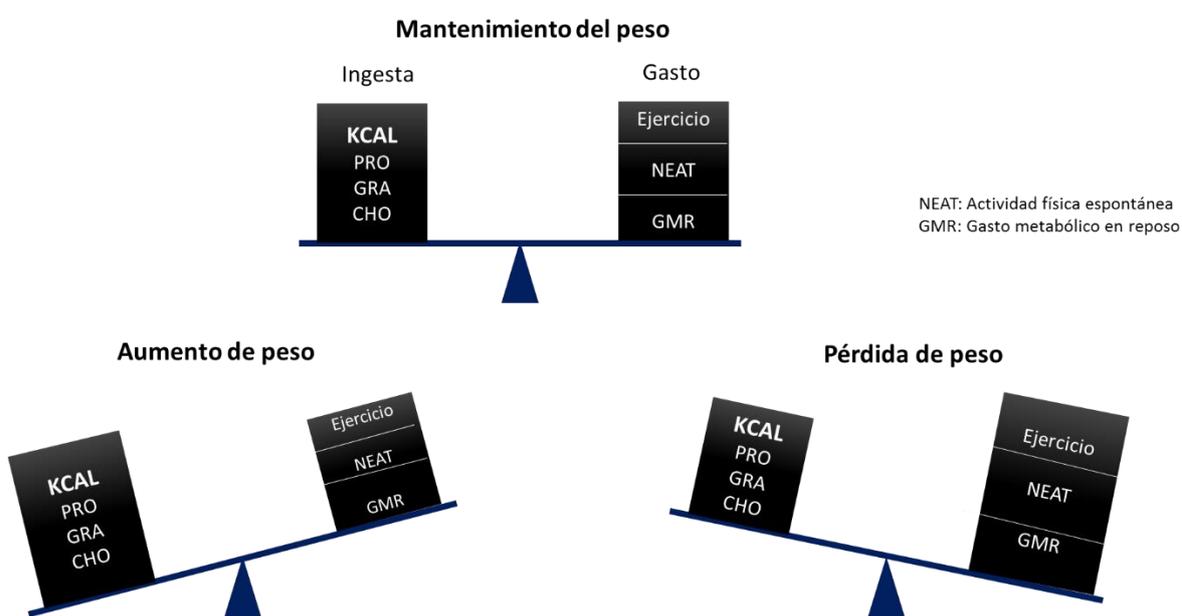


Gráfico 1. Modelo estático de balance energético. Adaptado de Donnelly & Smith (2005).

Cuando hay una mayor ingesta que gasto energético, se produce un aumento de masa corporal y grasa. La energía de la ingesta procede de la alimentación, mientras que el gasto energético proviene de la energía empleada en el metabolismo basal y la actividad física. Como actividad física entendemos todas aquellas acciones que conllevan un gasto energético, y comprende tanto en el ejercicio físico (actividad física programada y estructurada), como la actividad física espontánea (NEAT en sus siglas en inglés, que corresponde con la energía empleada en el resto de actividades diarias como: subir escaleras, desplazarse...). Ese desequilibrio puede proceder de un aumento de la ingesta sin un aumento del gasto y/o un descenso del gasto energético sin acompañarse de un descenso de la ingesta. Los tratamientos de la obesidad deben ir orientados a desestabilizar la balanza a favor del gasto, y a una posterior reequilibración entre gasto e ingesta para que la masa corporal permanezca constante (Donnelly & Smith, 2005; Hubáček, 2009).

Causas

La obesidad es el resultado de una compleja interacción entre los genes y el ambiente, que se caracteriza por un desequilibrio de energía debido a un estilo de vida sedentario, un consumo excesivo de energía, o ambos (Kauffer et al., 2007).

La reducción de la actividad física y un aumento de la ingesta energética durante un periodo continuado de tiempo son dos de los factores más importantes del aumento de masa grasa y desarrollo de la obesidad (Hubáček, 2009; Strasser, 2012). Pero estos no son los únicos factores, se trata de una enfermedad multifactorial (Hubáček, 2009).

La reducción del gasto energético es el factor más importante. La sociedad es cada vez más inactiva. Porque aunque parezca que se haya aumentado la ingesta energética, hay estudios como el realizado por Prentice & Jebb (1995) donde demuestra que la ingesta diaria dietética en los últimos 20 años había descendido, mientras que la obesidad había aumentado. En el Gráfico 2 se muestra el aumento de las tasas de obesidad en Gran Bretaña, mientras que en el Gráfico 3 se muestra como ha habido un descenso del consumo energético, pero un aumento del sedentarismo.

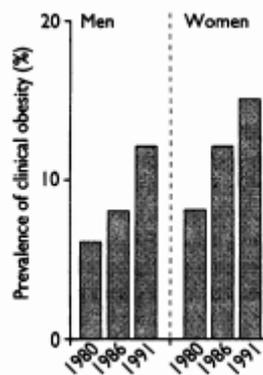


Gráfico 2. Prevalencia de la Obesidad (IMC mayor a 30 kg/m²) e Inglaterra (Office of Population Censures and Surveys en Prentice & Jebb, 1995).

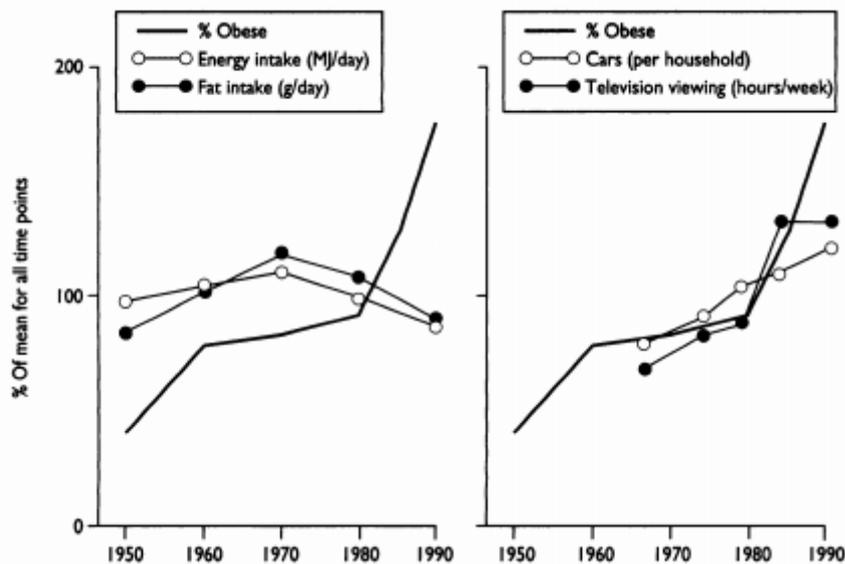


Gráfico 3. Tendencias en la dieta (izquierda) y actividad (derecha) en relación con la Obesidad en Gran Bretaña (Central Statistical Office, National Food Survey & Office of Population Censures and Surveys en Prentice & Jebb, 1995).

Esto hace pensar que el mayor problema de que haya aumentado la obesidad, es un descenso del gasto energético, de la actividad física. Además, dentro de la actividad física, lo que más ha descendido es la actividad física espontánea, que parece ser el factor más importante del aumento del IMC en la sociedad actual (Hubáček, 2009).

Por otro lado, la obesidad está parcialmente determinada de forma genética. Se estima que la obesidad está determinada en un 40-60% por la predisposición genética, pero que este factor no explica todos los factores de la obesidad (Hubáček, 2009).

Además, hay otros muchos factores que han contribuido a un aumento de la obesidad y que conforman un ambiente obesogénico: hábitos de sueño, la no realización de actividad espontánea por el uso de nuevas tecnologías, el aumento de la estabilidad de la temperatura de las habitaciones (por el uso de calefacciones y de aire acondicionado), mayor uso de medicamentos con efectos secundarios de aumento de masa corporal, factores psicológicos, estado económico desfavorable y ambientes urbanos desfavorecidos para realizar actividad física. Muchos de ellos relacionados con el estilo de vida, y las características de países desarrollados y en vías de desarrollo (Tabla 2) (Hubáček, 2009).

Tabla 2. Resumen de los factores más comunes asociados con los cambios de masa corporal Adaptada de Hubáček, 2009.

Factor	Conduce a...
Actividad física espontánea (NEAT)	Descenso de la masa corporal
Temperatura elevada de las habitaciones	Aumento de la masa corporal
Aire acondicionado	Aumento de la masa corporal
Estricción del sueño	Aumento de la masa corporal
Factores psicológico	Aumento o descenso de la masa corporal
Ambiente urbano no agradable	Aumento de la masa corporal
Publicidad	Aumento de la masa corporal
Trastornos endocrinos	Aumento de la masa corporal
Dejar de fumar	Aumento de la masa corporal

Obesidad y morbilidad

La obesidad se acompaña de múltiples y graves consecuencias sobre la salud. Aunque no está muy definida la relación entre ambas. No queda claro si la obesidad es causa de un padecimiento determinado o si dicho padecimiento es un fenómeno que acompaña a la obesidad; pero lo que sí está claro es que el riesgo de morbilidad y mortalidad de una gran variedad de enfermedades aumenta en la población con obesidad (Kauffer et al., 2007).

Por ello, según Kauffer et al. (2007) es importante considerar al obeso como una persona enferma que debe ser atendida y no se debe esperar a que aparezcan enfermedades agregadas para tomar medidas terapéuticas.

La obesidad está relacionada con un aumento del riesgo de mortalidad en todas las edades, sobre todo a partir de los 50 años. Las causas de dicha mortalidad suelen estar relacionadas con enfermedades crónicas. Por ejemplo, aquellos pacientes con enfermedades coronarias tienen un exceso de mortalidad del 40% por encima respecto con aquellos pacientes no obesos. En el caso de los obesos que padecen enfermedades renales, este valor alcanza el 50%. Además los diabéticos obesos tienen una mortalidad 4 veces mayor que los diabéticos no obesos y ocurren con más frecuencia muertes por accidentes cardiovasculares, padecimiento de las vías biliares y cirrosis hepática entre estos sujetos (Kauffer et al., 2007).

A parte de mayor riesgo de muerte, los obesos tienen más probabilidades de enfermar. Por ejemplo el riesgo de padecer diabetes aumenta proporcionalmente con el grado de obesidad. También la hipertensión arterial está relacionada de manera directa con el grado de obesidad; y hay claras evidencias que indican una fuerte asociación entre ciertos tipos de cáncer y obesidad. Por ejemplo, hay estudios que han demostrado que los hombres obesos y además fumadores tienen mayor riesgo de padecer cáncer de colon, recto y próstata, y las mujeres a sufrir cáncer de vesícula, mama, útero y ovarios (Kauffer et al., 2007). Además la obesidad tiene un efecto negativo en la función reproductiva femenina, ya que se suele relacionar con hirsutismo, ciclos anovulatorios, amenorrea, disminución de la fertilidad, menarquia tardía y menopausia temprana. Estas alteraciones se dan con más frecuencia en mujeres con mayor obesidad y de obesidad androide (Kauffer et al., 2007). Por otra parte, la obesidad afecta a la función respiratoria, y puede ocasionar apnea del sueño. También se ha relacionado con la presencia de osteoartritis y gota (Kauffer et al., 2007). Por último Kauffer et al. (2007) consideran que es importante tener en cuenta que el obeso, además de estar expuesto a dichos padecimientos biológicos, con frecuencia está sometido a presiones psicológicas por marginación social.

Kauffer et al. (2007) establecen que el aumento de masa grasa “per se” no es un problema, sino la consecuencia en el resto de sistemas. Esto está relacionado con la importancia que tiene la capacidad aeróbica en la morbilidad y mortalidad.

Tratamientos para la obesidad

La estrategia más eficaz para la pérdida de peso, para inclinar la balanza hacia la pérdida energética, es la limitación o reducción de energía y un aumento del gasto energético. Esto se lleva a cabo mediante la conjunción de dieta y EF, siendo muchos estudios los que corroboran tales beneficios (Dutheil et al., 2013; García-Martos et al., 2010; Ramage et al., 2014).

Donnelly & Smith (2005) demostraron que realizar sólo dieta o EF, no tenía una efectividad real en la bajada de masa corporal. Si se realiza sólo actividad física, las personas suelen compensar este gasto energético con una mayor ingesta. Y si solo se realiza dieta, que es la tendencia más

habitual, no se reduce lo suficiente la energía (al no haber gasto mediante el EF, sino solo restricción energética) y además hay un descenso de la energía del metabolismo basal, por lo que el gasto energético total disminuye. Es preciso por tanto una combinación de dieta y EF para que el tratamiento sea eficaz. De hecho, en la revisión llevada a cabo por Ramage et al. (2014) 23 de las 24 intervenciones llevaron a cabo actividad física además de dieta.

Para una pérdida segura de masa corporal es preciso un déficit energético en la dieta (nunca inferior a una base de 1200 kcal/día) y una reducción de la ingesta de grasa, combinado con la actividad física, para que así la reducción de masa corporal y su mantenimiento sea efectivo (Ramage et al., 2014).

El ejercicio físico induce a la pérdida de masa corporal al aumentar en la balanza el gasto energético. Aunque es muy importante tener en cuenta, que el EF por sí solo no es eficaz, sobre todo si la realización de este provoca un aumento del apetito y una compensación de ingesta de comida (De Feo, 2013). Pero además de EF, se debe cambiar el estilo de vida general para aumentar el NEAT. Este cambio se ha visto que es fundamental. Esto se puede conseguir con una suma de pequeños cambios (subir por las escaleras en vez de por el ascensor, andar en vez de usar transporte motorizado...), lo cual tiene un efecto acumulativo a largo plazo, si se sostiene durante años (Hubáček, 2009). Un ejemplo claro es que aquellas personas que andan 2,5 horas al día son menos obesas que aquellas que no lo hacen. Como mínimo recomendado para tener beneficios saludables se calcula que se debe realizar 10.000 pasos diarios (Kelley, 2006). Se ha visto que el riesgo de mortalidad es directamente proporcional a la cantidad de NEAT individual (Hamilton, Hamilton & Zderic, 2007).

Es necesario una ausencia de incremento de la ingesta energética y un incremento del gasto energético mediante ejercicio físico y del NEAT, para producir un desequilibrio energético a favor de la pérdida de peso corporal (De Feo, 2013; Hubáček, 2009).

Hay otros tratamientos para la obesidad como la cirugía o el farmacológico, pero a largo plazo son más indicados aquellos que conllevan un cambio del estilo de vida (Kauffer et al., 2007). Debe ser un tratamiento multidisciplinar que aúne actividad física, nutrición y psicología (Kauffer et al., 2007)

Actividad física. Beneficios para la obesidad

Para prevenir el aumento de masa corporal y promover su pérdida, el EF regular es una herramienta efectiva (De Feo, 2013). El EF mejora la capacidad aeróbica y la fuerza, reduce de manera eficaz la grasa acumulada a nivel abdominal, tiene efectos positivos en el índice cintura/cadera, reduciéndolo significativamente respecto a personas sedentarias, entre otras mejoras fisiológicas y del bienestar (García-Martos et al., 2010). Sin embargo, ¿qué tipo de ejercicio físico es el más eficaz? ¿A qué intensidad, volumen o frecuencia?, En las últimas dos décadas, un número creciente de estudios han demostrado la eficacia de programas de EF de tipos muy diferentes (aeróbicos, de fuerza, mixtos), frecuencia semanal, volumen, intensidad (moderada o intensa) y la duración (De Feo, 2013).

Tipo de ejercicio físico

Cuando se habla de programas de actividad física para la salud, y sobre todo en personas obesas, habitualmente se piensa en un trabajo principalmente aeróbico (García-Martos et al., 2010; Strasser et al., 2012). Sin embargo, el entrenamiento de fuerza tiene numerosos beneficios que hacen que sea un tipo de entrenamiento a tener en cuenta (García-Martos et al., 2010). Hay evidencias suficientes que sugieren que el ejercicio aeróbico y de fuerza de manera combinada

son beneficiosos para las personas con obesidad y morbilidades relacionadas (De Feo, 2013). Independientemente del tipo de EF hay mejoras del riesgo cardiovascular y reducción de desórdenes metabólicos (Dutheil et al., 2013).

Beneficios del entrenamiento aeróbico

A la hora de reducir la masa corporal o masa grasa, basándose en la literatura, solo el ejercicio aeróbico tiene una evidencia sólida (De Feo, 2013). El entrenamiento de resistencia está claramente relacionado con un mayor gasto energético durante la sesión de entrenamiento respecto al entrenamiento de fuerza (Strasser et al., 2012). Además otra de los principales beneficios es que el entrenamiento aeróbico produce una mejora de la capacidad aeróbica, sobre todo si el entrenamiento se realiza a altas intensidades, durante el tiempo suficiente (De Feo, 2013). Se ha demostrado que hay una relación inversa entre la capacidad cardiorrespiratoria y todas las causas de riesgo de muerte o diabetes de tipo dos (De Feo, 2013). Se considera la capacidad aeróbica como un mayor predictor de la mortalidad (Ortega et al., 2012). Además aumenta el sistema parasimpático, así como aumenta la lipólisis, en especial de la grasa abdominal (Strasser et al., 2013). Otros efectos del entrenamiento de resistencia (Dutheil et al., 2013) son la reducción del riesgo de enfermedad cardiovascular, diabetes, obesidad y mejorar la calidad de vida. Se ha demostrado que mejora el metabolismo de la glucosa, reduce los niveles sanguíneos de triglicéridos, aumenta las concentraciones de HLD y descende la presión arterial.

En el gráfico 4 se muestran las adaptaciones cardiovasculares que se dan en el organismo por el entrenamiento de ejercicio aeróbico y que como resultado tiene la mejora de la capacidad aeróbica y los beneficios asociados.

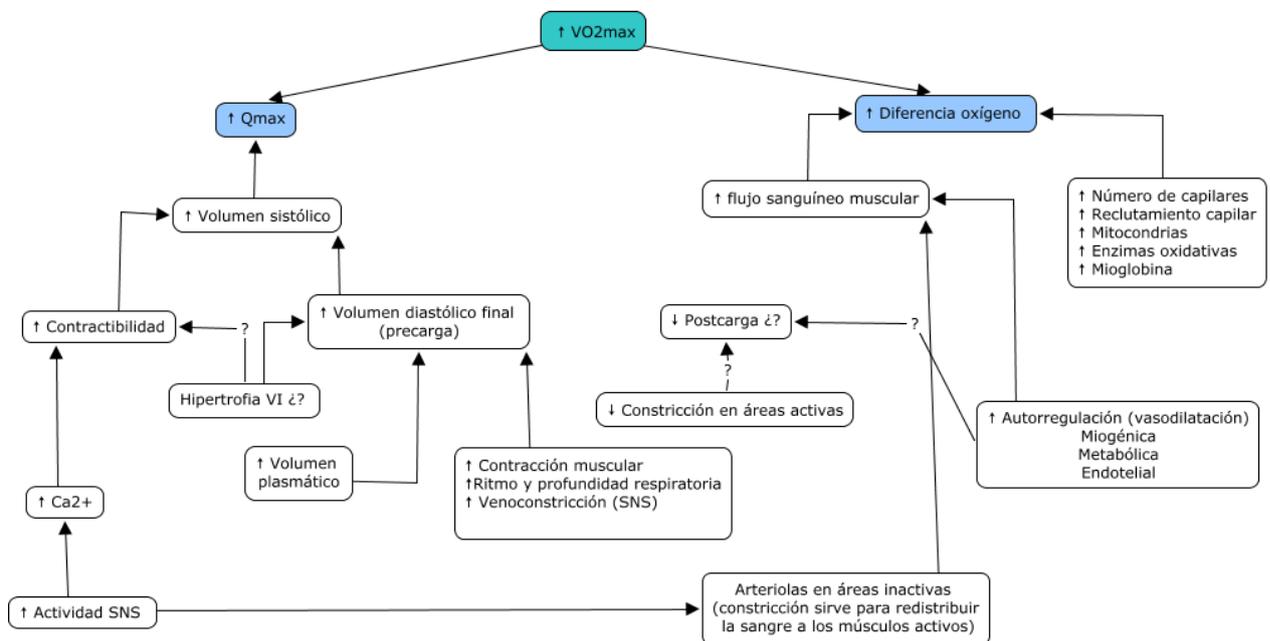


Gráfico 4. Resumen de las adaptaciones cardiovasculares del entrenamiento de ejercicio aeróbico. Adaptado de Kenney, Wilmore & Costill, 2012). Abreviaturas: SNS (sistema nervioso central); VI (Ventrículo izquierdo).

Beneficios del entrenamiento de fuerza

Los efectos del entrenamiento de fuerza han sido investigados en muy pocas investigaciones, aunque la Asociación Americana del Corazón recomiende este tipo de entrenamiento más incluso que el de resistencia (Dutheil et al., 2013). El trabajo de fuerza aumenta la masa libre de grasa, la fuerza muscular y la potencia (García-Martos et al., 2010). Hay discusión sobre si el trabajo de fuerza produce una eficaz reducción de la masa corporal total y masa grasa (De Feo, 2013). Sin embargo, Dutheil et al. (2013) exponen que en la comparación de prescripción de EF, el entrenamiento de fuerza es más efectivo en la reducción de riesgo metabólico que el entrenamiento de resistencia. En su estudio este tipo de entrenamiento fue más efectivo en la reducción de masa visceral, que el entrenamiento mixto o de resistencia. Aunque el entrenamiento de fuerza no produzca muchos cambios de la masa corporal, el principal efecto de este tipo de EF es que produce un cambio de la composición corporal, aumentando la masa magra y disminuyendo la masa grasa. Parece ser que el entrenamiento de fuerza reduce la grasa visceral y abdominal, aunque pequeñas descensos y poco significativos, si se emplea solo este tipo de entrenamiento. Sí parece ser efectivo en las respuestas inflamatorias, aunque no esté definido el mecanismo específico (Strasser et al., 2012). Por otro lado, el entrenamiento de fuerza a largo plazo reduce los riesgos relacionados con la obesidad y el riesgo cardiovascular como dislipidemia, resistencia a la insulina y diabetes tipo 2 (Strasser et al., 2012). Parece ser que el entrenamiento de fuerza produce un ligero descenso de la tensión arterial (Dutheil et al., 2013). Además, la fuerza muscular está inversamente relacionada con el síndrome metabólico y todas las causas de mortalidad. Reduce la influencia de la arteriosclerosis y disminuye la disfunción mitocondrial derivada del envejecimiento celular (Strasser et al., 2012). Este tipo de entrenamiento es muy positivo porque, según De Feo (2013), el entrenamiento de fuerza previene la pérdida de masa muscular en personas de mediana edad con sobrepeso/obesidad y fortalece los músculos previniendo lesiones del ejercicio aeróbico u otras causas.

El entrenamiento de fuerza no produce tanto gasto energético durante la sesión, sin embargo incrementa el gasto calórico tras esta, ya que aumenta la actividad del sistema simpático y al aumentar la masa muscular, se produce un incremento del metabolismo basal en reposo, así como una reducción de la lipogénesis hepática (Strasser et al., 2012).

Este tipo de entrenamiento parece ser efectivo si se aplica en un volumen y bajo las condiciones nutricionales adecuadas (Dutheil et al., 2013).

Beneficios de un entrenamiento mixto

La aplicación de un programa de entrenamiento mixto aúna los beneficios de ambos tipos de entrenamiento, considerándose por tanto, como el más positivo a la hora de realizar un programa de actividad física para tratar la obesidad; respecto a sólo entrenar fuerza o resistencia (Dutheil et al., 2013; García-Martos et al., 2010). La realización de un programa de entrenamiento que combina el trabajo de resistencia cardiorrespiratoria y de fuerza muscular, produce mejoras a nivel cardiorrespiratorio, de composición corporal y de fuerza en mujeres con sobrepeso (García-Martos et al., 2010; Schwingshacklet al., 2013). No quiere decir que produzca mayor pérdida de masa grasa o corporal respecto a un EF aeróbico solamente, o que tenga mayores ganancias de masa muscular en comparación con un entrenamiento de fuerza (De Feo, 2013), pero integra los beneficios de ambos tipos de entrenamiento.

Numerosos estudios plantean la existencia de mayores beneficios con un entrenamiento mixto, es decir, una combinación de trabajo de fuerza y resistencia, frente a entrenar sólo fuerza o sólo resistencia, produciendo mejoras a nivel cardiorrespiratorio, fuerza muscular y composición corporal (García-Martos et al., 2010). Dutheil et al. (2013) en su estudio, concluyeron que el EF

mixto aumentaba más la pérdida de masa grasa visceral. Sillanpää et al (2008, en García-Martos et al., 2010) aplicaron un programa mixto de 21 semanas de duración encontrando mejoras estadísticamente significativas para la fuerza muscular y el consumo de oxígeno máximo (VO_{2max}). Resultados similares obtuvieron Park et al. (2003) para la capacidad cardiorrespiratoria, al comparar este tipo de entrenamiento con otro exclusivamente de resistencia aeróbica en mujeres con obesidad (García-Martos et al., 2010). Brune y Wilmore (2001) compararon un programa de entrenamiento mixto con uno sólo de fuerza en mujeres con sobrepeso y sólo obtuvieron mejoras de la capacidad aeróbica en el grupo de trabajo mixto (García-Martos et al., 2010). Por ejemplo, Sillanpää et al. (2008, en García-Martos et al., 2010) compararon los efectos de un programa de entrenamiento de resistencia aeróbica, otro de fuerza y otro de entrenamiento mixto sobre hombres adultos, registrando mayores beneficios para la fuerza máxima dinámica y VO_{2max} en el grupo de entrenamiento mixto. Por otro lado, Willis et al. (2012, en De Feo, 2013) examinaron los efectos del tipo de EF sobre la masa corporal y grasa en adultos con sobrepeso, comparando los efectos de entrenamiento de resistencia, de fuerza y mixto. El grupo de entrenamiento de resistencia y mixto redujeron la masa corporal total (resistencia $-1,8 \pm 3,0$ kg, mixto $-1,6 \pm 3,1$ kg) y grasa corporal (resistencia $-1,7 \pm 2,7$ kg y mixto $-2,4 \pm 3,0$ kg); más que el grupo de sólo fuerza ($0,8 \pm 2,3$ kg de masa corporal total y $0,3 \pm 2,1$ kg de masa grasa, $p < 0,05$). Respecto a la ganancia de masa muscular, el entrenamiento de fuerza y el mixto fueron los únicos que obtuvieron diferencias significativas. Concluyeron que el entrenamiento aeróbico, era la forma óptima de EF para reducir la masa corporal y grasa, y que debía incluir entrenamiento de fuerza para incrementar la masa muscular. Schwingshackl, et al. (2013) en un estudio en el que comparando los tres tipos de entrenamiento (aeróbico, de fuerza y mixto) concluyeron que la composición corporal, el descenso de masa grasa, así como la capacidad aeróbica mejoraba más con el entrenamiento aeróbico o mixto, y que además el entrenamiento de fuerza aumentaba más la ganancia de masa muscular. Por lo tanto, la evidencia de su meta-análisis sugería una mayor eficacia tanto en la prevención como en el tratamiento del sobrepeso y la obesidad, y que por tanto se debía recomendar el tipo de EF mixto. En lo que respecta a un descenso de la grasa visceral, el entrenamiento mixto es más efectivo que sólo un entrenamiento aeróbico, y mucho mayor que el de fuerza y produce un mayor aumento de masa muscular que el entrenamiento aeróbico aislado (Strasser et al., 2012).

Respecto al tipo de EF, por tanto, se puede concluir que el tipo de programa que más beneficios produce es un entrenamiento mixto de resistencia aeróbica y de fuerza (García-Martos et al., 2010; Schwingshackl et al., 2013).

Intensidad, duración y frecuencia

Determinado el tipo de EF que es más beneficioso, se debe considerar qué intensidad es la más adecuada a la hora de realizar un programa para personas con obesidad o sobrepeso. La duda reside en sí, para un programa para el tratamiento de la obesidad, es mejor una intensidad moderada (normalmente organizada en un entrenamiento continuo) o un entrenamiento de intensidad alta. Es importante diferenciar entre la intensidad que más reducción de masa corporal produce y aquella que más mejoras funcionales consigue.

Primero hay que aclarar qué se considera alta intensidad. En la mayoría de los estudios se considera alta intensidad a partir del 80% de la frecuencia cardiaca pico (FC_{pico}) (De Pato, 2013), por debajo de esta es intensidad moderada.

Ambas intensidades de EF han sido demostradas como eficaces en el descenso de la masa corporal (De Feo, 2013). Sin embargo, hay discrepancias entre los autores en qué tipo de intensidad provoca más beneficios en este respecto. Dutheil et al. (2013) afirman que es más

efectivo un entrenamiento de alta intensidad (ya sea de resistencia o de fuerza) en la pérdida de masa grasa total, comparando con un entrenamiento de intensidad moderada. Hasta la fecha no hay, según De Feo (2013), datos publicados de los efectos del entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT en sus siglas en inglés) a largo plazo sobre la masa corporal y grasa en personas obesas. No se ha demostrado que en personas con sobrepeso u obesas el HIIT sea mejor que el EF moderado en la pérdida de masa corporal. Se da más importancia a la duración del EF (al menos 150 minutos/semanales andando) que a la intensidad en objetivos de pérdida de masa grasa y mejora cardiorrespiratoria (De Feo, 2013). En un estudio de Trembra et al. (1994; en De Feo, 2013) se investigó el impacto de la intensidad del EF en el metabolismo musculoesquelético y pérdida de grasa corporal. Usaron un programa de HIIT durante 20-25 semanas en dos grupos con adultos jóvenes no obesos, lo que produjo una reducción importante de masa grasa subcutánea, a pesar de no haber grandes cambios de cambio de la masa corporal durante este periodo (De Feo, 2013). Más recientemente, otros estudios han examinado los efectos del HIIT, en periodos de entrenamiento de 12 a 24 semanas, demostrando reducciones significativas de la masa grasa y corporal, aunque este estudio no comparase los efectos del HIIT frente a un programa de ejercicio aeróbico moderado (De Feo, 2013). Trapp et al. (2008; en De Feo, 2013) compararon la eficacia del HIIT frente al ejercicio aeróbico moderado, pero en un grupo de mujeres con IMC de $23,2 \pm 2,0$ kg/m², y demostraron que el HIIT produce una reducción significativa de la masa corporal total, masa grasa, y grasa abdominal, mientras el ejercicio aeróbico continuo de baja intensidad no tenía efectos. Tjonna et al. (2009; en De Feo, 2013) examinaron los efectos de ejercicio aeróbico moderado frente a ejercicio de alta intensidad en pacientes con síndrome metabólico; ambos tipos de ejercicio aeróbico fueron igual de efectivos en la reducción de la tensión arterial, masa corporal y masa grasa (-2,3 y -3,6 kg en el ejercicio aeróbico de alta intensidad y de intensidad moderada, respectivamente). Pero según Dutheil et al. (2013) exponen que los beneficios del entrenamiento sobre los parámetros de mayor gasto energético están unidos a entrenamientos de alta intensidad, y que esta produce una mejora más rápida en la pérdida de grasa visceral y mayores mejoras metabólicas. Para este autor, el ejercicio aeróbico de alta intensidad permite perder más masa grasa que el ejercicio aeróbico moderado, ya que el ejercicio aeróbico de alta intensidad provoca un aumento de la oxidación de las grasas en las 24 horas siguientes al entrenamiento (al tener que restablecerse los niveles de glucógeno muscular post ejercicio) (De Feo, 2013). Durante la realización de EF si es cierto que se emplean más cantidad de lípidos como sustrato en un entrenamiento moderado (en una intensidad del 40-50% del VO₂ se oxidan por igual lípidos y glucosa), y a medida que se incrementa la intensidad se emplea más porcentaje de glucógeno que de lípidos. Según De Feo (2013) el entrenamiento de alta intensidad tiene más efectos favorables que el entrenamiento continuo moderado que solo produce importantes mejoras la reducción de la masa corporal o pérdida de masa grasa.

Pero lo más importante de este tipo de ejercicio físico, no es la reducción de la masa corporal, sino que mejora más que otros tipos de ejercicio la capacidad aeróbica. En muchos estudios se ha demostrado que el entrenamiento aeróbico de alta intensidad produce mayores mejoras de la capacidad aeróbica que el entrenamiento continuo a intensidad moderada (De Feo, 2013). En la revisión llevada a cabo por Gist, Fedewa, Dishman & Cureton (2014) evidencian también la mejora de la capacidad aeróbica mediante este tipo de entrenamiento.

El mayor inconveniente del ejercicio aeróbico de alta intensidad, es que puede realizarse durante muy pocos minutos. Por esta razón se propone la práctica del HIIT. Los HIIT incluyen periodos desde 30 segundos a varios minutos de alta intensidad separados por periodos desde 1-5 minutos de recuperación a baja intensidad o sin EF. El principio del HIIT es estar durante

mucho tiempo a un alto porcentaje del consumo de oxígeno (De Feo, 2013). Esta intensidad puede ser realmente eficiente si se aplica el volumen suficiente (Dutheil et al., 2013).

De Feo (2013) concluye que, basado en la limitación de estudios realizados, no hay evidencia suficiente para determinar la superioridad del entrenamiento de alta intensidad en la pérdida de masa corporal en la población obesa. Pero el entrenamiento de alta intensidad es un estímulo para el aumento del gasto energético total en activo, además de sí producir una importante mejora de la capacidad aeróbica (De Feo, 2013).

Además, actualmente la sociedad da mucha importancia a aquellos programas que tienen una eficacia en la bajada de masa grasa en poco tiempo y con alta intensidad (De Feo et al, 2013). Como contraargumento para emplear este tipo de EF algunos autores afirman que provoca menor adherencia, teniendo estos programas mayor tasa de abandono, ya que estas personas prefieren y se sienten más cómodos con ejercicios de intensidad moderada ya que las personas sedentarias con obesidad pueden verlo como un “sacrificio” o “algo imposible”, y ser por ello más fácil que abandonen este tipo de entrenamiento (De Feo, 2013). Sin embargo, para otros autores (De Feo, 2013) parece ser que los intervalos de alta intensidad puede representar un estímulo mental y combatir el aburrimiento, al no ser siempre un ritmo constante durante mucho tiempo, aumentando así la intensidad. Por otro lado, hay que considerar el mayor riesgo de lesiones que puede provocar un entrenamiento de HIIT en las articulaciones, tendones o mayor riesgo de que ocurran eventos cardiacos. Sin embargo, se ha comprobado en múltiples investigaciones que el realizar HIIT es seguro, si se realiza de manera controlada, incluso con pacientes con insuficiencia cardiaca congestiva, y que no hay riesgo de sufrir eventos cardiacos ni de ningún otro tipo si se realiza de la manera adecuada. Por eso, este tipo de entrenamiento debiera estar supervisado por profesionales de la actividad física (De Feo, 2013).

Con respecto a la frecuencia, parece ser que una prescripción de EF con alta frecuencia semanal aumenta la acumulación de actividad física realizada sin provocar una caída de la adherencia (De Feo, 2013). Por eso, De Feo (2013) recomienda que se hagan entrenamientos de menor intensidad más frecuentemente frente a pocos entrenamientos de alta intensidad, pues supone menor EF y adherencia. Las guías recomiendan realizar al menos 150 minutos de actividad aeróbica moderada y al menos tres sesiones de fuerza semanales para producir beneficios para la salud y aumentar la fuerza muscular (De Feo, 2013; Hubáček, 2009). Sin embargo, parece ser que este tiempo no es suficiente para la pérdida de masa corporal y grasa, y que para este objetivo, se debe aumentar, al menos, el volumen de EF hasta 60 minutos diarios (Hubáček, 2009).

Específicamente en lo que respecta al entrenamiento de fuerza, parece que un mayor volumen tiene mayores beneficios (Strasser et al., 2012). Hay pocos estudios que cuantifiquen la intensidad y el volumen de fuerza en el tratamiento de la obesidad, pero Strasser et al. (2012) en su revisión encontraron que se entrenaba desde porcentajes de carga del 40% al 80% de una repetición máxima (1RM) en series de 8 a 15 repeticiones en dos o tres sesiones semanales como máximo. El máximo de series realizadas por grupo muscular en una semana fue de 2 a 27 series semanales, siendo 6 la más común. Los ejercicios, habitualmente realizados en máquina, o con materiales sencillos como bandas elásticas, empleaban ejercicios de los grupos musculares más importantes: pectoral, hombro, cuádriceps, isquiotibiales, abdominales, bíceps, tríceps, dorsal (Strasser et al., 2012).

Aplicaciones prácticas

Una vez realizada una revisión acerca de qué es la obesidad y qué tipo de entrenamiento es el más adecuado para su tratamiento, se pueden extraer una serie de pautas para la intervención en el caso práctico. En la Tabla 3 se muestra de manera resumida las pautas que se han extraído de la revisión bibliográfica a la hora de realizar el caso práctico.

Tabla 3. Resumen de las pautas empleadas para la intervención práctica para el tratamiento de la obesidad.

Aplicaciones prácticas de ejercicio físico para el tratamiento de la obesidad

- **Para la reducción de la masa corporal y mejora de las condiciones fisiológicas de la persona con obesidad es preciso aunar ejercicio físico y una restricción dietética.**
- **El ejercicio aeróbico mejora la capacidad aeróbica, además de aumentar considerablemente el gasto calórico, lo que está relacionado con un descenso del riesgo de muerte prematura.**
- **El entrenamiento de fuerza, aumenta la masa muscular, reduce la grasa visceral, mejorando la composición corporal, así como retrasa la atrofia muscular y previene el proceso inflamatorio provocado por la obesidad. Además reduce la grasa visceral.**
- **El mejor tipo de entrenamiento para el tratamiento de la obesidad es un entrenamiento mixto, pues aúna los beneficios de ambos tipos de ejercicio físico. Todo ello lleva a un descenso de padecer múltiples patologías, descenso del riesgo cardiovascular y de muerte prematura.**
- **Además de aumentar el gasto calórico mediante el EF es preciso que haya un aumento de la actividad física espontánea (NEAT). Al menos deben alcanzarse 10.000 pasos diarios.**
- **El entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) produce mayores mejoras de la capacidad aeróbica, aunque no de descenso de la masa corporal, donde un mayor volumen es más importante. Deben combinarse ambos tipos de entrenamiento aeróbico. Por ejemplo, dos días a la semana de entrenamiento interválico intenso (con una frecuencia cardíaca (FC) de más del 80% de la FC_{pico}) y el resto aeróbico moderado.**
- **El entrenamiento de fuerza debe realizarse al menos dos veces por semana, con un día de descanso entre ellos. Se recomiendan intensidades entre 40% al 80% de un RM en series de 8 a 15 repeticiones y volúmenes de unas 6 series semanales de los grupos musculares más importantes.**

Capítulo 2: Estudio de caso

Metodología

Participante

Los criterios de inclusión para participar en la intervención fueron: a) ser mayor de edad, b) tener un IMC mayor a 30 kg/m², c) ser sedentario, d) no tener ninguna otra patología como hipertensión arterial, diabetes, cardiopatías cardiacas o respiratorias e) tener disponibilidad para poder llevar a cabo el programa. La participante tras haber sido informada y entendido el objeto del trabajo de fin de grado, firmó un consentimiento informado antes de iniciar el programa (Anexo 1).

La participante que llevó a cabo el programa de EF es una mujer de 49 años de edad, con un IMC inicial de 33,6 kg/m². No tiene ninguna otra enfermedad asociada ni toma medicación alguna. Sedentaria y exfumadora desde hace 6 años.

Cálculo de variables: material y métodos

Para poder comparar los parámetros previos y posteriores a la intervención del EF y ver si hubo alguna mejora de la capacidad cardiorrespiratoria, composición corporal o bioquímica, así como para poder realizar el diseño del ejercicio, se realizaron una serie de valoraciones. Las pruebas se realizaron en el Laboratorio de Análisis del Rendimiento Deportivo de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (FCCAFD) de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU).

Se realizó una valoración inicial (T1), y otra al finalizar las 8 semanas de entrenamiento (T2). Tanto en T1 como en T2 se valoró: capacidad aeróbica, fuerza máxima dinámica (de una serie de ejercicios de fuerza, correspondientes a varios grupos musculares), masa y composición corporal y el índice cintura-cadera. Además se tuvieron en cuenta una serie de valores bioquímicos (colesterol total, LDL HLD, triglicéridos) y la tensión arterial. Esto permitió conocer el estado inicial de la participante y su estado tras la intervención, pudiendo comparar y comprobar si hubo o no cambios. Además la valoración inicial sirvió para la programación de las intensidades del EF.

La composición corporal y la masa corporal se obtuvieron mediante impedancia bioeléctrica, (con la Tánita y el programa SuiteBiologica® 7.1). Se obtuvieron los valores de masa corporal, porcentaje magro y graso, así como de agua. Otros valores antropométricos que se valoraron fueron la altura (tallímetro Height Measurement de Charder Electronic CO LTD) y el índice cintura cadera, para poder conocer el riesgo cardiovascular, al estar relacionados. El índice cintura-cadera se calculó midiendo (cinta métrica metálica SECA) los perímetros de cintura (mínimo) y cadera (máximo) siguiendo el protocolo de los estándares internacionales para la valoración antropométrica (International Society for the Advancement of Kinanthropometry - ISAK) (Norton, Whittingham, Carter, Kerr & Gore, 1996).

La valoración de la fuerza dinámica máxima se realizó mediante el test de 10 RM de los ejercicios en máquina de: Press de Piernas, Extension Leg, Flexion Leg, Press de Pecho, Press de hombro y Jalón frontal (máquinas Life Fitness de la FCCAFD, UPV/EHU). Se llevó a cabo el test y se obtuvo el valor de 1RM de cada uno de los ejercicios anteriores mediante estimación con la fórmula de Brycky, la cual se expresa matemáticamente de la siguiente manera: $1RM = W / [102.78 - 2.78(R)] / 100$, en donde W es el peso en Kg usado y R el número de repeticiones realizado (Abdul-Hameed, Ranga, Shareef & Hussain, 2012). Este test no se llevó a cabo antes del inicio del programa, sino una vez que ya llevaba dos semanas de entrenamiento de fuerza. Esto se realizó

debido a que la participante nunca había hecho este tipo de entrenamiento, y durante estas dos semanas estuvo aprendiendo la técnica básica de ejecución para que esta no fuera un condicionante de los resultados y además evitarse así posibles lesiones de ejecución durante el test.

Otras variables analizadas fueron una serie de variables bioquímicas, las cuales se conocieron pidiéndole a la participante una analítica previa al programa y otra tras finalizar este. Se valoraron y se compararon los valores de colesterol total, HDL, LDL y triglicéridos, por su importancia en la predicción de sufrir enfermedades cardiovasculares.

Para conocer la presión arterial se empleó un monitor ambulatorio de presión arterial (MAPA), que valora la presión arterial de la persona durante 24 horas.

La capacidad aeróbica se obtuvo mediante una prueba de valoración que se detalla a continuación.

Prueba de valoración: prueba de esfuerzo pico progresiva en rampa sobre cicloergómetro

El protocolo empleada en la prueba de valoración de la condición física (PDV) fue pico, progresivo y en rampa sobre cicloergómetro con una resistencia inicial de 40 Watts (W), incrementándose un total de 10 W por minuto. La participante debía mantener una cadencia mínima de 70 revoluciones por minuto (rpm).

Para conocer las variables cardíacas la prueba se realizó con electrocardiograma. Además para saber si la participante era apta para realizar actividad física se le realizó un electrocardiograma en reposo de 12 derivaciones. Todas las pruebas fueron revisadas por un médico especialista en cardiología; quien además dio el visto bueno para realizar el programa. La prueba también se hizo con analizador de gases, para así conocer las variables ventilatorias y poder obtener los umbrales ventilatorios para el diseño del ejercicio (monitor Ergo CardMedi-soft S.S Bélgica. Ref. USM001 V1.0.).

Los indicadores para considerar la prueba pico fueron: no ser capaz de mantener la potencia establecida, presentar una presión arterial sistólica (PAS) >220 mmHg o si se dieran cualquiera de los criterios de finalización de PDV presentados en la Guía práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología en pruebas de esfuerzo (Aros et al., 2000). Una vez finalizada la prueba, la participante permaneció en el cicloergómetro durante 5 minutos para registrar las variables de recuperación.

El valor más alto de VO_2 alcanzado durante la prueba gradual de ejercicio se consideró VO_{2pico} , y la FC más alta alcanzada como la FC_{pico} de la participante. Antes de empezar la prueba se tomó la FC y la presión arterial (PA) con un tensiómetro digital de brazo Omron M3 HEM-7200-E.

Por otro lado, durante toda la PDV se registraron las siguientes variables:

- La FC (lpm) (mediante electrocardiograma en T1 y pulsómetro Polar s725x, Polar Electro OY, Finland, en T2 después de cada minuto y en cada uno de los 5 minutos de recuperación posteriores al esfuerzo.
- La percepción del esfuerzo a través de la escala de Borg en cada minuto (6-20) (Borg, 1970).
- La PA (mm Hg) (módulo de PA del ergómetro LODE-Excalibur Sport), cada dos minutos, y en la recuperación en los minutos 2 y 4.
- Las variables ventilatorias y de intercambio de gases (monitor Ergo CardMedi-soft S.S Bélgica. Ref. USM001 V1.0.) tras cada minuto durante la prueba.

- La saturación de oxígeno justo antes de iniciar la prueba y en el último minuto de la recuperación.

Además se anotaron las medidas del ergómetro en cada una de las pruebas así como la hora de la última ingesta y el contenido de dicho menú.

La prueba de valoración se desarrolló en el cicloergómetro LODE Excalibur Sport (LODE, Groningen, Holanda) en condiciones de laboratorio estables con una temperatura entre 18-20 °C y 45-50% de humedad.

Diseño del programa de EF de la intervención

Tras la valoración inicial, con los resultados obtenidos en la PDV (Tabla 5) y cogiendo como guía algunos de los aspectos obtenidos en la revisión bibliográfica inicial, se realizó el diseño del programa de ejercicio físico supervisado que se iba a llevar a cabo por parte de la participante.

Como intervención se llevó a cabo un programa de entrenamiento mixto de 8 semanas de duración, entrenando dos sesiones por semana, con hora y media de duración cada sesión. Debido a la evidencia de haber mayores beneficios con un entrenamiento mixto, se eligió programar y llevar a cabo tanto ejercicios aeróbicos como de fuerza. En ambas sesiones se realizó una parte de entrenamiento de fuerza y otra de resistencia aeróbica. La intervención empezó el 20 de enero y duró hasta el 19 de marzo de 2014 (debido a que en la semana 6 no se pudo entrenar por motivos personales de la participante). Todas las pruebas presentadas anteriormente se realizaron al inicio y posteriormente al programa de intervención para su valoración.

Las sesiones de entrenamiento se realizaron en el Laboratorio o en el gimnasio de la FCCAFD.

Además de diseñarse el EF, y llevarse a cabo, se le dieron unas recomendaciones nutricionales (relacionadas con la cantidad de energía que debía ingerir diariamente, % de grasas, carbohidratos y proteínas, número de ingestas diarias y en qué proporción en las diferentes comidas del día), para intentar que no se compensase la pérdida energética debida al EF, con una mayor ingesta, además de que fuera adquiriendo hábitos de vida saludable más completos. Las recomendaciones fueron extraídas de la European Food Safety Authority (2013) y revisadas por una especialista en Nutrición.

Diseño del entrenamiento de resistencia aeróbica

Para el diseño del entrenamiento aeróbico se tuvieron en cuenta los parámetros ventilatorios obtenidos en la PDV para sacar los umbrales ventilatorios, y con ello diseñar los rangos de intensidad. Se siguieron para ello los criterios dados por Piepoli et al. (2011). En el Anexo 2 se adjunta cómo se calcularon los umbrales ventilatorios y los rangos de intensidad.

A partir de estos rangos de intensidad se diseñó el EF y hubo una progresión del entrenamiento tanto en volumen como intensidad (Anexo 3). El trabajo aeróbico fue interválico de alta intensidad, por lo que los intervalos a alta intensidad se realizaron en R3 o R4 y la recuperación en R2.

El entrenamiento aeróbico comenzó con un volumen de 24 minutos en la primera sesión y fue aumentando progresivamente hasta alcanzar los 47 minutos. De las dos sesiones semanales, un día se realizó entrenamiento interválico de alta intensidad en bicicleta y otro en cinta. Los protocolos de cada uno de los modos de ejercicio físico fueron diferentes. El protocolo de la bici fue: calentamiento de 10 minutos a una intensidad moderada (R2), con una serie intervalos de 30/60 segundos (30 segundos a intensidad alta (R3-R4), seguido de 60 segundos a intensidad

moderada (R2)), finalizando con 2-5 minutos de recuperación a intensidad moderada (R2) (Guiraud, Nigam, Gremeaux, Meyer, Juneau & Bosquet, 2012). En la cinta el protocolo de entrenamiento fue el siguiente: calentamiento progresó de los 7 a los 10 minutos a intensidad moderada (R2), con una serie de intervalos de 4/3 minutos (4 minutos a intensidad alta (R3-R4), seguido de 3 minutos de recuperación a intensidad moderada (R2), finalizando con tiempos de 2 a 5 minutos de recuperación a intensidad R2 (Rognmo, Hetland, Helgerud, Hoff & Slordahl, 2004). En el Anexo 4 se adjuntan las sesiones tipo de los días 1 y 2, que incluyen al inicio la parte aeróbica de HITT en bici o cinta.

La intensidad fue aumentando progresivamente a lo largo del programa desde un 85% a un 95% de la FC_{pico} para la intensidad moderada y de un 96% a un 100% de la FC_{pico} para la intensidad alta. Durante las sesiones se adaptó tanto la velocidad y/o rampa de la cinta, como la resistencia y/o revoluciones por minuto de la bici para alcanzar las pulsaciones deseadas de cada sesión e intervalo.

Sólo se realizó de manera supervisada el entrenamiento interválico, ya que se recomendó que por su cuenta llevase a cabo durante el resto de la semana ejercicio aeróbico de manera continua y moderada y aumentase así su actividad y gasto energético. Por otro lado, para conseguir un control de la actividad física fuera de las sesiones supervisadas y para tratar de aumentar el NEAT, se le facilitó a la participante un podómetro (Podómetro Geonaute Onstep 100) para cuantificar su actividad diaria. Se realizó una semana de prueba para conocer su número de pasos habituales y, tras observar que no llegaba al mínimo exigido de 10.000 pasos diarios, se le recomendaron una serie de estrategias para que poco a poco alcanzase esa cifra (que fuese andando al trabajo, subiera las escaleras, si cogía el autobús que bajase una o dos paradas antes). La evolución semanal de pasos puede verse en el Anexo 5 (en verde los pasos que alcanzó la cifra mínima de 10.000 pasos).

Diseño del entrenamiento de fuerza

El entrenamiento de fuerza también se llevó a cabo de manera diferente dentro de las dos sesiones semanales, y con una progresión en cuanto a las cargas y repeticiones a lo largo de las semanas.

En el entrenamiento de fuerza tipo I (circuito con materiales sencillos), el primer día se realizó dos veces un circuito de 10 ejercicios (de diferentes grupos musculares) y 10 repeticiones en cada serie. Tras dos semanas de adaptación y aprendizaje de la técnica y la respiración correcta, se realizaron 3 series de 15 repeticiones de cada uno de los 10 ejercicios. Esta progresión puede apreciarse en el Anexo 3. Estos ejercicios de fuerza se realizaron con elementos sencillos como mancuernas, gomas, fitball o step. En el Anexo 6 se encuentra la parte de la Sesión de tipo 1 de fuerza, que incluye los ejercicios y forma de realización del circuito.

La segunda sesión tipo de fuerza consistía en un entrenamiento con máquinas con 6 ejercicios de fuerza (press de pierna, press de pectoral, ejercicio de Isquiotibiales, press de hombro, extensión leg y jalón frontal) en las mismas máquinas en las cuales se realizaría el test. Se realizaba en forma de circuito. El Anexo 7 adjunta los ejercicios de fuerza de la sesión tipo II. También hubo una progresión en este tipo de entrenamiento de fuerza. Las primeras dos semanas se emplearon para un aprendizaje de la técnica y respiración correcta, previo a hacer el test de 10 RM; consistía en dos series del circuito de 10 repeticiones de cada uno de los 6 ejercicios. Se realizó el test y una vez conocido el 1RM, se programaron las siguientes sesiones de trabajo en máquina con una progresión del porcentaje de la carga desde el 40% hasta llegar al 55% de 1RM. Esta progresión sigue la propuesta de Piepoli (2011) en la que sugiere que en las

primeras semanas se debe trabajar con cargas por debajo del 30% para aprender la ejecución y respiración correcta, y luego, tras un test de fuerza (que se hizo a las dos semanas) empezar con cargas hasta el 40% y luego ir aumentando hasta el 60%, al cual no hemos llegado por falta de tiempo. Las repeticiones en estas semanas decrecieron, al aumentar la carga, de 15 a 12 repeticiones.

Por tanto, una sesión consistía en la realización de un entrenamiento interválico de bici y un circuito de fuerza con materiales sencillos, y la otra el entrenamiento interválico en cinta y circuito de fuerza en máquinas. Además, en todas las sesiones se realizaban unos ejercicios previos de calentamiento y una serie de estiramientos como parte de vuelta a la calma, así como unos ejercicios de escuela de espalda para fortalecer la zona abdominal y lumbar. Estos ejercicios se adjuntan en el Anexo 8.

Resultados

Los resultados se muestran en las Tablas 4, 5, 6, 7 y 9 donde se encuentran tanto los valores de la valoración inicial como final. La comparación de los datos se ha analizado el porcentaje de cambio de cada uno de los valores analizados, al ser una única participante y no un grupo.

Tabla 4. Variables de composición corporal, edad vascular y presión arterial medidas antes y después de la intervención, así como la variación absoluta y relativa, esta última expresada en% de cambio.

Variable	(T1)	(T2)	Variación	% de cambio de T1 a T2
Altura (cm)	165	165	0	0%
Masa Corporal (Kg)	90	89,8	-0,2	0,22%
IMC (Kg/m ²)	33,1	33,0	-0,1	0,30%
Masa Grasa (Kg)	38,3	36,6	-1,7	4,44%
% masa grasa	42,6	40,8	-1,8	4,23%
Masa libre de grasa (kg)	51,7	53,2	1,5	2,90%
% masa libre de grasa	57,4	59,2	1,8	3,14%
Perímetro cintura (cm)	112	106	-6	5,36 %
Perímetro de cadera (cm)	112,5	111	-1,5	1,33 %
Índice C/C	0,996	0,955	-0,041	4,12 %
PAS (mmHg)	126	124	-2	1,59 %
PAD (mmHg)	66	72	6	9,09 %

T1 (valores del pre-test); m1 (valores del mes 1); T2 (valores del post-test), índice C/C (índice cintura-cadera), PAS (presión arterial sistólica), PAD (presión arterial diastólica).

Entre T1 y T2 apenas ha habido reducción de la masa corporal: 0,2 kg, un 0,22% de diferencia. Sin embargo, se ha observado una reducción de la masa grasa (-1,7 kg, 4,4%), con un incremento de la masa libre de grasa (1,5 kg, 2,9%). El IMC sólo se ha modificado un 0,1 kg/m², un 0,3%. La PA ha disminuido un 1,59% la PAS y la PAD ha aumentado un 9,09%. La PAS sigue estando en valores de pre-hipertensión, aunque ha mejorado en 2 mmHg, y la PAD sigue estando en valores de normotensión, aumentando 6 mmHg. Respecto al perímetro de cintura, se ha producido un descenso de 6 cm en esta medida, lo que supone una reducción de 5,36%. En el perímetro de cadera, se ha reducido 1,5 cm, un 1,33%. El índice de cintura cadera siempre ha sido superior a 0,85. Se ha producido un descenso de 0,041 en este índice.

Tabla 5. Resultados de la prueba de valoración en cicloergómetro pre y post-test con el % de cambio entre ambos.

Variable	(T1)	(T2)	Variación	% de cambio de T1 a T2
Duración de la prueba (min)	9	12	3	25
Potencia pico alcanzada (W)	110	150	40	26,6
Distancia recorrida (km)	1,4	2,4	1	41,6
FC reposo (lpm)	73	65	-8	12,3
FC_{pico} (lpm)	118	134	16	11,94
VO_{2pico} (ml·kg⁻¹·min⁻¹)	19	22	3	13,63
VT1 (min)	5	9	4	44,44
FCVT1 (lpm)	100	112	12	10,71
%FC_{pico} VT1	84,75	83,58	-1,17	1,39
VO₂ VT1 (ml·kg⁻¹·min⁻¹)	13	16	3	18,75
% VO_{2pico} VT1	68,42	72,72	4,3	5,91
W VT1 (Watt)	80	120	40	33,33
FC1 (lpm)	90	111	-21	23,33
FC3 (lpm)	76	85	9	11,84
FC5 (lpm)	78	83	5	6,41
PA2 (mmHg) PAS/PAD	178/76	171/80	-7/4	5,26/10,83
PA4 (mmHg) PAS/PAD	157/85	140/79	-17/-6	7,06/4,12

T1 (valores del pre-test); T2 (valores del post-test); VT1 (umbral ventilatorio 1); FC@VT1 (frecuencia cardiaca en VT1); %FC_{pico} VT1 (porcentaje de la FC_{pico} en VT1); VO₂ VT1 (consumo de oxígeno en VT1); %VO_{2pico} VT1 (porcentaje de VO_{2pico} en VT1). FC1 (frecuencia cardiaca en el minuto uno de la recuperación; FC3 (frecuencia cardiaca en el minuto tres de la recuperación); FC5 (frecuencia cardiaca en el minuto cinco de la recuperación); PA 2 (presión arterial en el minuto 2 de recuperación); PA 4 (presión arterial en el minuto 4 de recuperación) .

En ambas pruebas (T1 y T2) se dio por finalizada la prueba debido a respuesta hipertensiva al esfuerzo, al superar los 220 mmHg la PAS, y no por fatiga. En el test inicial alcanzó en el minuto 9 una PA de 221/102 mmHg, y en el test final en el minuto 12 con una presión arterial de 222/94 mmHg.

Tanto los valores pico, submáximos y de recuperación de T1 y T2 se presentan en la Tabla 5. La FC en reposo ha descendido 8 pulsaciones tras la intervención. En T2, respecto a T1 la duración de la prueba fue de 3 minutos más (25% de mejora) y alcanzó un 26,6% más de potencia en T2 que en T1. La FC_{pico}, es de 16 pulsaciones más en T2 respecto a T1. Por otro lado, ha aumentado 3 ml·kg⁻¹·min⁻¹ su VO_{2pico}, mejorando su capacidad aeróbica un 13,64%. En la recuperación, en el minuto 1 recuperó mejor en T1, pero a los 3 minutos y a los 5 minutos presentó una mejor recuperación en T2, bajando a lo largo de los 5 minutos 11 pulsaciones más (21,57%). En T1 en el primer minuto de recuperación disminuye 28 lpm y 40 lpm a los 5 minutos de recuperación, mientras que en T2 disminuye 23 lpm en el primer minuto, pero a los 5 minutos mejora al descender hasta 51 los lpm. En las PA de recuperación desciende 7 mmHg de la PAS 2, y 17 mmHg en la PAS. Aumenta 4 mmHg en la PAD 2 y disminuye 6 mmHg en PAD 4.

En T1 la participante tuvo el VT1 en el minuto 6, a una potencia de 80 W y al 68,42% del VO_{2pico} (13 ml·kg⁻¹·min⁻¹). VT1 en T2 lo obtuvo en el minuto 9, a una FC de 112 lpm, a una potencia de 120 W y al 72,72% del VO_{2pico}.

Tabla 6. Resultados del test de fuerza, con estimación de 1RM en T1 y T2, con variación y % de cambio entre ambas pruebas

Ejercicio	RM en T1 (kg)	RM en T2 (kg)	Variación	% de cambio de T1 a T2
Press de pierna	112,53	147,89	35,36	31,42
Press de pectoral	30,18	29,25	-0,93	3,08
Isquiotibiales	50,63	61,88	11,25	22,22
Press de hombro	17,42	19,09	1,67	9,59
Extensión leg	54,59	60,76	6,17	11,30
Jalón frontal	39,94	45,00	5,06	12,67

RM en T1 (carga en kilogramos para el ejercicio de fuerza en una repetición máxima en T1); RM en T2 (carga en kilogramos para el ejercicio de fuerza en una repetición máxima en T2). Estimado a través de la fórmula de Brycky.

Hay una mejora de la fuerza máxima dinámica de todos los ejercicios de fuerza menos del press de pectoral (31%, press de piernas, 22,22%, isquiotibiales, 12,67%, jalón frontal, 11,30%, extensión leg y 9,59%, press de hombro). Sólo hay un descenso del RM el test de Press de pectoral, podría ser debido a que en el día de la prueba tenía dolor en ese hombro, impidiéndole hacer bien este movimiento. El porcentaje de mejora observado es mayor en los músculos del tren inferior que en el superior (Tabla 6).

En la Tabla 7 se muestra una evolución de los pasos dados a lo largo de las semanas. La semana 1 fue una semana base en la que midió sus pasos sin saber a qué objetivo se tenía que llegar. A partir de los resultados se puso como objetivo llegar todos los días a al menos 10.000 pasos diarios (70.000 semanales). Se podría haber aumentado el número de pasos objetivo, pero como se cumplió todos los días los 10.000 pasos se siguió con ese objetivo. En el Anexo 5 está la contabilización de todos los pasos de manera diaria.

Tabla 7. Evolución de los pasos semanales a lo largo de las semanas de intervención.

Semana	1 (base)	2	3	4	5	6	7	8
Pasos	38.718	85.380	75.920	80.200	69.555	74.510	66.040	72.490

La Tabla 8, muestra algunos datos estadísticos extraídos de los valores de pasos diarios del Anexo 5.

Tabla 8. Estadísticas de los pasos semanales de la semana base y de intervención y % de variación entre ellas.

Variable	Semana Base	Semanas con pautas	% de cambio
% días por encima 10.000 pasos	16,16%	41,07%	154,15
Promedio pasos diarios	6.453	10.482	62,44
Promedio de pasos semanales	38.718	74.871	93,38

En la semana 1, apenas se llegó el 16,6% de los días al mínimo de 10.000 pasos, mientras que durante las semanas con pautas el 41,07% de los días se llegó a tal cifra. El promedio de pasos diarios en la semana base es de 6.453, sin llegar a los 10.000, pero ya con la intervención el promedio diario es superior, con un promedio de 10.438 pasos. Lo mismo ocurre con el promedio de pasos semanales.

Tabla 9. Resultados de las variables bioquímicas en T1 y T2 y % de variación entre ambas.

Variables bioquímicas	T1 (mg/dl)	T2 (mg/dl)	Valores de normalidad	Variación	% de cambio de T1 a T2
Glucosa	96	93	70-110	-3	3,13
Triglicéridos	117	106	50-220	-11	9,40
Colesterol total	230	235	160-240	5	2,17
HLD-colesterol	56	57	30-60	1	1,79
LDL colesterol	151	157	80-160	6	3,97

Respecto a estas variables podemos decir que ha habido una mejora de la concentración sanguínea de triglicéridos, pues se ha reducido un 9,4%. La glucosa ha disminuido un 3,13%. El colesterol HDL, ha aumentado un 1,79%, pero también lo ha hecho el LDL, en casi un 4%. La subida de ambos ha derivado en el aumento de colesterol total, en un 2,17%. El facultativo médico de la persona valoró que se ha producido un descenso importante de los triglicéridos sanguíneos.

Discusión

El objetivo principal de este estudio de caso fue valorar los efectos que una intervención de ejercicio físico aeróbico y de fuerza de 8 semanas tenían sobre la capacidad cardiorrespiratoria y la composición física en el tratamiento de la obesidad. Se han conseguido mejoras en las variables de ambos objetivos. Tras la intervención ha habido una mejora del VO_{2pico} del 13,63%, algo superior a lo sucedido en otros estudios pudiendo ser debido a que los entrenamientos aeróbicos de los estudios anteriores fueron basados en ejercicio aeróbico moderado y no HIIT (Amati, Dubé, Shay & Goodpaster, 2008; Byrne, Meerkin; Laukkanen, Ross, Fogelholm & Hills, 2006; García-Martos et al., 2010), que ha demostrado que podría producir mayores mejoras de la capacidad aeróbica que el entrenamiento aeróbico continuo a intensidad moderada (De Feo et al, 2013). Aunque no ha habido un gran descenso de la masa corporal total, si se ha producido una mejora de la composición corporal, al descender la participante la masa grasa y aumentar su masa libre de grasa. Esto concuerda con lo expuesto en la literatura y coincide con los resultados obtenidos por otros autores en los que, debido al corto tiempo de la intervención y sin tratamiento nutricional, no se han conseguido grandes mejoras en la pérdida de masa corporal (Álvarez, Ramírez, Flores, Zúñiga & Celis-Morales, 2012; Keating, Machan, O'Connor, Gerofi, Sainsbury, Caterson & Johson, 2014). Los resultados de pérdida de masa grasa que se han obtenido en este estudio de caso son superiores a intervenciones basadas en HIIT (Álvarez et al., 2012; Keating et al., 2014) o ejercicio aeróbico continuo sin entrenamiento de fuerza (Amati et al., 2008). Sólo en el estudio de 12 semanas de entrenamiento mixto con intervención nutricional de Dutheil et al. (2013) se obtuvieron resultados mejores respecto al descenso de la masa corporal y masa grasa, debido a alto volumen de entrenamiento (de 15 a 20 horas semanales), a pesar de la menor intensidad del entrenamiento aeróbico y de fuerza (70% del VO_{2max} y 30% del RM respectivamente). Por lo que las diferencias en este respecto pueden venir marcadas por la intervención nutricional y el volumen de entrenamiento y no tanto la intensidad del mismo. Sin embargo en el estudio de Dutheil et al. (2013), tras el periodo de intervención, se produjo un descenso de la masa magra, lo cual no es positivo en el compendio de la composición corporal. En el presente estudio ha habido mejoras importantes, debido al introducir entrenamiento de fuerza y emplearse cargas superiores al de otros trabajos. Los resultados son superiores a las mejoras obtenidos por Keating et al. (2014) que a pesar de realizar dieta y HIIT, no introdujeron entrenamiento de fuerza.

No se ha obtenido mejoras importantes del índice de cintura cadera. Esto podría ser debido que aunque se ha reducido el perímetro de la cadera, también el de cintura, lo que ha provocado que no haya grandes descensos en el índice totales. Sí se ha producido una clara mejora de los perímetros de cintura y cadera por separado comparando con otros estudios en los que la intensidad del entrenamiento mixto ha sido menor, a pesar de un mayor volumen de entrenamiento (Keating et al., 2014), o en el caso de Álvarez et al., (2012) que realizaron un entrenamiento de fuerza de menor intensidad, a pesar de realizar HIIT en el entrenamiento aeróbico. Por lo tanto esta mejora puede ser debida a que se ha llevado a cabo un entrenamiento de mayor intensidad en el entrenamiento de fuerza (Dutheil et al., 2013).

Tras la intervención, la participante redujo la PAS, pero no así las PAD, la cual aumentó, aun estado siempre por debajo de los valores de hipertensión. Esto coincide con Dutheil et al. (2013), que tras su intervención, también disminuyeron la PAS pero no así la PAD. El entrenamiento de fuerza de moderada intensidad puede ser la explicación de que esta presión no descienda, ya que por ejemplo Keating et al. (2014) sí obtienen un descenso en la PAD y una disminución mayor en la PAS sin llevar un entrenamiento de fuerza (sólo realizaron entrenamiento aeróbico interválico de alta intensidad, además de intervención nutricional). Aunque en el entrenamiento mixto llevado a cabo por Bateman et al. (2011) sí se consiguieron mejoras en ambas PA, aunque esto puede ser debido a que el volumen de entrenamiento fue mayor.

Otros parámetros que muestran una mejora de la eficiencia cardiorrespiatoria son la mejora de la FC en reposo, la FC y PA de recuperación, y mejora de las variables de VT1. La FC a lo largo de la prueba fue mejor en cada minuto en T2, lo que demuestra una mejora de la eficiencia cardiaca: a una misma intensidad de trabajo, se precisa menos trabajo cardiaco. Otro aspecto que evidencia la mejora de la eficiencia aeróbica es que VT1 aparece más tarde, a más potencia en Watt y a mayor % del VO_{2pico} . Hay una mejora de $3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ del VO_2 , resultado muy similar al obtenido por Robinson et al (2014), que mejoraron $3,9 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, aunque lo hicieron en 4 semanas su mayor mejora sería debida a que el entrenamiento lo llevaron a cabo con sujetos sanos. Esto supone que ha habido una mejora de la eficiencia aeróbica, ya que el umbral donde empieza la transición desde predominio del metabolismo aeróbico a una utilización superior del metabolismo anaeróbico, ha ocurrido a una potencia posterior (120 Watt) y a un porcentaje del VO_{2pico} mayor, lo que indica que el predominio del metabolismo aeróbico puede mantenerse a esfuerzos más intensos. Esto podría ser debido al entrenamiento de alta intensidad aeróbica, combinada con el de fuerza ha producido mejoras periféricas y centrales que han llevado a una mayor eficiencia del trabajo cardiaco, como en el estudio de Keteyian et al. (2014), en el que el entrenamiento de HIIT produjo mayor mejoras de la capacidad aeróbica que el ejercicio aeróbico continuo y moderado. De Feo (2013) y Gist et al. (2014) también obtuvieron mayores mejoras de la capacidad con este tipo de entrenamiento frente al entrenamiento aeróbico moderado continuo. Otros parámetros que confirman esta mejora son los valores de recuperación. Tras la intervención, en la PDV, la FC de recuperación disminuye 23 lpm en el primer minuto, y 51 lpm tras los 5 minutos de recuperación. También hay mejora de la recuperación de la PA en la recuperación, sobre todo la PAS a los 4 minutos. Estas mejoras en los parámetros de recuperación muestran una mejora del sistema de recuperación, capacidad aeróbica y activación del sistema parasimpático. Incluso en patologías cardiacas (más graves que la obesidad), se ha demostrado que la frecuencia cardiaca de recuperación tras el ejercicio es un predictor de la mortalidad, independientemente de la severidad de la enfermedad coronaria (Vivekananthan, Blackstone, Pothier & Lauer, 2003). Por lo que la mejora de la frecuencia cardiaca de recuperación obtenida en el presente estudio es un aspecto que también indica una mejora de la salud. Además la FC en reposo tras la intervención es menor, lo que también

evidencia una mejora de la eficiencia del trabajo cardiaco. La mejora de esta variable, además es mejor que la de otros estudios incluso con mayores volúmenes de trabajo. (Dutheil et al., 2013). Esto puede deberse a que el entrenamiento aeróbico y de fuerza se ha realizado a una mayor intensidad, pues el trabajo de alta intensidad aeróbica mejora más la capacidad aeróbica que el trabajo a intensidad moderada (De Feo et al, 2013).

La intervención propuesta en este estudio de caso ha producido mejoras en los resultados de fuerza tanto de tren inferior como de tren superior. El porcentaje de cambio difiere en función del ejercicio. García y Martos (2010) lograron mayores mejoras en el press de pectoral y el jalón (32,23% y 26,38% respectivamente frente a los resultados de nuestra intervención -3,08% y 12,63%), no así en el press de pierna (27,61% frente a 31,42%). Estas diferencias pueden ser debidas a que trabajaron con mayores cargas (60-70% del RM respecto 40-55%) y que el test inicial se realizó sin sesiones de aprendizaje que ya producen una mejora. Además de que el ejercicio de press de pectoral en T2 estuvo limitado por dolor en el hombro. La diferencia de las mejoras coinciden con las obtenidas por Schimitz, Hannan, Stovitz, Brya, Warren & Jesen (2007), que también obtuvieron mayores mejoras en press de pectoral (24,84%), pero menores en press de banca (7,94%). También emplearon mayores cargas y tiempo en el entrenamiento de la fuerza. El que haya habido más mejoras en el tren inferior puede deberse a que ha trabajado más repeticiones de cuádriceps más el entrenamiento interválico en el que la fuerza es importante.

Por último, tras la intervención también ha habido mejoras del perfil lipídico, acorde al descenso de masa grasa y mejora de la composición corporal. Estos cambios, a pesar de no haberse realizado una intervención nutricional, pueden ser debidos al entrenamiento aeróbico y de fuerza (Dutheil et al., 2013). El mayor descenso producido se ha producido en el valor de los triglicéridos (9,40%), bastante superior a otros estudios incluso con intervención nutricional (Dutheil, 2013), lo que puede ser debido a la mayor intensidad del entrenamiento aeróbico y de fuerza. El CT ha aumentado, debido a un aumento del LDL (3,97%), pero también del HDL (1,79%). Estos resultados son acordes o mejores que los de otros estudios. Dutheil et al. (2013) obtuvieron mejoras similares del HLD (1,1%). Respecto a los valores de variación de la glucosa (3,13%) Álvarez et al., (2012) obtuvieron tras su intervención 4,45% de mejora, muy similar; ambos estudios por debajo del 9,3% de mejora obtenida Dutheil et al., (2013), lo que se podría ser debido a que realizaron una intervención nutricional simultánea al ejercicios físico.

Limitaciones y líneas de mejora

La duración del programa, de 8 semanas, es bastante escasa para apreciar resultados importantes de reducción de masa corporal y de masa grasa, así como la mejora de la capacidad aeróbica, pero se estableció de esta manera en relación al tiempo que había para la realización de dicho trabajo. Aun así, comparando con estudios de intervenciones de duración similar incluso superior, ha habido mejoras similares o incluso mayores. Además, en el caso de haber medios, realizar un mayor volumen de sesiones semanal, obtiene mejores resultados en la mayor parte de los estudios de estas características. El % de trabajo de fuerza también podría mejorarse, trabajando a intensidades más altas (60-70%) para aumentar la fuerza, sobre todo a nivel de tren inferior, aunque este aspecto ha estado limitado por el tiempo que se disponía para realizar la intervención.

No se ha desarrollado un programa nutricional durante la intervención de ejercicio físico que haga realmente efectiva una bajada de la masa corporal. Aunque el resto de variables (cardiorrespiratorias, y de la composición corporal, fuerza) si hayan mejorado. A pesar de no

haberse realizado una intervención de ejercicio nutricional las mejoras han sido importantes, incluso comparando con estudios que sí realizaban dicho intervención. Pero para obtener mejores resultados hubiera sido conveniente el realizar una intervención mixta de ejercicio físico y nutrición, sobre todo en lo referente al descenso de masa corporal, masa grasa y perfil lipídico.

Por lo que para estudios futuros, y estudios de caso similares, convendría realizar una intervención de mayor duración y con una intervención nutricional, no sólo recomendaciones nutricionales.

Conclusiones

Como resumen se puede concluir, que tras la intervención de 8 semanas de ejercicio físico aeróbico y de fuerza en una persona con obesidad y sin patologías asociadas ha habido mejoras en casi todos los objetivos planteados de: capacidad cardiorrespiratoria, composición corporal, niveles de fuerza, marcadores bioquímica y adquisición de hábitos de vida más activos; siendo un programa efectivo para el inicio del tratamiento de la obesidad, a pesar de del escaso tiempo de la intervención y no hacerse una intervención nutricional (lo que pudiera haber mejorado aún más los resultados). El entrenamiento mixto podría ser la causa para conseguir mejoras a nivel cardiorrespiratorio (mejora central) y también de fuerza muscular (mejora periférica). El entrenamiento de HIIT podría ser la justificación fundamental para las mayores mejoras aeróbicas el alto volumen de trabajo de fuerza del aumento de fuerza y masa muscular en este periodo. Además se ha empezado a establecer hábitos de vida más activos, al alcanzar una media de 10.000 pasos mínimos diarios. Se puede afirmar con los resultados obtenidos que ha habido una mejora de la salud de la participante que influye positivamente en su calidad de vida y bienestar, pudiendo ser este programa un inicio para el tratamiento de la obesidad mediante ejercicio físico.

Referencias bibliográficas

- Abdul-Hameed, U., Ranga, P., Shareef, M. Y. & Hussain, M.E. (2012). Reliability of 1-Repetition Maximum Estimation for Upper and Lower Body Muscular Strength Measurement in Untrained Middle Aged Type 2 Diabetic Patients. *Asian Journal of Sports Medicine*, 3 (4), 267-273.
- Álvarez, C., Ramírez, R., Flores, M., Zúñiga, C. & Celis-Morales, C. A. (2012). Efectos del ejercicio físico de alta intensidad y sobrecarga en parámetros de salud metabólica en mujeres sedentarias, pre-diabéticas con sobrepeso u obesidad. *RevMed Chile*, 140, 1289-1296.
- Amati, F., Dubé, J. J., Shay, C. & Goodpaster, B.H. (2008). Separate and combined effects of exercise training and weight loss on exercise efficiency and substrate oxidation. *J Appl Physiol*, 105(3), 825-831.
- Aros, F., Boraita, A., Alegría, E., Alonso, A. M., Bardaji, A., Lamiel, R., Luengo, E., Rabadan, M., Alijarde, M., Aznar, J., Baño, A., Cabañero, M., Calderón, C., Camprubí, M., Candell, J., Crespo, M., de la Morena, G., Fernández, A., Ferrero, J. A., Gayan, R., Bolao, I. G., Hernández, M., Maceira, A., Marín, E., Muela de Lara, A., Placer, L., San Román, J. A., Serratosa, L., Sosa, V., Subirana, M. T., & Wilke, M. (2000). Guidelines of the Spanish Society of Cardiology for clinical practice in exercise testing. *Revista Española de Cardiología*, 53(8), 1063-1094.
- Bateman L., Slentz, C. A., Willis, L., Shields, T., Piner, L. W., Bales, C. W. Houmard, J. A. & Kraus W. E. (2011). Comparison of Aerobic Versus Resistance Exercise Training Effects on

Metabolic Syndrome (from the Studies of a Targeted Risk Reduction Intervention Through Defined Exercise - STRRIDE-AT/RT). *American Journal of Cardiology*, 108(6), 838-844.

- Borg, G. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 2(2), 92-98.
- Byrbe, N. M., Meerkkin, J. D. Laukkanen, R., Ross, R., Fogelholm, M. & Hills A. P. (2006). Weight Loss Strategies for Obese Adults: Personalized Weight Management Program vs. Standard Care. *Obesity*, 14(10), 1777-1788.
- De Feo, P. (2013). Is high-intensity exercise better than moderate-intensity exercise for weight loss? *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*, 23, 1037-1042.
- Donnelly, J. & Smith. K. (2005). Is Exercise Effective for Weight Loss with Ad Libitum Diet? Energy Balance, Compensation, and Gender Differences. *Exercise Sport Science Review*, 33, 169-174.
- Dutheil, F., Lac, G., Lesourd, B., Chapier, R., Walther, G., Vinet, A., Sapin, V., Verney, J., Ouchchane, L. & Duclos, M. (2013). Different modalities of exercise to reduce visceral mass and cardiovascular risk in metabolic syndrome: there solve randomized trial. *International Journal of Cardiology*, 168, 3634-3642.
- European Food Safety Authority (2013). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for energy. *EFSA Journal*, 11(1), 3005.
- García-Martos, M., Calahorro F., Torres-Luque, G. & Lara, A. J. (2010). Efectos de un programa de entrenamiento mixto sobre la condición física en mujeres jóvenes con sobre peso. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 10, 11-16.
- Gist, N. H., Fedewa, M. V., Dishman R. K. & Cureton K. J. (2014). Sprint Interval Training Effects on Aerobic Capacity: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 44, 269-279.
- Guiraud, T. Nigam, A., Gremeaux, V., Meyer, P., Juneau, M. & Bosquet, L. (2012). High-Intensity Interval Training in Cardiac Rehabilitation. *Sports Medicine Journal*, 42, 587-605.
- Hamilton, D., Hamilton, M. & Zderic, T. (2007). Role of low energy expenditure and sitting in obesity, metabolic syndrome, diabetes type 2 diabetes, and cardiovascular disease. *Diabetes*, 56, 2655-2667.
- Hubáček, J. (2009). Eat less and exercise more. It is really enough to know down the obesity pandemia? *Physiological Research*, 58 (Suppl. 1), 1-6.
- Jakicic, J., Marcus, B., Gallagher, K., Napolitano, M. & Lang, W. (2003). Effect of exercise duration and Intensity on Weight Loss in Overweight, Sedentary Women. A Randomized Trial. *The Journal of the American Medical Association*, 290, 10.
- Kauffer, M., Tavano, L. & Ávila, H. (2007). Obesidad en el adulto. *Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de México*. Recuperado de <http://www.facmed.unam.mx/deptos/salud/censenanza/spi/unidad2/obesidad.pdf>

- Keating, S. E., Machan, E. A. O'Connor, H. T. Gerofi, J. A. Sainsbury, A., Caterson, I. D. & Johnson, N. A. (2014). Continuous Exercise but Not High Intensity Interval Training Improves Fat Distribution in Overweight Adults. *Journal of Obesity*, 14, 1-16.
- Kelley, D. (2006). Treatment of obesity, future challenges and opportunities. *Medwave*, 6 (11)
- Kenney, W. L., Wilmore, J. H. & Costill, D. L. (2012). *Physiology of Sport and Exercise 5th edition*. Champaign: Human Kinetics.
- Keteyian, S., Hibner, B. A., Bronsteen, K., Herrigan, D., Aldred, H. A., Reasons, L. M., Saval, M. A., Brawner, C. A., Schairer, J. R., Thompson, T. M., Hill, J., McCulloch, D. & Ehrman, J. K. (2014). Greater improvement in cardiorespiratory fitness using higher-intensity interval training in the standard cardiac rehabilitation setting. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, 34(2), 98-105.
- Norton, K., Whittingham, N., Carter, L., Kerr, D. & Gore, C. (1996). Estándares Internacionales para la valoración antropométrica. *Anthropometrica*, 25-75.
- Ortega, F. B., Lee, D., Katzmarzyk, P., Ruiz, J. R., Sui, X., Church, T. S. & Blair, S. N. (2012). The intriguingly metabolically healthy but obese phenotype: cardiovascular prognosis and role of fitness. *European Heart Journal*, 34, 345-353.
- Piepoli, M., Conraads, V., Corra, U., Dickstein., K. Francis, D., Jaarsma, T., Jaarsma, T., Burkert, J., Piotrowicz, E., Schmid J.P., Anker, S.D., Solal, A., Filippatos, G.S., Hoes, A. W., Gielen, S., Giannuzzi, P. & Schmid, P.P (2011). Exercise training in heart failure: from theory to practice. A consensus document of the Heart Failure Association and the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *European Journal of Heart Failure*, 13, 347–357.
- Prentice, A. M. & Jebb, S.A. (1995). Obesity in Britain: gluttony or sloth? *BMJ*, 311 (7002), 437-439.
- Ramage, S., Farmer, A., Eccles, K. A., McCargar, L. (2014). Healthy strategies for successful weight loss and weight maintenance: a systematic review. *NRC Research Press*, 39, 1-20.
- Robinson, E.H., Stout, J. R., Miramonti, A.A., Fuduka, D. H., Wang, R, Townsend, J. R. M, Angine, G. T., Fragala, M. S. & Hoffman, J. R. (2014). High-intensity interval training and β -hydroxy- β -methylbutyric free acid improves aerobic power and metabolic thresholds. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 11, 1-11.
- Rodríguez H. (2011). Walk 10,000 steps a day to maintain good health and quality of life. *Revista InterSedes*, 12, 137-145.
- Rognmo, O., Hetland E., Helgerud, J., Hoff, J. & Slordahl, S. (2004). High intensity aerobic interval exercise superior to moderate intensity exercise for increased aerobic capacity in patients with coronary artery disease. *European Journal Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, 11, 216-222.
- Schmitz, K. H., Hannan, P. J., Stovitz, S. D., Bryan, C. J., Warren, M. & Jesen M. D. (2007). Strength training and adiposity in premenopausal women: Strong, Healthy, and Empowered study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 86, 566-572.
- Schwingshackl, L., Dias, S., Strasser, B. & Hoffmann, G. (2013). Impact of Different Training Modalities on Anthropometric and Metabolic Characteristics in Overweight/Obese

Subjects: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *Plos One*, 8 (12). Recuperado de <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0082853>

Strasser, B., Arvandi, M. & Siebert, U. (2012). Resistance training visceral obesity and inflammatory response: a review of the evidence. *Obesity Reviews*, 13, 578-591.

Vivekananthan D.P., Blackstone E.H., Pothier C.E. & Lauer M.S. (2003). Heart rate recovery after exercise is a predictor of mortality, independent of the angiographic severity of coronary disease. *Journal of the American College of Cardiology*, 42(5), 831-838.

Zuzunaga A. & Villareal J. (2002). Índice cintura cadera y perímetro abdominal: su relación con hipertensión arterial y la diabetes mellitus en una población femenina. *Revista Peruana Sociedad Medicina Internacional*, 15(3), 129-33.

Anexos

Anexo 1. Consentimiento informado

Trabajo de Fin de Grado:
**Intervención de ejercicio aeróbico y de fuerza para el tratamiento de la
obesidad. Estudio de caso.**

Alumna que realiza el Trabajo de Fin de Grado: María Medrano Echeverría

INFORMACIÓN PARA EL/LA PARTICIPANTE:

Los hábitos de vida sedentarios son fuertes predictores de enfermedad cardiovascular (ECV). Se recomienda la práctica habitual de ejercicio físico (EF) y una alimentación equilibrada, con el fin de evitar el sobrepeso y la obesidad y disminuir otros factores de riesgo cardiovascular. Es fundamental realizar ejercicio aeróbico y de fuerza para mejorar la función cardiorrespiratoria y la composición corporal. La dieta juega un importante papel en el tratamiento de la obesidad.

OBJETIVOS DEL TFG. 1) Aplicar un programa de entrenamiento aeróbico y de fuerza como tratamiento de la obesidad y ver sus beneficios después de 8 semanas de intervención; 2) evaluar los efectos de la intervención en las variables cardiorrespiratorias y composición corporal;

Si usted desea, de forma totalmente voluntaria y gratuita, participar en este trabajo de fin de grado debe estar informado/a sobre las pruebas que se le realizarán al inicio y final del programa, así como el diseño del programa del que va a formar parte.

PRUEBAS DE VALORACIÓN:

- 1) Electrocardiograma en reposo.
- 2) valoración antropométrica: masa corporal, talla, índice cintura-cadera e impedancia bioeléctrica para determinar porcentaje graso y muscular;
- 3) pruebas de esfuerzo pico sobre ergómetro bicicleta con medición de variables en reposo, submáximas y pico para valorar la capacidad funcional cardiorespiratoria y tensión arterial;
- 4) la calidad de vida para la salud se valorará con un cuestionario;

Todas las pruebas se realizarán al inicio y al final del periodo del programa. Todas las pruebas se realizarán en la Facultad de CC de la Actividad Física y del Deporte (UPV/EHU).

PROGRAMA DE EJERCICIO SUPERVISADO. Usted ha sido seleccionado para realizar la intervención mediante un entrenamiento de 8 semanas, con 2 sesiones por semana, para realizar un total de 16 sesiones de entrenamiento de manera supervisada. El horario de las sesiones de ejercicio se acordará conjuntamente a la persona que realiza este TFG, que será a su vez la encargada de supervisar las sesiones de ejercicio, alumna de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Las sesiones se realizarán en la Facultad de CC de la Actividad Física y del Deporte (UPV/EHU).

Si usted ha decidido de forma totalmente voluntaria participar en este trabajo de fin de grado deberá firmar a continuación su aceptación, y el correspondiente consentimiento informado. Así mismo, se le informa de que la donación de las muestras es totalmente altruista y que no recibirá ningún tipo de remuneración por ello.

D./D^a _____

DNI: _____

Ha decidido libremente participar en el trabajo de fin de grado anteriormente explicado.

Confidencialidad de los resultados: Todos los datos personales que nos has proporcionado para este programa son confidenciales. Los protegeremos tal y como nos obligan las leyes y solo los utilizaremos para el proyecto que te hemos explicado. Si quieres consultarlos o modificarlos, o que los eliminemos o no los utilicemos para alguno de los objetivos de la investigación, ponte en contacto con la persona que realiza el trabajo de fin de grado a través de la dirección de correo mmedrano004@ikasle.ehu.es

Riesgos potenciales de la investigación. Durante las pruebas de esfuerzo pico se producirán ciertos cambios en el organismo entre los que se incluyen alteración de la tensión arterial, frecuencia cardíaca etc. Se harán todos los esfuerzos posibles para minimizar los riesgos potenciales mediante la evaluación de la información preliminar concerniente a su salud y condición física, y mediante las observaciones que se hagan durante la prueba. Se incluye una prueba de impedancia bioeléctrica (leer anexo 1), conlleva el envío de una pequeñísima (e inofensiva) corriente eléctrica a través del cuerpo, aproximadamente igual a una batería AA descargada. El análisis BIA es indoloro, sólo dura un minuto y puede repetirse muchas veces sin provocar efectos adversos.

Beneficios potenciales de la investigación: Tras la realización de las diferentes pruebas y el programa de intervención de ejercicio físico los/las participantes podrán tener información sobre su condición física general y su evolución y cambios producidos al finalizar el periodo de intervención del proyecto de fin de grado.

Información importante:

1. El/la participante es informado/a de que puede revocar libremente por escrito su consentimiento en cualquier momento, y que ello no supondrá ningún perjuicio o medida en su contra.

2. En caso de querer abandonar la intervención deberá informar ya sea por teléfono o por correo electrónico a la estudiante responsable del proyecto (María Medrano Echeverría).
3. El/la participante es informado/a de su derecho a que se le dé una copia del documento firmado y de los resultados obtenidos en su participación en el estudio.
4. El/la participante queda informado/a que no debe realizar ningún cambio en la medicación actual a no ser que sea por prescripción facultativa.

He tenido información detallada de las pruebas que voy a realizar para participar en esta investigación. He entendido los posibles riesgos y beneficios de las pruebas, y que soy totalmente libre para abandonar las pruebas en cualquier momento.

Firmado:

Fecha:

Firma del responsable:

CLAUSULA FINAL: El/la participante puede ampliar la información sobre este estudio en cualquier momento y solucionar cualquier duda así como obtener los resultados de su participación en el proyecto poniéndose en contacto con la directora del mismo en la dirección de correo electrónico o teléfono que consta a pie de página.

ANEXO 1- INFORMACIÓN IMPEDANCIA BIOELÉCTRICA-COMPOSICIÓN CORPORAL

¿CÓMO SE ESTUDIA LA COMPOSICIÓN CORPORAL?

La impedancia bioeléctrica es una técnica utilizada para medir la composición corporal, basada en la capacidad que tiene el organismo para conducir una corriente eléctrica. Se estudia por medio de conductividad eléctrica que mide los distintos componentes: óseo, graso y magro de los que está compuesto la totalidad del cuerpo de una persona.

EL DÍA QUE SE REALIZA LA PRUEBA- No es necesario venir en ayunas, pero si se recomienda que hayan transcurridos al menos 3 horas desde la última ingesta (sólida y líquida).

¿EN QUÉ CONSISTE LA PRUEBA? La prueba consiste en subir descalzo con mínima ropa a una balanza y mantenerse quieto/a en ella mientras dura la medición (unos segundos)

Mientras dura la exploración no sufrirá ningún tipo de molestia, y no es necesaria anestesia de ningún tipo.

Anexo 2. Cálculo de los umbrales ventilatorios y los rangos de intensidad

Para la elección de umbrales y cálculo de las zonas de intensidad, se han seguido las pautas dadas por Piepoli et al. (2011).

El primer umbral ventilatorio (VT1 en sus siglas en inglés) es el punto de transición desde predominio del metabolismo aeróbico a una utilización de los metabolismos aeróbico y anaeróbico. Las variables correspondientes a dicho momento son: momento en el que el RQ es igual o mayor a 1, o en el punto más bajo para el equivalente ventilatorio para el oxígeno (EqO₂). **Además el ordenador, aporta un momento en el que considera que se da el VT1.** El umbral ventilatorio 2 (VT2 en sus siglas en inglés) corresponde con el momento en el punto a partir del cual empieza a predominar del metabolismo anaeróbico, en el cual comienza a haber acidosis sanguínea por acumulación de lactato. Este umbral se haya en el punto más bajo del equivalente ventilatorio para el dióxido de carbono (EqCO₂). **Además, como ocurría con VT1 el ordenador da un momento donde considera que se produce este umbral.** Ambos umbrales se emplean para definir las intensidades de entrenamiento. El VT1 además se emplea para determinar la mejora de la capacidad aeróbica, ya que marca el punto hasta el cual el metabolismo aeróbico es el predominante.

A los diferentes rangos de intensidad se les ha denominado de la siguiente manera: R1 al rango de intensidad suave-moderada que corresponde a las intensidades por debajo de VT1, desde la FC de reposo, R2 al rango intenso-severo con intensidades comprendidas entre los umbrales VT1 y VT2, R3 o rango intenso-severo al rango entre las intensidades de VT2 y la FC pico y R4 o intensidad severa-extrema, a partir de la FC pico alcanzada en la prueba.

A continuación se expone el establecimiento y los rangos de intensidad a partir de las FC de los umbrales. Primero se seleccionan los diferentes valores para VT1 y VT2 expuesto antes, y tras un análisis global de los datos se elige un minuto, con las variables de FC y VO₂ correspondientes, para establecer el momento de los umbrales y poder establecer los diferentes rangos de intensidad empelados en el diseño del EF.

Cálculo de Umbrales

Los valores de los umbrales ventilatorios para el diseño del ejercicio están en azul, y en negrita los valores para la comparación de la variable VT1 para T1 y T2 (mismo criterio de RQ).

Variables de elección		T1	T2
VT1			
RQ	Minuto	5	9
	FC (lpm)	100	112
	VO ₂ (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	13	16
	% VO ₂ pico	68,42%	72,72%
EqO ₂	Minuto	4	6
	FC (lpm)	97	99
	VO ₂ (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	14	13
	% VO ₂ pico	73,78%	59,09%
Ordenador	Minuto	1	3
	FC (lpm)	90	89
	VO ₂ (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	12	12
	% VO ₂ pico	63,15%	54,54%
VT2			

EqCO ₂	Minuto	8 ¹	6
	FC (lpm)	112	99
	VO ₂ (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	16	13
	% VO _{2_pico}	84,21%	59,09%
Ordenador	Minuto	6	10
	FC (lpm)	106	118
	VO ₂ (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	15	20
	% VO _{2_pico}	78,95%	90,91%
Otros datos	FC _{basal} (lpm)	73	65
	FC _{pico} (lpm)	118	134
	VO _{2pico} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	19	22

Tabla 1. Variables de definición de los umbrales en T1 y T2. T1 (valores del pre-test); T2 (valores del post-test); VT1 (umbral ventilatorio 1); VT2 (umbral ventilatorio 2); RQ (índice de intercambio ventilatorio); EqO₂ (equivalente ventilatorio para el oxígeno); EqCO₂ (equivalente ventilatorio para el dióxido de carbono); FC (frecuencia cardiaca); lpm (latidos por minuto); VO₂ (consumo de oxígeno), % VO_{2_pico} (porcentaje respecto al consumo de oxígeno pico).

Rangos de intensidad

Una vez escogidos los valores de las variables para el diseño del ejercicio se determinaron los rangos de intensidad del ejercicio.

Rangos de Intensidad tras T1

R1 Leve-moderado: 73-98 lpm
R2 Moderado- Intenso: 98-112 lpm
R3 Intenso- Severo: 112-118 lpm
R4Serevo- Extremo: > 118 lpm

Rangos de Intensidad tras T2

R1 Leve-moderado: 65-99 lpm
R2 Moderado- Intenso: 99-118 lpm
R3 Intenso- Severo: 118-134 lpm
R4Serevo- Extremo: >134 lpm

¹ Como el minuto 9 correspondía con a FC máxima se escoge el minuto 8, que tiene el mismo valor de EqCO₂ (el más bajo)

Anexo 3. Planificación de las 8 semanas de entrenamiento

Semana	Día	Entrenamiento	Calentamiento	Interval	FC int	T CV interval	T R2 int	T R3 int	Fuerza I	Fuerza II	Estiramientos
1	1	Interval+ fuerza I	Calentamiento	Bici. 10' + (20/70)8 --> R2/R3-4 (1/4 R) + 2'	101/114	24	12	12	2x10		Estiramientos 1
	2	CV+ Fuerza +CV	Calentamiento	Cinta. 7' + (4/3')2 --> R2/R3 (1'5/4 R) + 2'	103/115	23	9	14		2x 10/2'	Estiramientos 2
2	1	Interval+ fuerza I	Calentamiento	Bici. 10' + (25/65)8 --> R2/R3 (1/4 R) + 3'	101/114	25	13	12	3x10		Estiramientos 1
	2	CV+ Fuerza +CV	Calentamiento	Cinta. 7' + (4/3')2 --> R2/R3 (2/4 R) + 3'	105/116	28	14	14		3x10/2'	Estiramientos 2
3	1	Interval+ fuerza I	Calentamiento	Bici. 10' + (30/60)9 --> R2/R3 (2/4 R) + 4'	105/116	28	15	13	3x15		Estiramientos 1
	2	CV+ Fuerza +CV	Calentamiento	Cinta. 5' + (4/3')3 --> R2/R3 (2'5/4 R) + 5'	107/117	33	12	21		Test de fuerza	Estiramientos 2
4	1	Interval+ fuerza I	Calentamiento	Bici. 10' + (30/60)9 --> R2/R3 (3/4 R) + 5'	105/116	29	16	13	3x15		Estiramientos 1
	2	CV+ Fuerza +CV	Calentamiento	Cinta. 10' + (4/3')3 --> R2/R3 (3'5/4 R) + 5'	111/117	36	15	21		3x15/2' al 40%	Estiramientos 2
5	1	Interval+ fuerza I	Calentamiento	Bici. 10' + (30/60)10 --> R2/R3 (3/4 R) + 5'	109/117	30	16	14	3x15		Estiramientos 1
	2	CV+ Fuerza +CV	Calentamiento	Cinta. 10' + (4/3')3 --> R2/R3 (3'5/4 R) + 5'	111/117	36	15	21		3x15/2 al 40%	Estiramientos 2
6	1	Interval+ fuerza I	Calentamiento	Bici. 10' + (30/60)10 --> R2/R3 (3/4 R) + 5'	109/117	30	16	14	3x15		Estiramientos 1
	2	CV+ Fuerza +CV	Calentamiento	Cinta. 10' + (4/3')4 --> R2/R3 (3'5/4 R) + 5'	111/117	42	14	28		3x14/1'30" al 45%	Estiramientos 2
7	1	Interval+ fuerza I	Calentamiento	Bici. 10' + (30/60)11 --> R2/R3 (3/4 R) + 5'	109/117	32	16	16	3x15		Estiramientos 1
	2	CV+ Fuerza +CV	Calentamiento	Cinta. 10' + (4/3')4 --> R2/R3 (3'5/4 R) + 5'	111/117	42	14	28		3x13/1'30" al 50%	Estiramientos 2
8	1	Interval+ fuerza I	Calentamiento	Bici. 10' + (30/60)12 --> R2/R3 (3/4 R) + 5'	109/117	33	16	17	3x15		Estiramientos 1
	2	CV+ Fuerza +CV	Calentamiento	Cinta. 10' + (4/3')5 --> R2/R3 (3'5/4 R) + 2'	111/117	47	12	35		3x12/1'30" al 55%	Estiramientos 2

Semana	Día	Tiempo total CV	Ts CV	Ts CV R2	Ts CV R3	Volumen de F Semanal (repeticiones)
1	1	24	47	21	26	640
	2	23				
2	1	25	53	27	26	960
	2	28				
3	1	28	61	27	34	1440
	2	33				
4	1	29	65	31	34	1440
	2	36				
5	1	30	66	31	35	1440
	2	36				
6	1	30	72	30	42	1440
	2	42				
7	1	32	74	30	44	1440
	2	42				
8	1	33	80	28	52	1440
	2	47				

Leyenda

CV: cardiovascular

F: Fuerza

T: tiempo

Ts: tiempo semanal

R: rango de intensidad

Int: interval (HIIT)

Anexo 4. Sesiones tipo

Sesión tipo día 1

Sesión 1.

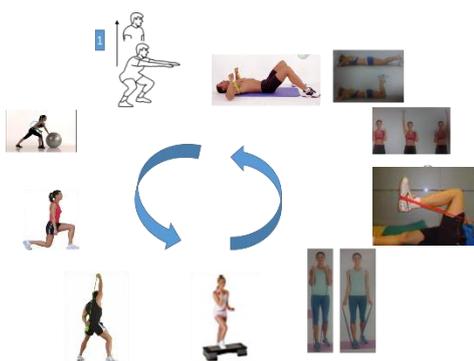
Fecha: Lunes 20 de Enero 2014 (día 1, semana 1)

0. Calentamiento

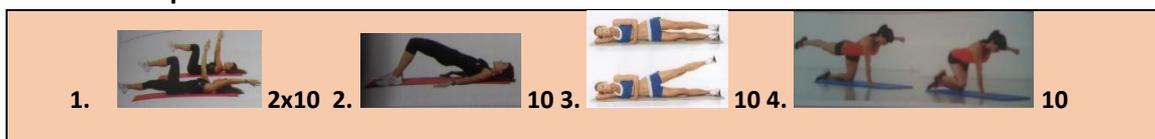
1. Interval bici

SEMANA 1		FECHA		
BICI: monark				
TIEMPO	Objetivo-FC	INTENSIDAD	FC REAL	BORG
CALENTAMIENTO-10'	101			
8(20''+70')				
1. 10'-10'20''	114			
10'20''-11'30''	101			
2. 11'30''-11'50''	114			
11'50''-13'	101			
3. 13'-13'20''	114			
13'20''-14'30''	101			
4. 14'30''-14'50''	114			
14'50''-16'	101			
5. 16'-16'20''	114			
16'20''-17'30''	101			
6. 17'30''-17'50''	114			
17'50''-19'	101			
7. 19'-19'20''	114			
19'20''-20'30''	101			
8. 20'30''-20'50''	114			
20'50''-22'	101			
RECUP. 2'	101			

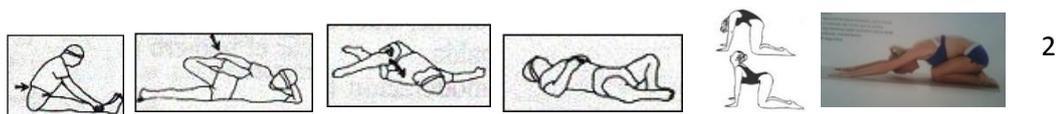
2. Circuito de Fuerza: 2x10 (aprendizaje técnica y respiración)



3. Escuela de Espalda 1



4. Estiramientos 1



R1 (LIGERO-MODERADO): 73-98lpm
R2 (MODERADO-ALTO): 98-112 lpm
R3 (ALTO-SEVERO): 112- 118 lpm
R4 (SEVERO-EXTREMO): > 118lpm

Sesión tipo día 2

Sesión 8.

Fecha: Miércoles 12 de Febrero 2014 (día 2, semana 4)

0. Calentamiento	
1. Interval cinta (111/117) 10'- 5.5-112-11 10'-14'- 6-120-13 14'-17'- 5-111-11 17'-21'- 6-125-13 21'-24'- 5-112-11 24-28'- 6-129-13 28-31'- RECUP 31-36'- 5-113-11	
2. Fuerza: 3x15 al 40% 	<ul style="list-style-type: none"> • Press de pierna: 45 kg • Press de pectoral: 14.5 kg • Isquiotibiales: 25 kg • Press de hombro: 5 kg • Extensión leg: 26 kg • Dorsal: 19 Kg
3. Escuela de Espalda 2  <p>1.  10 2.  10 3.  10 4.  3x10''</p> <p>5.  3x10'' 6.  10</p>	
TIEMPO TOTAL CV	36'
4. Estiramientos finales 2 	

Anexo de 5. Evolución pasos a lo largo del programa

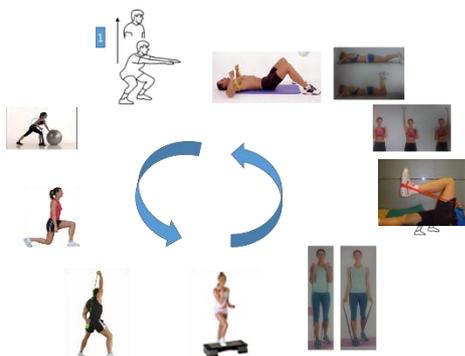
	Día	Pasos diarios	Pasos semanales
Semana 1	21/01/2014	6.205	38.718
	22/01/2014	6.680	
	23/01/2014	11.597	
	24/01/2014	5.956	
	25/01/2014	1.900	
	26/01/2014	6.380	
Semana 2	27/01/2014	7435	85.380
	28/01/2014	14580	
	29/01/2014	13035	
	30/01/2014	14980	
	31/01/2014	6800	
	01/02/2014	20150	
	02/02/2014	8400	
Semana 3	03/02/2014	9820	75.920
	04/02/2014	10700	
	05/02/2014	13000	
	06/02/2014	9800	
	07/02/2014	6100	
	08/02/2014	9700	
	09/02/2014	16800	
Semana 4	10/02/2014	8300	80.200
	11/02/2014	13750	
	12/02/2014	9250	
	13/02/2014	7900	
	14/02/2014	14200	
	15/02/2014	14200	
	16/02/2014	12600	
Semana 5	17/02/2014	11050	69.555
	18/02/2014	9240	
	19/02/2014	9120	
	20/02/2014	10125	
	21/02/2014	9420	
	22/02/2014	12500	
	23/02/2014	8100	
Semana 6	03/03/2014	8400	74.510
	04/03/2014	7200	
	05/03/2014	7400	
	06/03/2014	10980	
	07/03/2014	12200	
	08/03/2014	11230	
Semana 7	09/03/2014	17100	66.040
	10/03/2014	9970	
	11/03/2014	9100	
	12/03/2014	9350	
	13/03/2014	7000	
	14/03/2014	8200	
	15/03/2014	10120	
Semana 8	16/03/2014	12300	72.490
	17/03/2014	9980	
	18/03/2014	9050	
	19/03/2014	11310	
	20/03/2014	9320	
	21/03/2014	8950	
	22/03/2014	14100	
23/03/2014	9780		

Anexo 6. Circuito de Fuerza

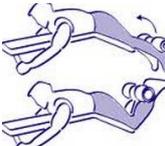
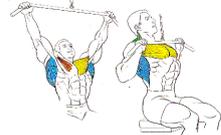
Estos son los ejercicios, y el orden de ejecución de los ejercicios de la Fuerza 1 (parte de fuerza de la sesión de tipo 1).

Ejercicio	Gráfico
1. Sentadilla con mancuernas (2 kg)	
2. Remo con gomas en fitball	
3. Zancadas hacia delante	
4. Tríceps con gomas	
5. Step con bíceps	
6. Bíceps con gomas	
7. Extensión pierna con goma	
8. Elevación de hombro con mancuerna en fitball	
9. Isquios con mancuernas	
10. Pectoral con gomas	

Circuito (2x10; 3x10 o 3x15)

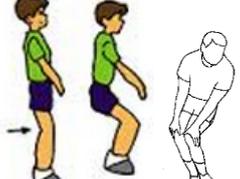
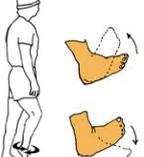
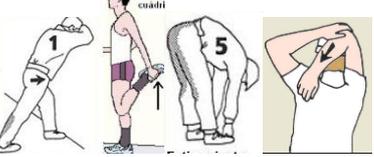


Anexo 7. Ejercicios de fuerza de la sesión tipo 2

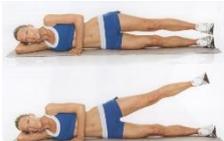
Ejercicio	Gráfico
Press de piernas en máquina	
Press de pectoral en máquina	
Isquiotibiales en máquina	
Press de hombros en máquina	
Máquina de extensionleg	
Dorsal: jalón frontal en polea guiada	

Anexo 8. Calentamiento, escuela de espalda I y II, y estiramientos I y II

Calentamiento: Ejercicios de movilidad articular y estiramientos

Ejercicio	Gráfico
<p>Movilidad articular de cuello:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mover lentamente cuello arriba-abajo - Mover derecha-izquierda 	
<p>Movilidad articular de hombros:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Circunducción de hombro hacia delante - Circunducción de hombro hacia atrás - Mover brazos a la vez hacia delante - Mover brazos a la vez hacia atrás - Mover brazos alternativamente arriba-abajo - Abrir y cerrar brazos 	
<p>Movilidad articular de cadera</p> <ul style="list-style-type: none"> - Flexiones laterales manos a lo largo del cuerpo - Flexiones laterales brazo contrario abducción por encima de la cabeza - Circunducciones de cadera (ambos lados) 	
<p>Movilidad articular de rodillas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ligeras flexiones de rodillas (pies juntos) - Circunducciones de rodillas juntas 	
<p>Movilidad articular de tobillos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Flexiones-extensiones - Circunducción a ambos lado 	
<p>Estiramientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gemelos: apoyar manos en la pared empujándola, adelantar una pierna (flexionada). Pierna de atrás estirada, talón totalmente apoyado en el suelo - Cuádriceps: flexión de rodilla, coger pie y mantener. Pierna de apoyo, ligera flexión. - Isquiotibiales: flexión de cadera, pierna adelantada estirada e ir a coger este pie. Pierna de atrás ligera flexión. - Tríceps y hombro: flexión de hombro y de codo, mantener codo con mano contraria a la altura de la cabeza 	

Escuela de espalda 1

Ejercicio	Gráfico
1. 2x10	
2. 10	
3. 10	
4. 10	

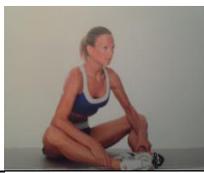
Escuela de espalda 2

Ejercicio	Gráfico
1.	
2. 10	
3. 10	
4. 3x10''	
5. 3x10''	
6. 10	

Estiramientos 1

Ejercicio	Gráfico
1. Isquiotibiales	
2. Glúteo	
3. Cuádriceps	
4. Abductores	
5. Dorsales, abdominal	
6. Espalda, hombros	

Estiramientos 2

Ejercicio	Gráfico
1. Hombros, espalda	
2. Tríceps	
3. Abductores	
4. Cuádriceps	
5. Glúteos	
6. Isquiotibiales	