



El aumento de la masa grasa corporal se vincula a un cociente respiratorio alto en personas con mal nutrición por exceso

Increased body fat mass is linked to a high respiratory quotient in people with malnutrition due to excess

Autores

Soledad Fuentealba-Sepúlveda¹
Alexis Espinoza-Salinas²

¹ Universidad Mayor -Santiago (Chile),

² Universidad Santo Tomás-Santiago (Chile)

Autor de correspondencia:
Alexis Espinoza-Salinas,
alexisespinosasa@santotomas.cl

Cómo citar en APA

Fuentealba Sepulveda, S., & Espinoza-Salinas, A. (2025). El aumento de la masa grasa corporal se vincula a un cociente respiratorio alto en personas con mal nutrición por exceso. *Retos*, 68, 953-963. <https://doi.org/10.47197/retos.v68.113028>

Resumen

Introducción: La obesidad es una pandemia global asociada a un mayor riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles y aumento de la mortalidad general. Se caracteriza por un exceso de tejido adiposo subcutáneo y visceral. El tejido adiposo visceral desempeña un rol clave en la regulación energética; un desequilibrio en la disponibilidad de sustratos puede reflejar disfunción mitocondrial. En personas con obesidad, se ha observado alteración celular en el tejido adiposo, lo que contribuye a una menor capacidad de oxidación de ácidos grasos, fenómeno conocido como inflexibilidad metabólica.

Objetivo: analizar los perfiles metabólicos en adultos con sobrepeso y obesidad, mediante calorimetría indirecta en reposo y su relación con masa grasa y muscular.

Metodología: Se evaluaron adultos con normopeso, sobrepeso y obesidad en el laboratorio de fisiología del ejercicio de la Universidad Santo Tomás, sede Santiago. Se registraron mediciones antropométricas (4 pliegues cutáneos) y calorimetría indirecta en reposo. El análisis consideró el cociente respiratorio (RQ), el porcentaje de masa grasa y masa muscular.

Resultados: Los participantes con obesidad mostraron un RQ elevado en reposo, en comparación con personas con normopeso. Este hallazgo se relacionó con mayor porcentaje de masa grasa y menor masa muscular relativa.

Conclusiones: Los resultados sugieren que la obesidad se asocia a inflexibilidad metabólica, evidenciada por una menor capacidad para oxidar grasas en reposo. Este fenómeno podría estar vinculado a disfunción mitocondrial, resistencia a la insulina e inflamación crónica.

Palabras clave

Cociente respiratorio; flexibilidad metabólica; metabolismo basal; metabolismo energético; obesidad.

Abstract

Introduction: Obesity is a global pandemic associated with a higher risk of non-communicable chronic diseases and increased overall mortality. It is characterized by an excess of subcutaneous and visceral adipose tissue. Visceral adipose tissue plays a key role in energy regulation; an imbalance in substrate availability may reflect mitochondrial dysfunction. In individuals with obesity, cellular alterations in adipose tissue have been observed, contributing to a reduced capacity for fatty acid oxidation a phenomenon known as metabolic inflexibility.

Objective: To analyze metabolic profiles in adults with overweight and obesity through resting indirect calorimetry and its relationship with fat and muscle mass.

Methodology: Adults with normal weight, overweight, and obesity were evaluated in the Exercise Physiology Laboratory at Universidad Santo Tomás, Santiago campus. Anthropometric measurements (four skinfolds) and resting indirect calorimetry were recorded. The analysis included respiratory quotient (RQ), percentage of fat mass, and muscle mass.

Results: Participants with obesity exhibited a higher resting RQ compared to individuals with normal weight. This finding was associated with a higher percentage of fat mass and lower relative muscle mass.

Conclusions: The results suggest that obesity is associated with metabolic inflexibility, evidenced by a reduced capacity to oxidize fats at rest. This phenomenon may be related to mitochondrial dysfunction, insulin resistance, and chronic inflammation.

Keywords

Respiratory quotients; metabolic flexibility; basal metabolism; energy metabolism; obesity.

Introducción

La obesidad es considerada hace algunos años como una pandemia (Dettoni et al., 2023), trastorno que se vincula a la falta de actividad física y sobrealimentación (Battista et al., 2021; Tareen et al., 2020). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) cada año mueren alrededor de 2,8 millones de personas a causa de la obesidad (OMS, 2024). Actualmente existen 2,500 millones de adultos de 18 o más años con sobrepeso, de ellos 890 millones tienen obesidad, no solo 200 millones, lo cual es una cifra mucho más baja (OMS, 2024). La obesidad se relaciona con diferentes enfermedades crónicas no transmisibles, como enfermedades cardiovasculares, diabetes mellitus II y síndrome metabólico (Topete et al., 2023), dislipidemias, algunos tipos de cáncer, entre otros y mortalidad por todas las causas (Battista et al., 2021; Yin et al., 2023).

Además, actualmente las Enfermedades Crónicas No Transmisibles (ECNT) son responsables del 70% de la mortalidad a nivel mundial, y dentro de ellas destacan las enfermedades cardiovasculares y la diabetes (Twinamasiko et al., 2018). Por lo tanto, es de vital importancia abordar esta afección para mejorar la salud y calidad de vida de las personas.

En Chile, las cifras de sedentarismo, obesidad y sobrepeso son de valores muy elevados. Según la Encuesta Nacional de Salud del año 2016-2017 (ENS), los valores de dichas situaciones son de 86.7% en el caso del sedentarismo de la población para el año 2016-17, 81.2% de la población entre 20-29 años son sedentarios, 35.8% de ellos tienen sobrepeso, 22.5% son obesos en el mismo rango etario y finalmente, 2.1% de la misma población, son casos atribuibles a obesidad mórbida. La carga monetaria para el país, según un estudio realizado por Chile Vive Sano es de 1,4 billones de pesos anuales. La OMS describe además que la causa fundamental del sobrepeso y la obesidad es un desequilibrio energético entre las calorías que se gastan y las consumidas, esto debido al aumento en la ingesta en comidas o alimentos ricos en grasas y la disminución de actividad física, donde predominan conductas sedentarias, asociado a cambios ambientales y sociales (OMS, 2024). Estos datos mencionados con anterioridad nos indican la relevancia de conocer los perfiles metabólicos para realizar modificaciones en aspectos nutricionales y de prescripción de ejercicio en esta población.

La obesidad se caracteriza por un depósito anormal y excesivo de tejido adiposo, manifestado por un aumento en la cantidad de adipocitos, tanto en el compartimento subcutáneo como en el visceral (Dettoni et al., 2023). En particular, el tejido adiposo visceral cumple un rol clave en la regulación energética del organismo (de Lange et al., 2023; Sakers et al., 2022). Cuando se produce un desequilibrio en la regulación o en la disponibilidad de sustratos, puede desencadenarse una disfunción mitocondrial (Chu et al., 2021). A pesar de que los adipocitos presentan una baja densidad mitocondrial, estas organelas desempeñan funciones esenciales en diversas rutas metabólicas. La obesidad se asocia con una compleja remodelación del metabolismo energético del tejido adiposo (Topete et al., 2023), la cual repercute en el estado metabólico del músculo esquelético, observándose alteraciones como la disminución de la captación de glucosa mediada por insulina, una reducción en el metabolismo lipídico y una menor capacidad oxidativa (Katare et al., 2022; Tumova et al., 2016). Además, el músculo esquelético ha sido identificado como un actor relevante en la fisiopatología de la obesidad y sus comorbilidades, debido a su implicancia en el desarrollo de resistencia a la insulina y en la inflamación sistémica (Sheptulina et al., 2023). En personas con obesidad, los adipocitos presentan mitocondrias disfuncionales, con membranas deterioradas y menor capacidad para oxidar ácidos grasos, en comparación con individuos normopeso (Fernández-Verdejo et al., 2021), fenómeno que se relaciona con una menor flexibilidad metabólica (Chávez-Guevara et al., 2021).

La flexibilidad metabólica se define como la capacidad de regular o adaptar la respuesta energética a las demandas metabólicas (Amaro-Gahete et al., 2019), a nivel molecular se correlaciona con las vías metabólicas que gestionan la detección, absorción, transporte, almacenamiento y utilización de los nutrientes (Palmer & Clegg, 2022; Smith et al., 2018).

Se ha asociado la obesidad con una flexibilidad metabólica deteriorada (Nancekievill et al., 2023), relacionado a una densidad mitocondrial reducida, adipogénesis, actividad reducida de citrato sintasa, citocromo c oxidasa y carnitina palmitoiltransferasa-1 (CPT-1) (Chávez-Guevara et al., 2021), lo que puede desencadenar resistencia a la insulina (Battista et al., 2021; Goodpaster & Sparks, 2017; Mengeste et al., 2021).



La flexibilidad metabólica comúnmente se mide durante un clamp hiperinsulinémico-euglicémico, sin embargo, se cuestiona por no ser un estímulo fisiológico (McDougal et al., 2020). Se puede medir en condiciones de reposo (Alcantara et al., 2022; Lim et al., 2021; Topete et al., 2023), mediante calorimetría indirecta, también se puede medir en pruebas de ejercicio incremental con analizador de gases (Chávez-Guevara et al., 2021). A través de estas medidas indirectas de la calorimetría podemos estimarlo a partir de la variable de cociente respiratorio, que se define como el valor que proporciona información sobre el sustrato energético que el cuerpo está utilizando para generar energía, carbohidratos, grasas o proteínas, se estima mediante la ratio CO₂ exhalado/O₂ consumido.

El ejercicio es un enfoque no farmacológico eficaz para la prevención y tratamiento de la obesidad y sus comorbilidades asociadas (Chávez-Guevara et al., 2023). El colegio americano de medicina del deporte y la OMS recomiendan que las pautas actuales que el ejercicio en personas con obesidad debe centrarse en aumentar el gasto cardiaco para un balance energético negativo y regular el peso corporal (Goldenshluger et al., 2021). Sin embargo, hay evidencia más reciente que sugiere que priorizar la tasa de oxidación de grasas podría ser más eficiente para la prevención y tratamiento de la obesidad (Chávez-Guevara et al., 2023).

El ejercicio de forma regular se asocia con efectos beneficiosos en la sensibilidad a la insulina y el control glucémico mediante la estimulación de la función mitocondrial (De Strijcker et al., 2018). Se han visto mejoras en la flexibilidad metabólica luego de dietas para pérdida de peso y entrenamiento que promueven la oxidación de ácidos grasos (Goodpaster & Sparks, 2017).

El entrenamiento físico a una intensidad que provoque máxima oxidación de grasas (FAT max) mejora la composición corporal, la función endocrina, el fitness cardiorrespiratorio y la flexibilidad metabólica en sujetos con obesidad (Brun et al., 2022) y diabetes tipo II (Chávez-Guevara et al., 2020). El entrenamiento físico tiene efectos beneficiosos en el control de la glucemia a través de la estimulación de la función mitocondrial (De Strijcker et al., 2018) para generar estrategias de intervención en sujetos con enfermedades metabólicas, de acuerdo con la revisión de Smith et al., en 2018 para prolongar la vida y mejorar la calidad de esta.

Dentro de las estrategias para abordar la obesidad, se destacan el manejo de la alimentación y la actividad física, siendo esta última ampliamente respaldada por la literatura científica (Khanna et al., 2022). Sin embargo, varias investigaciones han señalado las dificultades que experimentan las personas con obesidad para perder peso a través del ejercicio físico o incluso mediante restricciones calóricas. Los estudios científicos han identificado una disfunción mitocondrial en individuos con obesidad, caracterizada por una alteración en la capacidad de oxidar nutrientes y producir energía. (Brun et al., 2022; Omidimorad et al., 2023) Esta alteración se traduce en una incapacidad de oxidar nutrientes y producir energía. Esta alteración se traduce en una incapacidad para utilizar las grasas como fuente de energía, incluso durante periodos de ayuno prolongado, fenómeno conocido como “inflexibilidad metabólica” (Omidimorad et al., 2023). Además, existe una escasa cantidad de literatura que informa sobre los cambios a nivel mitocondrial que ocurren después de la implementación de un programa de ejercicio. Por lo tanto, resulta sumamente interesante estudiar los perfiles metabólicos de las personas utilizando calorimetría indirecta para servir de guía en la modificación de dieta y entrenamiento.

En base a los antecedentes presentados, es de gran utilidad para el manejo de la obesidad investigar en esta área, de tal forma que permita generar referencias en adultos chilenos, brindando un aporte real y transversal para futuras intervenciones nutricionales y de prescripción de ejercicio físico. En consecuencia, es válido cuestionar ¿Cuáles son los perfiles metabólicos medidos mediante una calorimetría indirecta en ayuno de las personas normopeso, sobrepeso y con obesidad?

En base a lo anterior, el objetivo de este estudio fue analizar el perfil metabólico mediante el coeficiente respiratorio de una calorimetría indirecta en reposo en ayunas en personas adultas normopeso, sobrepeso y obesidad.

Método

El estudio tiene un diseño cuasiexperimental, de corte transversal, controlado y no aleatorizado, aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Santo Tomás de Chile (código de aprobación: 106-2024). La muestra estuvo compuesta por 65 participantes adultos físicamente inactivos, distribuidos en tres



grupos: Grupo normopeso (NP): 14 participantes con un índice de masa corporal (IMC) de $22,82 \pm 1,69$ kg/m². Grupo sobrepeso (SP): 18 participantes con un IMC de $27,4 \pm 1,77$ kg/m². Grupo obesidad (OB): 33 participantes con un IMC de $34,44 \pm 4,07$ kg/m². El tamaño final de la muestra se calculó para obtener un 80% de certeza de identificar un resultado estadísticamente significativo si la hipótesis fuera cierta para la población, con P para significancia estadística establecida en 0,05 (Andrade, 2020).

Los criterios de inclusión fueron: a) tener más de 18 años; b) ser de nacionalidad chilena; c) ser físicamente inactivo; d) haber firmado el consentimiento informado; y e) haber cumplido con un ayuno mínimo de 8 horas. Los criterios de exclusión incluyeron: (i) diagnóstico de enfermedades metabólicas como hipertensión o diabetes; (ii) intolerancia a la medición con mascarilla de calorimetría; (iii) no firmar el consentimiento informado; y (iv) IMC menor a 19,9 kg/m², considerado como bajo peso. La descripción detallada de los participantes se presenta en la Tabla 1.

Procedimiento

Los participantes fueron reclutados a través de convocatoria pública y redes sociales. El estudio se llevó a cabo en el laboratorio de fisiología del ejercicio de la universidad Santo Tomás sede Santiago. La sala contaba con aire acondicionado, controlando la temperatura entre 22°C y 24°C, la humedad relativa entre 50% y 60%, y la iluminación era tenue, se les solicita al menos 8 horas de ayuno, no consumir cafeína ni tabaco ni psicoestimulantes.

Antes de comenzar con el protocolo se realizó una breve entrevista para conocer antecedentes médicos. Los datos recopilados en la entrevista y se aplicó el cuestionario GPAQ para evaluar nivel de actividad física, evaluaciones antropométricas y calorimetría indirecta fueron registrados por el investigador en una planilla con nombre de cada usuario para asegurar correcto registro. La información personal sólo fue revisada por los investigadores y no fue compartida a terceros.

Análisis Estadístico

En la Figura 1 (a y b), se aplicó un tratamiento estadístico descriptivo e inferencial. Se calcularon los promedios y las desviaciones estándar de las variables correspondientes para los grupos de normopeso, sobrepeso y obesidad. Para evaluar las diferencias significativas entre los grupos, se utilizó un ANOVA de una vía. Este análisis permitió identificar variaciones entre los grupos en relación con las variables estudiadas, estableciendo un nivel de significancia estadística adecuado.

En la Figura 2, se realizó una correlación de Pearson para establecer la relación entre el cociente respiratorio (RQ) y los porcentajes de tejido graso y tejido libre de grasa. Previamente, se aplicaron pruebas de normalidad a los datos mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov para evaluar el comportamiento de las variables. Finalmente, se estableció un grado de significancia con un valor de $p < 0,05$, indicando que las relaciones observadas son estadísticamente significativas. El software utilizado fue SPSS, versión 28.

Resultados

De los 65 participantes estudiados, 45 fueron mujeres (69,23 %) y 20 hombres (30,76 %), con una edad promedio de $34,53 \pm 12,9$ años, distribuidos de la siguiente manera: 21,53 % en el grupo NP, 27,69 % en el grupo SP y 50,76 % en el grupo OB. En relación con las características antropométricas el IMC promedio fue de $29,99 \pm 5,74$ kg/m² para todo el grupo estudio. La PC media fue de $99,3 \pm 18,31$ cm para los individuos, distribuida en $77,55 \pm 6,18$ cm en el grupo NP, $92,18 \pm 13,57$ cm en el grupo SP y $112,41 \pm 12,03$ cm en el grupo OB. Las otras variables se muestran en la figura 1.

Figura 1. Variables de estudio

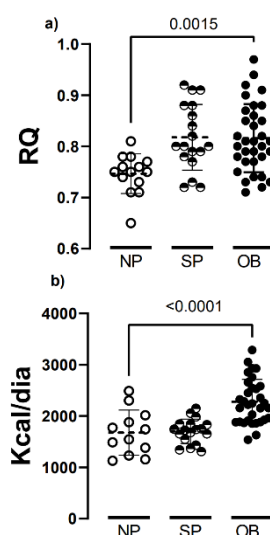
Variable	Normopeso (14) $\bar{x} \pm DE$	Sobrepeso (18) $\bar{x} \pm DE$	Obeso (33) $\bar{x} \pm DE$	p value
Edad, años	28,64 $\pm$ 12,27	31,84 $\pm$ 12,85	38,51 $\pm$ 12,18	0,03
Talla, mts	1,64 $\pm$ 0,097	1,61 $\pm$ 0,09	1,63 $\pm$ 0,07	0,5273
Peso, Kg	62,21 $\pm$ 9,12	71,00 $\pm$ 10,17	92,35 $\pm$ 14,56	<0,0001
IMC, Kg/mt ²	22,82 $\pm$ 1,69	27,40 $\pm$ 1,77	34,44 $\pm$ 4,07	<0,0001
PC, cm	77,55 $\pm$ 6,18	92,18 $\pm$ 13,57	112,41 $\pm$ 12,03	<0,0001
Tejido Graso, %	30,32 $\pm$ 7,51	40,83 $\pm$ 15,50	41,32 $\pm$ 12,28	0,0205
Tejido libre de Grasa, %	68,18 $\pm$ 10,68	59,25 $\pm$ 15,40	54,23 $\pm$ 10,39	0,0024
RQ	0,75 $\pm$ 0,05	0,81 $\pm$ 0,06	0,85 $\pm$ 0,07	<0,0001
Gasto Calórico, Kcal/día	1666,21 $\pm$ 406,37	1703,61 $\pm$ 238,44	2280,03 $\pm$ 435,31	<0,0001

IMC: Índice de masa corporal

PC: Perímetro de cintura

RQ: Cociente respiratorio

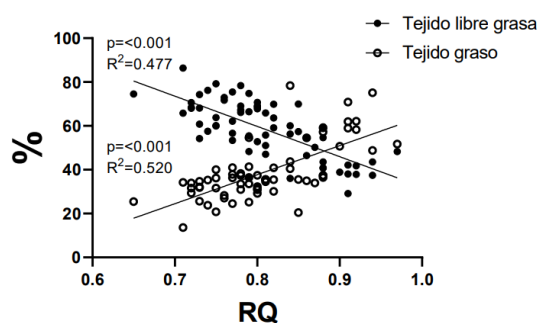
Figura 2. Perfiles de IMC asociados a RQ y 1b: Perfiles de IMC asociados al gasto energético diario.



a) Se presentan los tres perfiles de IMC asociados al cociente respiratorio (RQ). Se observa un patrón creciente desde el grupo de normopeso (NP) al grupo de obesidad (OB). Específicamente, el grupo NP tiene un RQ promedio de $0,74 \pm 0,038$, con valores mínimos y máximos de 0,65 y 0,81, respectivamente. El grupo de sobrepeso (SP) muestra un RQ promedio de $0,81 \pm 0,064$, con un rango entre 0,72 y 0,92, mientras que el grupo OB presenta un RQ promedio de $0,82 \pm 0,066$, con valores que oscilan entre 0,71 y 0,97.

b) Se muestran los tres perfiles de IMC asociados al gasto energético diario (Kcal/día). Se aprecia un patrón ascendente desde el grupo NP al OB. En detalle, el grupo NP tiene un gasto energético promedio de $1677 \pm 440,1$ Kcal/día, con valores mínimos y máximos de 1127 y 2488 Kcal/día. El grupo SP muestra un gasto energético promedio de $1704 \pm 238,4$ Kcal/día, con un rango entre 1309 y 2151 Kcal/día. Finalmente, el grupo OB tiene un gasto energético promedio de $2280 \pm 435,6$ Kcal/día, con valores mínimos y máximos de 1538 y 3286 Kcal/día.

Figura 2. % tejido graso y libre de grasa en relación con el cociente respiratorio (RQ)



En la figura se observa la relación entre el cociente respiratorio (RQ) en el eje X y los porcentajes de tejido libre de grasa y tejido graso en el eje Y. Los puntos negros representan el tejido libre de grasa, mientras que los puntos blancos representan el tejido graso.

Al analizar los puntos blancos (tejido graso), se observa una relación directamente proporcional al valor del RQ, es decir, a medida que el RQ aumenta, también lo hace el porcentaje de tejido graso. Por otro lado, los puntos negros (tejido libre de grasa) muestran una relación inversa con el RQ, disminuyendo a medida que el RQ aumenta.

Se proyecta que las personas con mayor cantidad de tejido graso tienen un RQ más cercano a 1, mientras que las personas con mayor cantidad de tejido libre de grasa presentan un RQ más cercano a 0,7. Ambos resultados son estadísticamente significativos con un valor de $p < 0,001$.

Discusión

El objetivo de este estudio fue analizar el perfil metabólico mediante el coeficiente respiratorio de una calorimetría indirecta en reposo en ayunas en personas adultas normopeso, sobrepeso y obesidad.

Para iniciar la discusión es necesario describir que la fisiología normal es adaptable, esta adaptabilidad fue descrita por Kelley y colaboradores en el 2004, denominando a este concepto como “flexibilidad metabólica” (Kelley et al., 2002), el cual propone que los sujetos metabólicamente sanos tienen la capacidad para cambiar rápida y eficientemente la preferencia en cuanto a sustratos energéticos, dependiendo si existe ayuno o estados posprandial, esta visión de estudio fue iniciada en los 90’s con Brooks et al, el cual acuñó el concepto “crossover”, intentando caracterizar el equilibrio existente entre la utilización de lípidos e hidratos de carbono como sustratos energéticos dependiente de la intensidad de ejercicio valorado en consumo de oxígeno. La investigación de Kelley y colegas “metabolic flexibility” en el 2004 (Brooks & Mercier, 1994); (Kelley et al., 2002), además de caracterizar la flexibilidad metabólica, este estudio también estableció que en sujetos que presentan obesidad tienen inhibidos estos mecanismos fisiológicos para la obtención de energía, ya sea por una hiperactividad del sistema nervioso simpático, resistencia a la insulina, estados de inflamación sistémica o disfunción mitocondrial, concepto al cual se denominó “inflexibilidad metabólica”, aludiendo que la obesidad es de origen multifactorial, dejando atrás la línea de pensamiento relacionada a que la patogénesis de la obesidad está dada únicamente por un desbalance entre la ingesta y gasto energético (Darbre, 2017) (Pedersen & Febbraio, 2012); (Prasun, 2020); (Wu & Ballantyne, 2020).

Lo anterior, se ajusta a nuestros datos donde un grupo OB evidencia una respuesta asociada a un desequilibrio energético en el sustrato utilizado en reposo en ayunas con respecto a RQ. Al igual que el grupo SP que muestra la misma tendencia. Estos hallazgos también fueron significativos cuando se asociaron a porcentaje de grasa, donde se muestra que a mayor RQ en el grupo OB mayor porcentaje de masa grasa.

Inicialmente, tanto la flexibilidad metabólica como el concepto crossover fueron altamente controversiales en la comunidad científica, debido a la limitada información asociada a la bioenergética, actualmente son líneas de investigación bien valoradas y aceptadas, principalmente por la revisión sistemática de Goodpaster et al. en el 2017 “metabolic flexibility in health and disease” (Goodpaster & Sparks, 2017).

Según la información recabada, las aplicaciones prácticas de estos conceptos son concomitantes al tratamiento de la obesidad y sus patologías asociadas, en cuanto al RER permite conocer a qué intensidad se presenta el máximo estado de oxidación de grasas (Fat Max), además de establecer a qué intensidad relativa de ejercicio se presenta el umbral láctico o umbral ventilatorio 1 (VT1) y el máximo estado estable del lactato o umbral ventilatorio 2 (VT2), además de establecer una relación indirecta en cuanto a que sustrato energético se utiliza en diferentes intensidades de ejercicio. Continuando con este lineamiento, la flexibilidad metabólica, el concepto crossover y el fitness metabólico muscular son inherentes a la fisiología normal, por consecuencia el conocer y dominar estos conceptos, permiten establecer objetivos fidedignos en cuanto al tratamiento no farmacológico de la obesidad, ya sea con programas de entrenamientos asociados a estas variables o con dietas pensadas en el restablecimiento de parámetros normales en cuanto a la fisiología normal (Brooks & Mercier, 1994; Delsoglio et al., 2019; De Toro-Martín et al., 2017; Henry, 2005; Hsu et al., 2019; Maunder et al., 2018)

A la luz de los datos presentados en este estudio, las personas en condición de obesidad presentan un RQ de 0,85 a 0,89 en reposo con un ayuno de al menos 8 horas (Beatty & Melanson, 2019; Fuglsang-Nielsen et al., 2021; Gilbertson et al., 2018; Splinter & Wilson, 2019), por lo que se podría asumir que los obesos en condición de reposo asociados a ayuno son malos para oxidar o utilizar de grasas como sustratos energéticos, debido a que al valor de RQ de 0.80 se asocia a la utilización de glicoproteínas como principal sustrato energético. Dicho fenómeno podría ser explicado por las diferentes condiciones de la OB tales como la hiperactividad del sistema nervioso simpático asociado a la sobrealimentación, estimulando el sistema adrenérgico y por consecuencia la interrupción en la señalización hipotalámica de la insulina, insulinoresistencia dado por estados de hiperinsulinemia debido a la desensibilización de la señalización hipotalámica, inflamación sistémica asociada a la modificación fenotípica de los macrófagos y diabetes mellitus siendo inherente al daño de proteínas asociadas a la membrana como GLUT-4 el Receptor insulínico (IRS) 1 y 2, interviniendo directamente en el metabolismo energético (Esser et al., 2014); (Larabee et al., 2020; Lv et al., 2018; Prasun, 2020; Wang et al., 2020)

Las herramientas terapéuticas que propone este estudio son relativas al fitness metabólico y la consideración de un nuevo factor que podría dilucidar y contribuir al estudio de la obesidad y su patogénesis, esta variable es la sensibilidad para la oxidación de ácidos grasos, como se expuso en párrafos anteriores, los obesos presentan una inflexibilidad metabólica, limitando su capacidad para usar lípidos como sustratos energéticos, propiciado por estados previos de hiperinsulinemia relacionado con el funcionamiento del núcleo arcuato y la exacerbada actividad de la leptina, esta respuesta fisiopatológica de estados de sobrealimentación genera una reducida actividad de los IRS 1 y 2, lo que podría explicar el compromiso en el metabolismo de los ácidos grasos (Espinoza-Salinas et al., 2025).

En cuanto al estudio del metabolismo de los lípidos es fundamental para el entendimiento de la obesidad, sin embargo, la información disponible actual no puede esclarecer por completo la patogénesis de la obesidad, además de presentar restricciones en cuanto a la medición, debido a que actualmente no hay manera de cuantificar directamente el metabolismo energético y principalmente se extrapola desde el RQ, la cual podría presentar sesgos, ya sea por patologías que intervengan en la mecánica normal de los pulmones o una mala aplicación de esta herramienta de medición. Esta línea de estudio es novedosa y necesaria para el manejo de la obesidad, sin embargo, es necesario seguir estudiando el metabolismo energético y su relación con la fisiopatología de la obesidad, para poder esclarecer la patogénesis de la obesidad, la cual actualmente no está bien descrita, por lo que este estudio espera poder influenciar a la comunidad científica para seguir desarrollando esta línea de estudio.

Conclusiones

Los resultados de este estudio evidencian diferencias significativas en los perfiles metabólicos entre personas normopeso, con sobrepeso y obesidad, determinadas mediante calorimetría indirecta en reposo en ayunas. Estos sugieren que las personas con obesidad presentan una mayor inflexibilidad metabólica, manifestada en un RQ elevado, lo que indica una menor capacidad para oxidar grasas como



principal sustrato energético en condiciones de reposo. Esta alteración podría estar asociada a disfunciones mitocondriales, resistencia a la insulina y estados inflamatorios crónicos, que están presentes en la obesidad.

Estos hallazgos respaldan la importancia de estrategias no farmacológicas, como el ejercicio físico y la modificación dietética, que promuevan la oxidación de grasas y la mejora de la flexibilidad metabólica. Por lo que, esto permitiría diseñar planes de tratamiento más efectivos y personalizados para abordar las complicaciones metabólicas asociadas a la obesidad y mejorar la calidad de vida de los individuos afectados.

Referencias

- Alcantara, J. M. A., Osuna-Prieto, F. J., & Plaza-Flrido, A. (2022). Associations between intra-assessment resting metabolic rate variability and health-related factors. *Metabolites*, 12(12), 1218. <https://doi.org/10.3390/metabo12121218>
- Amaro-Gahete, F. J., Sanchez-Delgado, G., Ara, I., & Ruiz, J. (2019). Cardiorespiratory fitness may influence metabolic inflexibility during exercise in obese persons. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 104(12), 5780–5790. <https://doi.org/10.1210/jc.2019-00685>
- Battista, F., Belligoli, A., Neunhaeuserer, D., Gasperetti, A., Bettini, S., Compagnin, C., Marchese, R., Quinto, G., Bergamin, M., Vettor, R., Busetto, L., & Ermolao, A. (2021). Metabolic response to submaximal and maximal exercise in people with severe obesity, prediabetes, and diabetes. *Obesity Facts*, 14(4), 415–424. <https://doi.org/10.1159/000517388>
- Beatty, J., & Melanson, K. (2019). Examining changes in respiratory exchange ratio within an 8-week weight loss intervention. *Journal of Human Nutrition and Dietetics : The Official Journal of the British Dietetic Association*, 32(6), 737–744. <https://doi.org/10.1111/jhn.12692>
- Brooks, G. A., & Mercier, J. (1994). Balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise: the “crossover” concept. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 76(6), 2253–2261. <https://doi.org/10.1152/jappl.1994.76.6.2253>
- Brun, J.-F., Myzia, J., Varlet-Marie, E., Raynaud de Mauverger, E., & Mercier, J. (2022). Beyond the calorie paradigm: Taking into account in practice the balance of fat and carbohydrate oxidation during exercise? *Nutrients*, 14(8), 1605. <https://doi.org/10.3390/nu14081605>
- Chávez-Guevara, I. A., Amaro-Gahete, F. J., Ramos-Jiménez, A., & Brun, J. F. (2023). Toward exercise guidelines for optimizing fat oxidation during exercise in obesity: A systematic review and Meta-regression. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 53(12), 2399–2416. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01896-6>
- Chávez-Guevara, I. A., Hernández-Torres, R. P., Trejo-Trejo, M., González-Rodríguez, E., Moreno-Brito, V., Wall-Medrano, A., Pérez-León, J. A., & Ramos-Jiménez, A. (2021). Exercise fat oxidation is positively associated with body fatness in men with obesity: Defying the metabolic flexibility paradigm. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(13), 6945. <https://doi.org/10.3390/ijerph18136945>
- Chávez-Guevara, I. A., Urquidez-Romero, R., Pérez-León, J. A., González-Rodríguez, E., Moreno-Brito, V., & Ramos-Jiménez, A. (2020). Chronic effect of fatmax training on body weight, fat mass, and cardiorespiratory fitness in obese subjects: A meta-analysis of randomized clinical trials. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(21), 7888. <https://doi.org/10.3390/ijerph17217888>
- Chu, L., Morrison, K. M., Riddell, M. C., Raha, S., & Timmons, B. W. (2021). Metabolic flexibility during exercise in children with obesity and matched controls. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 53(1), 159–164. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002503>
- Darbre, P. D. (2017). Endocrine disruptors and obesity. *Current Obesity Reports*, 6(1), 18–27. <https://doi.org/10.1007/s13679-017-0264-0>
- de Lange, P., Lombardi, A., Silvestri, E., Cioffi, F., Giacco, A., Iervolino, S., Petito, G., Senese, R., Lanni, A., & Moreno, M. (2023). Physiological approaches targeting cellular and mitochondrial pathways underlying adipose organ senescence. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(14), 11676. <https://doi.org/10.3390/ijms241411676>
- Delsoglio, M., Achamrah, N., Berger, M. M., & Pichard, C. (2019). Indirect Calorimetry in Clinical Practice. *Journal of Clinical Medicine*, 8(9), 1387. <https://doi.org/10.3390/jcm8091387>



- De Strijcker, D., Lapauw, B., Ouwens, D. M., Van de Velde, D., Hansen, D., Petrovic, M., Cuvelier, C., Tonoli, C., & Calders, P. (2018). High intensity interval training is associated with greater impact on physical fitness, insulin sensitivity and muscle mitochondrial content in males with overweight/obesity, as opposed to continuous endurance training: a randomized controlled trial. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*, 18(2), 215–226.
- De Toro-Martín, J., Arsenault, B. J., Després, J.-P., & Vohl, M.-C. (2017). Precision Nutrition: A Review of Personalized Nutritional Approaches for the Prevention and Management of Metabolic Syndrome. *Nutrients*, 9(8), 913. <https://doi.org/10.3390/nu9080913>
- Dettoni, R., Bahamondes, C., Yevenes, C., Cespedes, C., & Espinosa, J. (2023). The effect of obesity on chronic diseases in USA: a flexible copula approach. *Scientific Reports*, 13(1), 1831. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31861-3>
- Espinoza-Salinas, A., Peiret-Villacura, L., Cigarroa-Cuevas, I., Podestá, I., Acuña-Vera, S., Arenas-Sanchez, G., ... Gonález-Jurado, J. (2025). Respuesta autonómica e inflamatoria en obesos con resistencia a la insulina después de un entrenamiento de alta intensidad. *Retos*, 62, 251–258. <https://doi.org/10.47197/retos.v62.107958>
- Esser, N., Legrand-Poels, S., Piette, J., Scheen, A. J., & Paquot, N. (2014). Inflammation as a link between obesity, metabolic syndrome and type 2 diabetes. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 105(2), 141–150. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2014.03.008>
- Fernández-Verdejo, R., Malo-Vintimilla, L., Gutiérrez-Pino, J., López-Fuenzalida, A., Olmos, P., Irarrazaval, P., & Galgani, J. E. (2021). Similar metabolic health in overweight/obese individuals with contrasting metabolic flexibility to an oral glucose tolerance test. *Frontiers in Nutrition*, 8, 745907. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.745907>
- Fuglsang-Nielsen, R., Rakvaag, E., Langdahl, B., Knudsen, K. E. B., Hartmann, B., Holst, J. J., Hermansen, K., & Gregersen, S. (2021). Effects of whey protein and dietary fiber intake on insulin sensitivity, body composition, energy expenditure, blood pressure, and appetite in subjects with abdominal obesity. *European Journal of Clinical Nutrition*, 75(4), 611–619. <https://doi.org/10.1038/s41430-020-00763-0>
- Gilbertson, N. M., Eichner, N. Z. M., Francois, M., Gaitán, J. M., Heiston, E. M., Weltman, A., & Malin, S. K. (2018). Glucose Tolerance is Linked to Postprandial Fuel Use Independent of Exercise Dose. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 50(10), 2058–2066. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001657>
- Goldenshluger, A., Constantini, K., Goldstein, N., Shelef, I., Schwarzfuchs, D., Zelicha, H., Yaskolka Meir, A., Tsaban, G., Chassidim, Y., & Gepner, Y. (2021). Effect of dietary strategies on respiratory quotient and its association with clinical parameters and organ fat loss: A randomized controlled trial. *Nutrients*, 13(7), 2230. <https://doi.org/10.3390/nu13072230>
- Goodpaster, B. H., & Sparks, L. M. (2017). Metabolic flexibility in health and disease. *Cell Metabolism*, 25(5), 1027–1036. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2017.04.002>
- Henry, C. J. K. (2005). Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations. *Public Health Nutrition*, 8(7a), 1133–1152. <https://doi.org/10.1079/PHN2005815>
- Hsu, K.-J., Liao, C.-D., Tsai, M.-W., & Chen, C.-N. (2019). Effects of Exercise and Nutritional Intervention on Body Composition, Metabolic Health, and Physical Performance in Adults with Sarcopenic Obesity: A Meta-Analysis. *Nutrients*, 11. <https://doi.org/10.3390/nu11092163>
- Katare, P. B., Dalmao-Fernandez, A., Mengeste, A. M., Hamarsland, H., Ellefsen, S., Bakke, H. G., Kase, E. T., Thoresen, G. H., & Rustan, A. C. (2022). Energy metabolism in skeletal muscle cells from donors with different body mass index. *Frontiers in Physiology*, 13, 982842. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.982842>
- Kelley, D. E., He, J., Menshikova, E. V., & Ritov, V. B. (2002). Dysfunction of mitochondria in human skeletal muscle in type 2 diabetes. *Diabetes*, 51(10), 2944–2950. <https://doi.org/10.2337/diabetes.51.10.2944>
- Khanna, D., Khanna, S., Khanna, P., Kahar, P., & Patel, B. M. (2022). Obesity: A chronic low-grade inflammation and its markers. *Cureus*, 14(2), e22711. <https://doi.org/10.7759/cureus.22711>
- Larabee, C. M., Neely, O. C., & Domingos, A. I. (2020). Obesity: a neuroimmunometabolic perspective. *Nature Reviews. Endocrinology*, 16(1), 30–43. <https://doi.org/10.1038/s41574-019-0317-x>
- Lee, H. S., & Lee, J. (2021). Effects of exercise interventions on weight, body mass index, lean body mass and accumulated visceral fat in overweight and obese individuals: A systematic review and

- meta-analysis of randomized controlled trials. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2635. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052635>
- Lim, J., Alam, U., Cuthbertson, D., & Wilding, J. (2021). Design of a randomised controlled trial: does indirect calorimetry energy information influence weight loss in obesity? *BMJ Open*, 11(3), e044519. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-044519>
- Maunder, E., Plews, D. J., & Kilding, A. E. (2018). Contextualising Maximal Fat Oxidation During Exercise: Determinants and Normative Values. *Frontiers in Physiology*, 9, 368003. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00368>
- McDougal, D. H., Marlatt, K. L., Beyl, R. A., Redman, L. M., & Ravussin, E. (2020). A novel approach to assess metabolic flexibility overnight in a whole-body room calorimeter. *Obesity (Silver Spring, Md.)*, 28(11), 2073–2077. <https://doi.org/10.1002/oby.22917>
- Mengeste, A. M., Rustan, A. C., & Lund, J. (2021). Skeletal muscle energy metabolism in obesity. *Obesity (Silver Spring, Md.)*, 29(10), 1582–1595. <https://doi.org/10.1002/oby.23259>
- Nancekievill, D., Colpitts, B. H., Seaman, K., Girard, M., & Sénéchal, M. (2023). The impact of sprint interval training with or without weight loss on substrate oxidation in adults: A secondary analysis of the i-FLEX study. *Physiological Reports*, 11(9), e15684. <https://doi.org/10.14814/phy2.15684>
- Omidimorad, A., Nazari, M., Bahmanziari, N., Soleymani, M. H., Barakati, S. H., Ardalan, G., Aminae, T., Taghizadeh, R., Motlagh, M. E., & Heidarzadeh, A. (2023). Priority strategic directions in adolescent health in Iran based on the WHO's Global Accelerated Action for the Health of Adolescents. *International Journal of Adolescent Medicine and Health*, 35(4), 313–321. <https://doi.org/10.1515/ijamh-2023-0220>
- Organización Mundial de la Salud. (2024, marzo). *Obesidad y sobrepeso*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Palmer, B. F., & Clegg, D. J. (2022). Metabolic flexibility and its impact on health outcomes. *Mayo Clinic Proceedings*, 97(4), 761–776. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2022.01.009>
- Pedersen, B. K., & Febbraio, M. A. (2012). Muscles, exercise and obesity: skeletal muscle as a secretory organ. *Nature Reviews. Endocrinology*, 8(8), 457–465. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2012.93>
- Prasun, P. (2020). Mitochondrial dysfunction in metabolic syndrome. *Biochimica et Biophysica Acta. Molecular Basis of Disease*, 1866(10), 165838. <https://doi.org/10.1016/j.bbadis.2020.165838>
- Rumbo-Rodríguez, L., Sánchez-SanSegundo, M., Ferrer-Cascales, R., García-D'Urso, N., Hurtado-Sánchez, J. A., & Zaragoza-Martí, A. (2021). Comparison of Body Scanner and Manual Anthropometric Measurements of Body Shape: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(12). <https://doi.org/10.3390/ijerph18126347>
- Sakers, A., De Siqueira, M. K., Seale, P., & Villanueva, C. J. (2022). Adipose-tissue plasticity in health and disease. *Cell*, 185(3), 419–446. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2022.01.028>
- Sheptulina, A. F., Antyukh, K. Y., Kiselev, A. R., Mitkovskaya, N. P., & Drapkina, O. M. (2023). Possible mechanisms linking obesity, steroidogenesis, and skeletal muscle dysfunction. *Life (Basel, Switzerland)*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/life13060951>
- Smith, R. L., Soeters, M. R., Wüst, R. C. I., & Houtkooper, R. H. (2018). Metabolic flexibility as an adaptation to energy resources and requirements in health and disease. *Endocrine Reviews*, 39(4), 489–517. <https://doi.org/10.1210/er.2017-00116>
- Splinter, Z. T., & Wilson, P. B. (2019). Physiological and perceptual effects of self-selected and classical relaxing music on resting metabolic rate: a crossover trial. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(7), 1150–1155. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.19.09516-1>
- Tareen, S. H. K., Kutmon, M., de Kok, T. M., Mariman, E. C. M., van Baak, M. A., Evelo, C. T., Adriaens, M. E., & Arts, I. C. W. (2020). Stratifying cellular metabolism during weight loss: an interplay of metabolism, metabolic flexibility and inflammation. *Scientific Reports*, 10(1), 1651. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58634-3>
- Topete, M. V., Andrade, S., Bernardino, R. L., Guimarães, M., Pereira, A. M., Oliveira, S. B., Costa, M. M., Nora, M., Monteiro, M. P., & Pereira, S. S. (2023). Visceral adipose tissue bioenergetics varies according to individuals' obesity class. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(2), 1679. <https://doi.org/10.3390/ijms24021679>
- Tumova, J., Andel, M., & Trnka, J. (2016). Excess of free fatty acids as a cause of metabolic dysfunction in skeletal muscle. *Physiological Research*, 65(2), 193–207. [10.33549/physiolres.932993](https://doi.org/10.33549/physiolres.932993)
- Twinamasiko, B., Lukenge, E., Nabawanga, S., Nansalire, W., Kobusingye, L., Ruzaaza, G., & Bajunirwe, F. (2018). Sedentary lifestyle and hypertension in a periurban area of Mbarara, south western



- Uganda: A population based cross sectional survey. *International Journal of Hypertension*, 2018, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2018/5248905>
- Wang, P., Loh, K. H., Wu, M., Morgan, D. A., Schneeberger, M., Yu, X., Chi, J., Kosse, C., Kim, D., Rahmouni, K., Cohen, P., & Friedman, J. (2020). A leptin-BDNF pathway regulating sympathetic innervation of adipose tissue. *Nature*, 583(7818), 839–844. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-1984-6>
- Wu, H., & Ballantyne, C. M. (2020). Metabolic Inflammation and Insulin Resistance in Obesity. *Circulation Research*, 126(11), 1549–1564. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.120.317871>
- Yin, M., Chen, Z., Nassis, G. P., Liu, H., Li, H., Deng, J., & Li, Y. (2023). Chronic high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training are both effective in increasing maximum fat oxidation during exercise in overweight and obese adults: A meta-analysis. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 21(4), 354–365. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2023.04.002>

Datos de los/as autores/as

Soledad Fuentealba-Sepulveda
Alexis Espinoza Salinas

soledadfuentealba.sepu@gmail.com
alexisespinozasa@santotomas.cl

Autora
Autor

