



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER
MÁSTER EN RENDIMIENTO DEPORTIVO Y SALUD

CURSO 2022-23

EFECTO DE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO
INDIVIDUALIZADO SOBRE LA COMPOSICIÓN CORPORAL.

ALUMNO: ESTESO DE LA OSA, ÁNGEL
TUTOR: SARABIA MARÍN, JOSE MANUEL

Efecto de un programa de entrenamiento individualizado sobre la composición corporal.

Autores: Á. Esteso De la Osa, J.M. Sarabia Marín

Resumen:

Sobrepeso y obesidad sufren un aumento en la prevalencia a nivel mundial. El índice de masa corporal (*IMC*) alto se ha relacionado con un amplio espectro de enfermedades cardiovasculares, diversas neoplastias malignas, diabetes mellitus, enfermedades musculoesqueléticas, enfermedad renal crónica o trastornos mentales, que afectan a la calidad de vida de quien la padece, así como al gasto sanitario global. El objetivo de las personas que se encuentran en este contexto debería ser la pérdida de peso, y una de las herramientas que se proponen para ese objetivo es la actividad física. Este trabajo ha incluido un programa de ejercicio físico de 5 semanas mediante la metodología “*High Intensity Functional Training*” (*HIFT*), de la cual otros autores han evidenciado mejoras en aspectos como la aptitud cardiorrespiratoria o la composición corporal. La medición de la composición corporal es una práctica regular, y la evaluación de la masa muscular y la masa grasa ha adquirido gran importancia. Tradicionalmente, la evaluación del grosor de los pliegues cutáneos ha sido la técnica más utilizada; no obstante, en la actualidad han surgido nuevas técnicas como el escaneo fotónico 3D, o antropometría digital, que aportan datos sobre la composición corporal de manera más rápida y menos invasiva. El objetivo del presente trabajo será validar la estimación del porcentaje de grasa reportada por el dispositivo *ProScanner 4.0* de *FIT3D* comparado con la estimación a partir de datos antropométricos, además de analizar su sensibilidad a los cambios producidos tras el programa de entrenamiento.

Palabras clave: sobrepeso, obesidad, *IMC*, porcentaje de grasa corporal, *HIIT*, *HIFT*, antropometría, medición de pliegues, escáner 3D, escaneo fotónico 3D

INTRODUCCIÓN

El sobrepeso y la obesidad se encuentran en un aumento de su prevalencia a nivel mundial. En la actualidad, la obesidad es considerada como una epidemia mundial, y diversos estudios epidemiológicos han relacionado un índice de masa corporal (*IMC*) alto con un amplio espectro de enfermedades cardiovasculares, diferentes neoplasias malignas, diabetes mellitus, enfermedades musculoesqueléticas, enfermedad renal crónica o trastornos mentales, afectando así de manera negativa a la calidad de vida del individuo y el aumento del gasto sanitario (Boutari, C., & Mantzoros, C. S., 2022).

La Organización Mundial de la Salud (*OMS*) define sobrepeso y obesidad como una acumulación anormal o excesiva de grasa, la cual se relacionaría con un mayor riesgo para la salud (*OMS*, 2016). Entre las diferentes causas de este problema, no solo influye la responsabilidad personal del sujeto, existen otros factores de tipo biológico, psicológico, social o económico que promueven el consumo excesivo de alimentos poco saludables. Dicha institución delimita unos parámetros para definir el sobrepeso en sujetos con un $IMC > 25 \text{ kg/m}^2$; mientras la obesidad se determina para sujetos con un $IMC > 30 \text{ kg/m}^2$. No obstante, según Aizuddin et al. (2021), el *IMC* es una medida indirecta e imperfecta de la adiposidad, alejándose así este de ser el mejor biomarcador para evaluar el riesgo de sufrir algunas enfermedades.

El porcentaje de grasa corporal es una medida de adiposidad que representa el número y función de las células de grasa (Goossens, 2017). El área de superficie corporal correlaciona con la tasa metabólica basal y la composición corporal, mostrando estas mediciones físicas como biomarcadores válidos en algunas enfermedades de carácter cardiovascular o cáncer (Si et al., 2020).

La investigación realizada por Si et al. (2020), informó de que sujetos con un alto porcentaje de grasa corporal, siendo un porcentaje graso $> 27.4\%$ el criterio de corte, se relacionaron positivamente con el aumento de colesterol total (*TC*), de triglicéridos (*TG*), colesterol de lipoproteínas de baja densidad (*LDL-C*), presión arterial sistólica (*Systolic Blood Pressure, SBP*), presión arterial diastólica (*Diastolic Blood Pressure, DBP*) y glucemia en ayunas (*Fasting Blood Glucose, FBG*), así como la mayor incidencia de padecer hipertensión, diabetes mellitus y enfermedad renal crónica.

Con relación a la hipertensión, la obesidad podría considerarse un factor de riesgo por varios mecanismos como serían: la disfunción de los adipocitos, la resistencia a la insulina, la disfunción del sistema nervioso simpático, el sistema renina-angiotensina-aldosterona (*SRAA*), y el aumento del volumen intravascular y del gasto cardíaco (Park et al., 2019). Por lo tanto, el aumento del porcentaje de grasa corporal se asocia con un aumento de los factores de riesgo cardiometabólico, incluso en sujetos con un *IMC* normal, sugiriendo así la importancia del porcentaje de grasa corporal (*%GC*). En definitiva, un alto porcentaje de grasa corporal aumenta las posibilidades de sufrir diferentes problemas cardiovasculares como infarto de miocardio, insuficiencia cardíaca o ictus.

Como se observa, la obesidad genera una serie de cambios bioquímicos que aumentan el riesgo de comorbilidades, incluida la resistencia a la insulina y la diabetes mellitus tipo II (Al-Sulaiti et al., 2019). Las personas con adiposidad intraabdominal o visceral selectiva cuentan con mayor riesgo de generar resistencia a la insulina (Pandey et al., 2015). Se conoce que el tejido adiposo es una fuente de hormonas metabólicas, citoquinas, mediadores como ácidos grasos libres, y citoquinas proinflamatorias. El mecanismo que trata de dar respuesta a la relación entre la obesidad y la diabetes se origina desde la proliferación de esos ácidos grasos libres intracelulares,

que se encuentran en disputa con la glucosa por la oxidación del sustrato, esto conduce a una inhibición del piruvato deshidrogenasa, la fosfofructoquinasa y la hexoquinasa II. Este aumento de la oxidación de los ácidos grasos libres en el plasma provocaría un aumento en los niveles de la acetil-coenzima A (*acetil-CoA*) en las mitocondrias, lo que atenúa la actividad del piruvato deshidrogenasa, y se relaciona con la inhibición de la fosfofructocinasa aumentando así los niveles de glucosa-6-fosfato. El proceso finalizaría con un alto nivel de glucosa-6-fosfato que inhiben la actividad de la hexoquinasa II y provoca una menor captación de la glucosa.

En lo referente a la enfermedad renal, la primera complicación asociada fue el carcinoma de células renales. El metaanálisis de Wang et al. (2008) informó de la presencia de la enfermedad renal asociada tanto con sobrepeso como con obesidad, y demostró que la obesidad afecta negativamente la pérdida progresiva de la función renal en personas con enfermedad renal crónica. Se ha informado del papel contribuyente de la vasoconstricción arteriolar eferente en el aumento de la fracción de filtración, debido a la estimulación del sistema renina-angiotensina. Añadido a lo anterior, existe evidencia del aumento del tono simpático renal que agrava los cambios hemodinámicos. En resumen, la obesidad evidencia cambios hemodinámicos estructurales y funcionales específicos del riñón, así como la aparición de glomerulosclerosis en algunos sujetos. La obesidad amplifica el riesgo de enfermedad renal crónica en diabetes, hipertensión, síndrome metabólico, enfermedades renales primarias y enfermedades cardiovasculares.

Si se habla de enfermedad musculoesquelética relacionada con la obesidad surge un precedente donde se entendía la obesidad como un factor protector contra las fracturas óseas, este se defendía desde la correlación positiva entre un alto nivel de IMC con el aumento de la densidad mineral ósea. En la actualidad, estudios como el realizado por Gkastaris et al. (2020) han corroborado la complejidad en lo relacionado con el hueso y el tejido adiposo, estos son tejidos metabólicamente activos, donde interactúan adipocinas, estrógenos y factores metabólicos derivados del sistema óseo. Dicho sistema cuenta con mecanismos de retroalimentación que afectan a la remodelación ósea, el control del peso corporal, la adipogénesis, la homeostasis de la glucosa y el ajuste muscular. Si bien es cierto que existen datos favorables donde la carga mecánica produce efectos positivos sobre la salud ósea, predomina el aspecto negativo. Este se podría explicar desde el proceso de inflamación crónica de bajo grado, donde la proliferación de citocinas proinflamatorias resultaría dañina; así como el aumento de la adipogénesis de la médula ósea que podría degenerar en la disminución de la masa ósea.

Finalizando con el amplio espectro patológico que genera el exceso de peso, y en relación con los trastornos mentales, se estudia la relación de estos con la dieta, la obesidad, el síndrome metabólico y el estrés. Actualmente, se han realizado estudios centrados en la relación intestino y cerebro, determinando la microbioma intestinal como influyente en la función cerebral; así como probablemente en el estado de ánimo y el comportamiento. El cerebro cuenta con áreas, neurotransmisores y neuropéptidos involucrados tanto en el estado de ánimo como en el apetito, y probablemente desempeñen un papel mediador importante (Bremner et al., 2020).

Se entiende por tanto que el objetivo de individuos con sobrepeso u obesidad debería ser la pérdida de peso, esta ha quedado ampliamente respaldada, demostrándose que descensos del 5 al 10% suponen mejoras significativas en la salud de aquellas personas que padecen patologías relacionadas con el sobrepeso o la obesidad (Cefalu, 2015).

Esta reducción del peso es asociada con cambios positivos en los marcadores de riesgo cardiovascular, entre los que se incluyen dislipidemia, mediadores proinflamatorios, rigidez

arterial e hipertensión, y que prevé hasta un 41% menos de posibilidades de mortalidad por enfermedad cerebrovascular (Li et al., 2014). Además, Fruh (2020) informa de estudios de carácter transversal que han informado que la pérdida de peso reduce hasta un 58% la probabilidad de desarrollar diabetes mellitus tipo II en personas obesas o prediabéticas, apareciendo en estas últimas incluso la posibilidad de revertir la situación hacia la normogluceemia, así como mejorando otros aspectos de control glucémico como la glucosa en ayunas o la sensibilidad a la insulina. Hay que destacar que personas en situación de obesidad que han conseguido reducir su peso, han visto como sus biomarcadores de cáncer han disminuido, consiguiendo así reducir la incidencia de padecer cualquier tipo de cáncer hasta en un 11% (Linkov et al., 2012).

En definitiva, y destacando que se han de establecer objetivos realistas en la pérdida de peso de entre el 5 al 15% del total, la reducción supondrá mejoras significativas en la salud, el bienestar y la calidad de vida. Personas en situación de sobrepeso u obesidad obtendrán mayores beneficios en proporción con mayores reducciones del peso, consiguiendo prevenir el desarrollo de la diabetes, y provocando un impacto positivo a largo plazo sobre la mortalidad cardiovascular, así como reducir la probabilidad de padecer ciertos tipos de cáncer, y mostrando efectos positivos en comorbilidades asociadas como la disfunción hepática, el dolor articular o la depresión (Fruh, 2017).

La actividad física y los beneficios que aporta son reconocidos como parte integral del tratamiento en personas con sobrepeso u obesidad. En los últimos años se resalta el interés sobre los beneficios del ejercicio físico sobre el tejido adiposo visceral, y se ha defendido la mejora que provoca este sobre el peso y la composición corporal (Bellicha et al., 2021), así como la mejora en la sensibilidad a la insulina y el aumento de la aptitud cardiorrespiratoria (Kolnes et al., 2021).

Entre los efectos del ejercicio físico se incluyen reducciones del peso corporal, de la grasa corporal total y del tejido adiposo visceral, disminuyendo así la probabilidad de enfermedad cardiometabólica. Según Kolnes et al. (2021), el exceso de grasa abdominal propio de la obesidad, sobre todo esa acumulación de tejido adiposo visceral aumenta el riesgo de trastornos metabólicos como enfermedades cardiovasculares, diabetes mellitus tipo II. El efecto del entrenamiento sobre la tolerancia a la glucosa y la sensibilidad a la insulina podría explicarse desde la regulación positiva de las proteínas involucrada en el metabolismo de la glucosa y sus vías de señalización (Langleite et al., 2016).

El entrenamiento interválico de alta intensidad (*HIIT*) ha surgido como una modalidad de ejercicio prometedora y se encuentra dentro de las tendencias del fitness. Feito et al. (2018) lo definen como un programa de ejercicio físico caracterizado por un esfuerzo de intensidad vigorosa en periodos de tiempo cortos, intercalado con descansos o ejercicio de baja intensidad para la recuperación. Es importante mencionar que en la actualidad se habla de un nuevo concepto "*High Intensity Functional Training*" (*HIFT*), desarrollado para mejorar los parámetros a nivel cardiovascular y de fuerza del músculo esquelético (Ben-Zee & Okun, 2021). Considerar el *HIFT* como una modalidad derivada del *HIIT* podría considerarse erróneo, es cierto que guardan similitudes teóricas; no obstante, la principal diferencia que muestra el *HIFT* es la inclusión de ejercicios de fuerza con un patrón multiarticular (Feito et al., 2018).

La efectividad de este método ha sido evidenciada en diferentes estudios, así Brisebois et al. (2021) concluyen mejoras significativas en la aptitud cardiorrespiratoria, la composición corporal, la fuerza muscular, la resistencia y la flexibilidad en adultos físicamente activos tras una

intervención *HIFT* de ocho semanas. Este estudio mostró mejoras de 6.3% y 5.5% del VO_2 máx absoluto y del VO_2 máx relativo, respectivamente; además de una disminución del 8.5% en la presión arterial diastólica. Corroborando esta suposición, la revisión realizada por Morze et al. (2021) defiende la incorporación del entrenamiento de fuerza para la consecución de mayores beneficios en la reducción de la masa grasa y el aumento de la masa libre de grasa.

La medición de la composición corporal es una práctica regular, la evaluación de la masa muscular y masa grasa ha adquirido gran importancia. Durante años, los investigadores han tratado de estudiar y medir con precisión la antropometría humana utilizando diferentes técnicas, desde los pioneros trabajos en cadáveres hasta las tecnologías de imagen más recientes.

Tradicionalmente, la evaluación del grosor de los pliegues cutáneos se considera como el método más popular. Esta técnica requiere del uso de un plicómetro para medir un pliegue doble de piel, en una variedad de regiones para establecer una medición general de la adiposidad subcutánea. Esta técnica es económica por su requerimiento de material mínimo, siendo necesario únicamente un plicómetro y una cinta antropométrica. A pesar de su simplicidad, cuenta con limitaciones técnicas como son el grosor de la piel, la compresibilidad del pliegue, la presión aplicada del plicómetro, la edad, el sexo, o la temperatura de la piel del sujeto (Kasper et al., 2021). Sin embargo, según Kerr et al. (2017) la evaluación mediante pliegues cutáneos se muestra como el método menos afectado por las actividades cotidianas, la ingesta de comida, o los cambios de hidratación.

Una de las técnicas más novedosas para la medición de la composición corporal es el escaneo fotónico 3D. El escáner 3D, o antropometría digital, aporta datos obtenidos mediante luz visible e infrarroja que crea un avatar del cuerpo humano, el reflejo de esta luz permite capturar una serie de puntos mediante triangulación. Estos puntos se conectan creando una malla 3D, y mediante el uso con puntos de referencia se aporta información para calcular circunferencias, volúmenes, longitudes y áreas de superficie (Eder et al., 2013).

Entre sus ventajas se destaca el tiempo necesario para realizar la medición, no más de 10 segundos, consumiendo un tiempo mínimo y sobresaliendo en este aspecto con otras técnicas de medida. Entre sus desventajas, destaca el costo de utilizar escáneres 3D, la experiencia operativa y las discrepancias que surgen en los algoritmos que utilizan los diferentes escáneres que se pueden encontrar en el mercado, se requiere un desarrollo y perfeccionamiento del algoritmo para obtener una medición más válida. No obstante, existe evidencia de la precisión y confiabilidad del escaneo 3D (Adler et al., 2017).

El objetivo de este trabajo es analizar la validez de la estimación del porcentaje graso reportada por el dispositivo *ProScanner 4.0* de *FIT3D* de escaneo fotónico 3D comparándolo con la estimación a partir de datos antropométricos, así como analizar su sensibilidad a los cambios producidos tras un programa de entrenamiento.

MÉTODO

Participantes

La muestra se compone por usuarios del centro de entrenamiento físico Grupo iTraining de Elche. El periodo de captación de voluntarios data del 30 de mayo al 5 de junio de 2022. Los criterios para la inclusión en el programa fueron: 1) edad de entre 18 a 55 años, y 2) compromiso en la realización de mínimo 2 sesiones semanales. Por otro lado, los criterios de exclusión fueron los siguientes: 1) no cumplir con el mínimo de sesiones requerido, 2) no realizar las mediciones post en los días posteriores a finalizar el programa, y 3) padecer algún tipo de lesión musculoesquelética.

Así pues, la muestra inicial constaba de 10 sujetos, y al finalizar el programa de entrenamiento esta quedó en 6 usuarios, de los cuales 5 eran hombres. La edad media de los participantes fue de 39,8 ($\pm 10,5$) años y a todos ellos se les informó de los riesgos y beneficios de participar en el trabajo y firmaron un consentimiento informado.

Diseño

Este trabajo se consideró viable gracias a la accesibilidad al escaneo fotónico 3D, se propuso conocer la validez de este método de evaluación para su posterior comparación con la estimación mediante datos antropométricos tras un programa de entrenamiento físico. El primer paso para la realización de esta intervención consistió en la captación de voluntarios, este se prolongó durante una semana donde los posibles voluntarios eran informados de las características del programa de entrenamiento físico, así como de las evaluaciones de composición corporal. Finalizado el reclutamiento de sujetos, se realizó la primera medición de la composición corporal, esta se llevó a cabo durante los 5 días previos al inicio del programa. El siguiente paso fue dar inicio al programa de entrenamiento físico de 5 semanas. Tras superar la planificación propuesta, los sujetos que cumplieron dicha planificación fueron evaluados por segunda vez en un periodo de como máximo 5 días. Por último, los datos obtenidos tras la intervención fueron analizados estadísticamente.

Programa de entrenamiento

El programa de entrenamiento físico se llevó a cabo en las instalaciones del centro Grupo iTraining de Elche, las sesiones fueron impartidas por profesionales de Ciencias de la Actividad física y el Deporte, los cuales trabajaron de manera colaborativa en su planificación y desarrollo.

La intervención de ejercicio físico se realizó en un periodo de 5 semanas, iniciándose el 7 de junio y finalizando el 5 de julio. La metodología utilizada fue HIFT, realizándose de esta manera un trabajo combinando entre el entrenamiento de fuerza y el trabajo de la aptitud cardiorrespiratoria. Por un lado, los ejercicios de fuerza utilizaron una amplia batería de ejercicios de carácter multiarticular como podrían destacarse la sentadilla, los remos en suspensión, o el peso muerto. Por otro lado, para el trabajo de carácter más aeróbico se utilizaron máquinas como el remoergómetro, la bicicleta estática o la Air Bike.

Al inicio de cada microciclo, los voluntarios debían informar de la frecuencia semanal con la que asistirían a las sesiones durante esa semana. Conocida esta, y siendo obligatorio un mínimo de dos sesiones semanales, se programaba el realizar un entrenamiento más enfocado a fuerza tradicional o de carácter más cardiorrespiratorio. Como ejemplo, un sujeto que asistiera 2 días debía realizar prioritariamente 2 sesiones de entrenamiento fuerza; mientras que superadas esos 2 días se realizaría un trabajo de carácter cardiorrespiratorio. En la tabla 1, se muestra la cantidad de sesiones realizadas por cada sujeto.

Tabla 1 - Número de sesiones realizadas

SUJETO	TIPO DE ENTRENAMIENTO	SESIONES REALIZADAS
1	HIFT	16
2	HIFT	10
3	HIFT	22
4	HIFT	10
5	HIFT	16
6	HIFT	10

Distinguir las variables entre uno otro supone hablar de un entrenamiento de fuerza donde se realizan de 3 a 4 series de cada ejercicio, sin superar las 12 repeticiones, con descansos amplios no completos, y trabajando en un RIR más bajo, más cerca del fallo técnico o muscular. En este aspecto, es relevante informar que los sujetos adheridos al programa conocían la cuantificación de la carga mediante “RIR (Reps In Reserve)” o “repeticiones en reserva” y lo aplican de una manera aceptable. Por último, las sesiones que tienen una orientación más cardiorrespiratoria se caracterizan por priorizar el trabajo por tiempo, con rangos de repeticiones más altos, trabajando a un RIR más alejado de 0, y reduciendo el descanso a lo mínimo posible. Ambas metodologías se componen por sesiones con una duración de 45 min. En la tabla 2, se observan un esquema del programa de entrenamiento, donde se muestra el periodo de cada microciclo y las variables requeridas en cada sesión.

Tabla 2- Esquemización del programa de entrenamiento

PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO	MICROCICLO	PERÍODO	DÍA	MODALIDAD	Series	Repeticiones	Tiempo (min)	Reps In Reserve (RIR)
	PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO	1	7-12/6/2022	1	Full Body	3	10+12	35 + 1
2				AFAP + EMOM	1+4		4	
3				Full Body	3	10+12	3	
4				AMRAP + FOR TIME	1+1		10+30'	4
2		13-19/6/2022	1	Full Body	3	10+12	2'+35'	3
			2	EMOM + AFAP	3+1			4
			3	Full Body	3	10+12	3	
			4	AMRAP + FOR TIME	1+1		10+30'	4

	3	20- 26/6/2022	1	Full Body	3	10+10	30'+1'	2	
			2	FOR TIME + EMOM	1+5			3	
			3	Full Body	3	10+10		2	
			4	AFAP	1	40'		3	
	4	27/6-3/7/22		1	Full Body	3	10+12		2
				2	AMRAP	3	12'		4
				3	Full Body	3	10+12		2
				4	FOT TIME	1	40'		4
	5	4-8/7/2022		1	Full Body	3	10+12	35'+1'	3
				2	AFAP + EMOM				4
				3	Full Body	3	10+12		3
				4	AMRAP	3	12'		4

Abreviaturas: AFAP: As Fast As Possible; EMOM: Every Minute On the Minute; AMRAP: As Many Reps As Possible

Instrumentos de recogida de datos

La recogida de datos, de naturaleza cuantitativa, tuvo como finalidad comparar la fiabilidad del escaneo fotónico 3D y su sensibilidad al cambio con respecto a la reconocida técnica de medición del grosor de los pliegues cutáneos tras la realización de un programa de entrenamiento físico.

Se realizaron una medición pre y post intervención, la primera se llevó a cabo en los días previos al inicio del programa, y la segunda en los días posteriores a finalizarlo, como se puede observar en la tabla 3.

Tabla 3 - Fecha de mediciones

SUJETO	PRIMERA MEDICIÓN	SEGUNDA MEDICIÓN
1	6-6-2022	10-7-2022
2	2-6-2022	8-7-2022
3	6-6-2022	8-7-2022
4	2-6-2022	8-7-2022
5	2-6-2022	5-7-2022
6	7-6-2022	5-7-2022

1. Antropometría

La antropometría hace referencia a las diferentes medidas del tamaño y proporción corporal del ser humano, la combinación de una serie de medidas antropométricas como peso, estatura y pliegues cutáneos de grasa sirven como predictores de la masa grasa (Ramón et al., 2009).

El método utilizado, medición de los pliegues de grasa, requirió del siguiente material: 1) tallímetro de pared modelo Seca 206, para medir la estatura; 2) plicómetro de la marca Cescorf modelo Innovare3 para recoger los pliegues; y 3) cinta métrica de la marca Cescorf para fijar los puntos de medición.



Imagen 1 – Tallímetro Seca 206



Imagen 2 - Plicómetro Innovare3 y cinta métrica Cescorf

El cálculo de la masa grasa se obtuvo mediante la ecuación de Durnin & Womersley, con las que se obtienen los valores de densidad corporal (Durnin & Womersley, 1974). Posteriormente, se aplicó la ecuación de Siri (Siri, 1961), donde se distinguen diversas fórmulas dependiendo del subgrupo de edad y género, para hallar el porcentaje de grasa.

El protocolo se desarrolló siguiendo las pautas ISAK, se aconsejó el uso de ropa interior a los voluntarios, y durante la medición de pliegues los sujetos debían permanecer en posición antropométrica con la musculatura relajada, exceptuando la medición del pliegue del muslo y pierna donde se encontrarían sentados.

En primer lugar, se midió la altura del sujeto. En segundo lugar, se realizó la medición mediante plicómetro de los pliegues de grasa del tríceps, subescapular, bíceps, ileocrestal, supraespinal, abdominal, muslo y pierna; posteriormente, de estos ocho pliegues, los cuatro primeros se utilizaron en la mencionada ecuación de Siri para calcular el porcentaje de grasa. En tercer lugar, para el cálculo del peso corporal total se utilizó la misma báscula del escáner corporal 3D.

De entre todas las mediciones obtenidas, las cuales se realizaron sobre el lado izquierdo de los sujetos, se aplicó la media cuando fueron suficientes dos mediciones de cada pliegue y estas concordaban; y la mediana cuando en las dos primeras mediciones eran diferentes (diferencia > 5%).

2. Escaneo fotónico 3D

Se llevó a cabo mediante el escáner corporal 3D de la marca FIT3D, concretamente su modelo ProScanner 4.0. Este cuenta con tres cámaras de detección de profundidad de alta fidelidad, asas ajustables para mayor estabilidad y precisión, y báscula de cuatro puntos integrada.

El protocolo requiere una indumentaria adecuada, donde se aconseja el uso de ropa interior ajustada, y en caso de que la persona tenga el pelo largo, esta debería llevarlo recogido. En primer lugar, el sujeto se sube a la báscula integrada en el escáner haciendo coincidir sus pies con la marca dibujada sobre la balanza, aquí la máquina realiza el cálculo del peso. Una vez calculado el peso, el sujeto presiona los botones incluidos en las asas ajustables para iniciar con la medición de perímetros, la máquina emite un sonido como señal de que el sujeto debe prepararse y mantenerse en bipedestación y estático con la mirada dirigida al frente sin realizar ningún gesto. Cuando la máquina finaliza con la medición, esta vuelve a emitir una señal para indicar al sujeto que puede bajar de esta. Para finalizar, la máquina utiliza un software donde su logaritmo aporta toda la información obtenida.



Imagen 3 - Escáner 3D de la marca FIT3D, modelo ProScanner 4.0

Análisis de datos

El conjunto de datos estadísticos fue analizado mediante el software “Jeffrey’s Amazing Statistics Program” (JASP, versión 0.17.3, JASP Team). En el análisis descriptivo, se utilizó Shapiro-Wilk para conocer la normalidad del conjunto de datos. El conjunto de datos estadísticos fue analizado mediante el software “Jeffrey’s Amazing Statistics Program” (JASP, versión 0.17.3, JASP Team). Las variables continuas fueron estudiadas mediante una correlación de Pearson, centrada en la fuerza de una relación lineal entre datos emparejados; y una correlación de Spearman, utilizada para medir fuerza y dirección de dicha relación entre variables. Por último, se aplicó Bland-Altman con el fin de evaluar la concordancia entre las dos técnicas de evaluación corporal estudiadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adler, C., Steinbrecher, A., Jaeschke, L., Mähler, A., Boschmann, M., Jeran, S., & Pischon, T. (2017). Validity and reliability of total body volume and relative body fat mass from a 3-dimensional photonic body Surface scanner. *PloSone*, *12*(7), e0180201. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180201>
- Aizuddin, A. N., Chan, C. M., Anwar, A. R., Ong, Y. X., & Chin, K. Y. (2021). Performance of Body Mass Index in Identifying Obesity Defined by Body Fat Percentage and Hypertension Among Malaysian Population: A Retrospective Study. *International journal of general medicine*, *14*, 3251–3257. <https://doi.org/10.2147/IJGM.S316360>
- Al-Sulaiti, H., Diboun, I., Agha, M. V., Mohamed, F. F. S., Atkin, S., Dömling, A. S., Elrayess, M. A., & Mazloum, N. A. (2019). Metabolic signature of obesity-associated insulin resistance and type 2 diabetes. *Journal of translational medicine*, *17*(1), 348. <https://doi.org/10.1186/s12967-019-2096-8>
- Bellicha, A., van Baak, M. A., Battista, F., Beaulieu, K., Blundell, J. E., Busetto, L., Carraça, E. V., Dicker, D., Encantado, J., Ermolao, A., Farpour-Lambert, N., Pramono, A., Woodward, E., & Oppert, J. M. (2021). Effect of exercise training on weight loss, body composition changes, and weight maintenance in adults with overweight or obesity: An overview of 12 systematic reviews and 149 studies. *Obesity reviews : an official journal of the International Association for the Study of Obesity*, *22 Suppl 4*(Suppl 4), e13256. <https://doi.org/10.1111/obr.13256>
- Ben-Zeev, T., & Okun, E. (2021). High-Intensity Functional Training: Molecular Mechanisms and Benefits. *Neuromolecular medicine*, *23*(3), 335–338. <https://doi.org/10.1007/s12017-020-08638-8>
- Boutari, C., & Mantzoros, C. S. (2022). A 2022 update on the epidemiology of obesity and a call to action: as its twin COVID-19 pandemic appears to be receding, the obesity and dysmetabolism pandemic continues to rage on. *Metabolism: clinical and experimental*, *133*, 155217. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2022.155217>
- Bremner, J. D., Moazzami, K., Wittbrodt, M. T., Nye, J. A., Lima, B. B., Gillespie, C. F., Rapaport, M. H., Pearce, B. D., Shah, A. J., & Vaccarino, V. (2020). Diet, Stress and Mental Health. *Nutrients*, *12*(8), 2428. <https://doi.org/10.3390/nu12082428>
- Brisebois, M. F., Rigby, B. R., & Nichols, D. L. (2018). Physiological and Fitness Adaptations after Eight Weeks of High-Intensity Functional Training in Physically Inactive Adults. *Sports (Basel, Switzerland)*, *6*(4), 146. <https://doi.org/10.3390/sports6040146>
- Cefalu, W. T., Bray, G. A., Home, P. D., Garvey, W. T., Klein, S., Pi-Sunyer, F. X., Hu, F. B., Raz, I., Van Gaal, L., Wolfe, B. M., & Ryan, D. H. (2015). Advances in the Science, Treatment, and Prevention of the Disease of Obesity: Reflections From a Diabetes Care Editors' Expert Forum. *Diabetes care*, *38*(8), 1567–1582. <https://doi.org/10.2337/dc15-1081>
- Durnin, J. V., & Womersley, J. (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *The British journal of nutrition*, *32*(1), 77–97. <https://doi.org/10.1079/bjn19740060>
- Eder, M., Brockmann, G., Zimmermann, A., Papadopoulos, M. A., Schwenzler-Zimmerer, K., Zeilhofer, H. F., Sader, R., Papadopoulos, N. A., & Kovacs, L. (2013). Evaluation of precision and accuracy assessment of different 3-D surface imaging systems for biomedical purposes. *Journal of digital imaging*, *26*(2), 163–172. <https://doi.org/10.1007/s10278-012-9487-1>

- Feito, Y., Heinrich, K. M., Butcher, S. J., & Poston, W. (2018). High-Intensity Functional Training (HIFT): Definition and Research Implications for Improved Fitness. *Sports (Basel, Switzerland)*, 6(3), 76. <https://doi.org/10.3390/sports6030076>
- Fruh S. M. (2017). Obesity: Risk factors, complications, and strategies for sustainable long-term weight management. *Journal of the American Association of Nurse Practitioners*, 29(S1), S3–S14. <https://doi.org/10.1002/2327-6924.12510>
- Goossens G. H. (2017). The Metabolic Phenotype in Obesity: Fat Mass, Body Fat Distribution, and Adipose Tissue Function. *Obesity facts*, 10(3), 207–215. <https://doi.org/10.1159/000471488>
- Kasper, A. M., Langan-Evans, C., Hudson, J. F., Brownlee, T. E., Harper, L. D., Naughton, R. J., Morton, J. P., & Close, G. L. (2021). Come Back Skinfolts, All Is Forgiven: A Narrative Review of the Efficacy of Common Body Composition Methods in Applied Sports Practice. *Nutrients*, 13(4), 1075. <https://doi.org/10.3390/nu13041075>
- Kerr, A., Slater, G. J., & Byrne, N. (2017). Impact of food and fluid intake on technical and biological measurement error in body composition assessment methods in athletes. *The British journal of nutrition*, 117(4), 591–601. <https://doi.org/10.1017/S0007114517000551>
- Kolnes, K. J., Petersen, M. H., Lien-Iversen, T., Højlund, K., & Jensen, J. (2021). Effect of Exercise Training on Fat Loss-Energetic Perspectives and the Role of Improved Adipose Tissue Function and Body Fat Distribution. *Frontiers in physiology*, 12,737709. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.737709>
- Langlete, T. M., Jensen, J., Norheim, F., Gulseth, H. L., Tangen, D. S., Kolnes, K. J., Heck, A., Storås, T., Grøthe, G., Dahl, M. A., Kielland, A., Holen, T., Noreng, H. J., Stadheim, H. K., Bjørnerud, A., Johansen, E. I., Nellemann, B., Birkeland, K. I., & Drevon, C. A. (2016). Insulin sensitivity, body composition and adipose depots following 12 w combined endurance and strength training in dysglycemic and normoglycemic sedentary men. *Archives of physiology and biochemistry*, 122(4), 167–179. <https://doi.org/10.1080/13813455.2016.1202985>
- Li, G., Zhang, P., Wang, J., An, Y., Gong, Q., Gregg, E. W., Yang, W., Zhang, B., Shuai, Y., Hong, J., Engelgau, M. M., Li, H., Roglic, G., Hu, Y., & Bennett, P. H. (2014). Cardiovascular mortality, all-cause mortality, and diabetes incidence after lifestyle intervention for people with impaired glucose tolerance in the Da Qing Diabetes Prevention Study: a 23-year follow-up study. *The lancet. Diabetes & endocrinology*, 2(6), 474–480. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(14\)70057-9](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(14)70057-9)
- Linkov, F., Maxwell, G. L., Felix, A. S., Lin, Y., Lenzner, D., Bovbjerg, D. H., Lokshin, A., Hennon, M., Jakicic, J. M., Goodpaster, B. H., & DeLany, J. P. (2012). Longitudinal evaluation of cancer-associated biomarkers before and after weight loss in RENEW study participants: implications for cancer risk reduction. *Gynecologic oncology*, 125(1),114–119. <https://doi.org/10.1016/j.ygyno.2011.12.439>
- Morze, J., Rücker, G., Danielewicz, A., Przybyłowicz, K., Neuenschwander, M., Schlesinger, S., & Schwingshackl, L. (2021). Impact of different training modalities on anthropometric outcomes in patients with obesity: A systematic review and network meta-analysis. *Obesity reviews : an official journal of the International Association for the Study of Obesity*, 22(7), e13218. <https://doi.org/10.1111/obr.13218>
- Pandey, A., Chawla, S., & Guchhait, P. (2015). Type-2 diabetes: Current understanding and future perspectives. *IUBMB life*, 67(7), 506–513. <https://doi.org/10.1002/iub.1396>

- Si, S., Tewara, M. A., Ji, X., Wang, Y., Liu, Y., Dai, X., Wang, Z., & Xue, F. (2020). Body surface area, height, and body fat percentage as more sensitive risk factors of cancer and cardiovascular disease. *Cancer medicine*, 9(12), 4433–4446. <https://doi.org/10.1002/cam4.3076>
- Siri W. E. (1993). Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. 1961. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, 9(5), 480–492.
- Wang, Y., Chen, X., Song, Y., Caballero, B., & Cheskin, L. J. (2008). Association between obesity and kidney disease: a systematic review and meta-analysis. *Kidney international*, 73(1), 19–33. <https://doi.org/10.1038/sj.ki.5002586>

