

Article

Similares Tasas de Oxidación de Grasas Durante el Ejercicio Submáximo Gradual en Mujeres de Diferente Composición Corporal

Hugo A. Kerhervé^{1,2}, Leonie M. Harvey¹, Alexander N. Eagles¹, Chris McLellan³ y Dale Lovell¹

¹School of Sport Science, University of the Sunshine Coast, Sippy Downs, Australia

²University Rennes, Rennes, France

³School of Health and Wellbeing, University of Southern Queensland, Ipswich, QLD, Australia

RESUMEN

Antecedentes Se recomienda realizar ejercicios de intensidad moderada que oscilen entre el 40 y el 60% del consumo máximo de oxígeno para promover el gasto de energía y la oxidación de grasas en personas con sobrepeso y obesidad. Aunque se ha demostrado que la oxidación de grasas es muy variable entre individuos, todavía existe una incertidumbre relativa con respecto a la prescripción de ejercicio específicamente para mujeres. Este artículo tuvo como objetivo determinar si los indicadores de la composición corporal se pueden utilizar para reducir el rango de intensidad del ejercicio para la prescripción de ejercicio en mujeres. **Métodos** Un total de 35 mujeres sanas (edad 30.8 ± 9.5 años) clasificadas según su IMC en un grupo de peso normal (NOR; $\leq 24.9 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$), grupo con sobrepeso (OVW; $25-29.9 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$) y grupo obeso (OBE; $\geq 30 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$) completaron una prueba graduada submáxima (intensidades que provocan ~30%, 40%, 50% y 60% del consumo máximo de oxígeno). En cada etapa se midieron el lactato en sangre, el esfuerzo percibido y la oxidación absoluta y relativa de sustrato para grasas (OXFAT) y carbohidratos (OXCHO). **Resultados** El esfuerzo percibido y el lactato sanguíneo aumentaron en función del ejercicio, pero no difirieron entre los grupos. No hubo cambios significativos en la OXFAT absoluta y relativa entre los grupos, o en función de la intensidad del ejercicio. La OXFAT pico se produjo en las etapas del 40%, 50% y 40% para los grupos NOR, OVW y OBE, respectivamente, sin diferencias significativas entre los grupos. **Conclusión** No medimos diferencias, pero sí una considerable variación interindividual, en la oxidación de grasas en mujeres de diferente composición corporal. Este resultado está de acuerdo con investigaciones previas basadas en ejercicio realizado a ritmo constante y en grupos de participantes independientes. Nuestros hallazgos no apoyan la hipótesis de la oxidación de grasas y refuerzan aún más la perspectiva de que la prescripción del ejercicio debe individualizarse y probablemente basarse en consideraciones distintas a la oxidación del sustrato.

INTRODUCCIÓN

El sobrepeso y la obesidad es una condición metabólica que actualmente afecta aproximadamente al 39% de la población adulta en todo el mundo y entre el 60% y el 65% en América del Norte, Oceanía y la mayor parte de Europa Occidental [1]. El sobrepeso y la obesidad están asociados con una carga económica sustancial para la sociedad [2] debido al mayor riesgo de desarrollar una serie de enfermedades crónicas, como diabetes, enfermedades cardíacas, hipertensión, accidente

cerebrovascular [3] y un mayor riesgo de mortalidad [4,5], especialmente en las formas más graves de obesidad [6]. El sobrepeso y la obesidad se asocian con resistencia a la insulina [7-9] y aumento de los triglicéridos intramusculares [8]. Una capacidad reducida para utilizar ácidos grasos libres (AGL) como sustrato en reposo y durante el ejercicio [7,9] se ha citado como un factor que contribuye a promover la progresión de la obesidad [10,11], aunque esta hipótesis de oxidación de grasas (la incapacidad de utilizar la grasa impulsando el aumento de peso) es criticada [12].

El *American College of Sports Medicine* (ACSM) recomienda la actividad física regular para promover el gasto de energía y contribuir a un control óptimo de la pérdida de peso en personas con sobrepeso y obesidad, y las directrices actuales recomiendan hasta 250-300 min de ejercicio aeróbico de intensidad moderada (40-60% del consumo máximo de oxígeno relativo [VO₂máx]) por semana [13]. También se ha demostrado que la misma zona de intensidad relativamente amplia provoca las tasas más altas de oxidación de grasas, u oxidación máxima de grasas (PFO), en individuos sedentarios y obesos [11,14,15], y se ha demostrado que el ejercicio de intensidad moderada mejora la oxidación de grasas y la lipólisis [16-19] en hombres obesos [20] y mujeres [21,22].

Mejorar la definición de la intensidad de ejercicio óptima para la prescripción de ejercicio en personas con sobrepeso y obesidad sigue siendo un desafío para los profesionales. Aunque el aumento del gasto energético total utilizando una amplia gama de intensidades es actualmente el principal factor conocido que influye en la prescripción del ejercicio, el efecto de la intensidad del ejercicio sigue sin comprenderse bien. Por ejemplo, si bien el aumento de la flexibilidad metabólica podría ser un beneficio del entrenamiento físico, las tasas de oxidación de grasas varían considerablemente entre individuos y no están bien predichas por la masa grasa [23], ya que están influenciadas por el estado puberal [24], el estado de entrenamiento [25], dieta [10,26], intensidad del ejercicio [10,21,27] y el modo de ejercicio que se realiza [10,28]. Además, actualmente hay poco consenso sobre la intensidad de entrenamiento óptima específicamente en mujeres, a pesar de los desafíos específicos que el embarazo, la menopausia y la anticoncepción imponen en la salud cardiovascular [29]. A pesar de las respuestas normales de la frecuencia cardíaca durante el ejercicio gradual realizado al 30-60% del VO₂máx, se han informado respuestas de presión arterial significativamente diferentes en mujeres obesas en comparación con mujeres normales y con sobrepeso [30]. Se ha informado que la oxidación de las grasas de grupos independientes de mujeres obesas/con sobrepeso es menor [31], similar [32-35] o incluso mayor [36] que la de las mujeres delgadas durante una tasa de trabajo constante en bicicleta a intensidades de ejercicio discretas del 50% al 65% de VO₂máx. De manera similar, la oxidación de sustrato de las mujeres obesas y de peso normal no difirió significativamente durante tasas de trabajo constante de ejercicio en cinta rodante al 50%, 70% o 75% del VO₂máx [37,38].

Aún así, actualmente hay una escasez de investigación que mida la dinámica de la oxidación de sustrato a varias intensidades de ejercicio submáximas, en subgrupos de mujeres emparejados por edad y predictores de salud cardiovascular, pero que difieren en la composición corporal. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo determinar la dinámica de la utilización de sustrato en función de la composición corporal utilizando un ejercicio submáximo graduado en cinta rodante con una intensidad que oscila entre el 30 y el 60% del VO₂máx. A partir de la literatura disponible, se puede plantear la hipótesis de que la oxidación de sustrato se caracterizaría por una alta variabilidad interindividual y que la oxidación de las grasas sería máxima a intensidades del 40 al 60%, sin diferencias entre mujeres de diferente composición corporal. Aumentar nuestra comprensión de las respuestas a la intensidad del ejercicio podría dar información instrumental destinada a médicos, profesionales y personas que trabajan en la industria de la salud y el fitness.

MATERIALES Y MÉTODOS

Participantes

Treinta y cinco participantes sanas mujeres fueron reclutadas para este estudio en la comunidad local mediante el uso de anuncios y correos electrónicos (Tabla 1). Antes de la inclusión, se informó a las participantes sobre los procedimientos y riesgos del estudio, se les realizó un listado de los criterios de exclusión (peri o posmenopáusicas, fumadora actual, embarazada o amamantando, tomando cualquier medicamento recetado que pueda afectar la frecuencia cardíaca o la oxidación de grasas y excluyendo píldoras anticonceptivas, diabéticas, o que sufren de asma) y se les proporcionó un consentimiento por escrito. La autorización ética para este proyecto fue otorgada por el comité de ética de la Universidad de Sunshine Coast sobre investigación humana (proyecto S/11/317).

Tabla 1. Características de las participantes.

| | Normal | Overweight | Obese | ANOVA | |
|---|----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|--------|-----------------------------|
| | <24.9 kg·m ² (n = 15) | 25–29.9 kg·m ² (n = 13) | >30 kg·m ² (n = 7) | p | η ² _p |
| Resting measures | | | | | |
| Age (yr) | 28.3 ± 10.1 | 33.4 ± 8.9 | 31.6 ± 8.8 | 0.362 | 0.062 |
| Height (m) | 1.65 ± 0.05 | 1.65 ± 0.05 | 1.68 ± 0.06 | 0.484 | 0.044 |
| Weight (kg) | 60.9 ± 7.8 | 72.3 ± 3.5 ^{A C} | 104.4 ± 18.4 ^B | <0.001 | 0.751 |
| W:H ratio | 0.74 ± 0.04 | 0.77 ± 0.05 | 0.78 ± 0.04 | 0.065 | 0.166 |
| Trunk fat (kg) | 5.0 ± 2.5 | 8.1 ± 2.2 ^{A C} | 18.7 ± 5.2 ^B | <0.001 | 0.760 |
| Body fat (kg) | 17.6 ± 5.7 | 25.6 ± 4.0 ^{A C} | 51.6 ± 10.2 ^B | <0.001 | 0.798 |
| Body fat (%) | 30.0 ± 7.0 | 36.8 ± 5.3 ^{A C} | 51.2 ± 2.5 ^B | <0.001 | 0.660 |
| LBM (kg) | 40.2 ± 4.3 | 43.9 ± 4.2 | 49.1 ± 8.5 ^A | 0.020 | 0.230 |
| Glucose (mmol·L ⁻¹) | 5.19 ± 0.49 | 5.32 ± 0.44 | 5.50 ± 0.41 | 0.348 | 0.064 |
| Cholesterol (mmol·L ⁻¹) | 4.33 ± 0.72 | 4.38 ± 0.55 | 4.44 ± 1.0 | 0.946 | 0.003 |
| FVC (L) | 3.79 ± 0.39 | 3.81 ± 0.47 | 3.76 ± 0.70 | 0.989 | 0.001 |
| FEV1 (%) | 84.3 ± 6.3 | 83.4 ± 5.9 | 84.1 ± 2.1 | 0.973 | 0.002 |
| Incremental test | | | | | |
| HR (bpm) | 188 ± 9 | 185 ± 7 | 187 ± 7 | 0.451 | 0.049 |
| [La] (mmol·L ⁻¹) | 11.0 ± 1.7 | 9.5 ± 2.1 | 8.4 ± 2.8 ^A | 0.026 | 0.205 |
| VO _{2MAX} (L·min ⁻¹) | 2.34 ± 0.43 | 2.45 ± 0.49 | 2.46 ± 0.46 | 0.791 | 0.015 |
| VO _{2MAX} (ml·kg·min ⁻¹) | 38.2 ± 7.2 | 33.3 ± 5.9 ^D | 23.8 ± 3.7 ^B | <0.001 | 0.451 |
| VE _{MAX} (L·min ⁻¹) | 91.9 ± 13.9 | 93.3 ± 14.5 | 86.9 ± 13.1 | 0.613 | 0.030 |
| RER | 1.17 ± 0.06 | 1.16 ± 0.05 | 1.13 ± 0.08 | 0.397 | 0.056 |

Data are mean ± SD

^A p < 0.05 from BMI <24.9 kg·m²

^B p < 0.001 from BMI <24.9 kg·m²

^C p < 0.001 from BMI >30 kg·m²

^D p < 0.05 from BMI >30 kg·m²

Abbreviations used: W:H (waist-to-hip); LBM (lean body mass); FVC (forced vital capacity); FEV1 (forced expiratory volume in 1 s); HR (heart rate), [La] (blood lactate concentration), VO_{2MAX} (maximum oxygen uptake), VE_{MAX} (maximum minute ventilation), RER (respiratory exchange ratio).

Medidas en reposo de antropometría y espirometría, y medidas máximas cardiorrespiratorias y de lactato sanguíneo durante la prueba incremental hasta el agotamiento, de las participantes clasificadas según grupos por IMC.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242551.t001>

Las participantes acudieron al laboratorio de fisiología del ejercicio de la Universidad de Sunshine Coast inicialmente para un examen adicional de la historia clínica (cuestionarios médicos de salud), medidas de reposo de la función pulmonar mediante espirometría con maniobras de capacidad vital forzada (FVC) y volumen espiratorio forzado (FEV1), y para la evaluación de características antropométricas de los participantes (altura, peso, índice de masa corporal [IMC; peso corporal dividido por la altura al cuadrado], circunferencia de la cadera y la cintura, relación cintura-cadera [W:H]), composición corporal (grasa corporal total y regional, masa corporal magra [LBM], porcentaje de grasa corporal, densidad mineral ósea y contenido mineral óseo mediante de rayos X de energía dual [DEXA; Lunar Prodigy Advance, GE Healthcare, Buckinghamshire, Reino Unido]).

Vista general

Este proyecto de investigación consistió en dos sesiones de prueba, con al menos tres días entre sesiones para minimizar los efectos de la fatiga entre pruebas. Para ambas sesiones, las participantes se reportaron al laboratorio después de un ayuno nocturno de 10 a 12 horas y no más tarde de las 10 am. La glucosa en sangre (Accu-Chek Advantage, Roche Diagnostics, Indianapolis, IN, EE. UU.) y el colesterol (Cholestech LDX, Hayward, CA, EE. UU.), ambos medidos en milimoles por litro (mmol·L⁻¹), fueron recolectados utilizando una pequeña muestra de sangre capilar obtenida de la yema del dedo mientras la participante estaba en ayunas para garantizar que los resultados no se vieran afectados por la ingesta de alimentos. El ejercicio se realizó con una cinta de correr (TMX425C, Trackmaster, Full Vision Inc., Newton, KS).

En la primera sesión, las participantes realizaron una prueba de ejercicio incremental hasta el agotamiento volitivo para determinar las cargas de trabajo asociadas con ~30%, 40%, 50% y 60% del VO₂máx. Después de una caminata de calentamiento de dos minutos a 4 km·h⁻¹ o 6 km·h⁻¹ (según el historial de ejercicio de la participante y las características

físicas), la velocidad se incrementaba cada minuto hasta que la participante señalaba que había alcanzado una velocidad cómoda, después de la cual la pendiente de la cinta se incrementaba en un 1-2% cada minuto hasta la finalización del ejercicio. En la segunda sesión, las participantes realizaron una prueba submáxima graduada con cinco etapas de 3 minutos (línea de base de 4.5 km·h⁻¹ y velocidad de la cinta rodante × cargas de trabajo en pendiente que provocan ~30%, 40%, 50% y 60% del VO₂máx), intercaladas con un breve descanso entre etapas para permitir la medición del lactato sanguíneo. Los resultados de la etapa inicial de ejercicio de referencia se consideran un calentamiento y no se presentan en los resultados. Aunque las etapas de tres minutos pueden sobreestimar ligeramente la oxidación de las grasas [39], se han utilizado en investigaciones anteriores [23,28] y permiten minimizar los efectos de arrastre de la fatiga.

Mediciones

Los índices de esfuerzo percibido (RPE) se determinaron en cada etapa de la prueba submáxima graduada utilizando la escala de Borg lineal de 6-20. La frecuencia cardíaca (FC) se midió durante la prueba incremental y la prueba graduada submáxima a 0.2 Hz utilizando una banda en el pecho (Polar Electro, Kempele, Finlandia). La concentración de lactato en sangre ([La]) se midió en la yema del dedo dos minutos después de la finalización del ejercicio (sesión 1) y después de cada etapa (sesión 2) utilizando un analizador portátil (Arkay, Lactate Pro, Kyoto, Japón).

Para ambas pruebas, la tasa de utilización de oxígeno (VO₂), la producción de dióxido de carbono (VCO₂), la ventilación por minuto (VE) y la relación de intercambio respiratorio (RER = VO₂/VCO₂) se midieron utilizando una válvula de dos vías que evita volver a respirar (serie 2700, Hans-Rudolph, Kansas City, EE. UU.) y un sistema de análisis metabólico de espirometría de circuito abierto automatizado (True One 2400, Parvo Medics, Sandy UT) con datos promediados durante períodos de 15 seg. El valor más alto de VO₂ se utilizó como VO₂máx siempre que se cumplieran dos o más de los siguientes criterios: 1) <2.1 ml·kg⁻¹·min⁻¹ de aumento en el VO₂ al aumentar la carga de trabajo, 2) [La] ≥8 mmol·l⁻¹, 3) FC máxima dentro de 10 lpm de su FC máxima prevista para la edad (basada en 220-edad), y 4) RER > 1.10. Todos los equipos se calibraron inicialmente siguiendo procedimientos estándar.

Para cada intensidad del ejercicio submáximo graduado, se calcularon las tasas absolutas (g·min⁻¹) y relativas (es decir, escaladas para LBM: mg·kg LBM⁻¹·min⁻¹) de oxidación de grasas (OXFAT) y oxidación de carbohidratos (OXCHO) durante los últimos 60 segundos de cada etapa utilizando ecuaciones estequiométricas [40], basándose en la suposición de que la excreción de nitrógeno urinario era insignificante. La OXFAT pico se abrevia como PFO (*peak fat oxidation*) en el siguiente análisis, como es habitual en la literatura específica. Los puntos de 'crossover' [41] para cada grupo se estimaron después de calcular las contribuciones absolutas (kcal·min⁻¹) y relativas (%) de la oxidación de grasa (EEFAT) y la oxidación de carbohidratos (EECHO) al gasto energético total (EE) utilizando factores *Atwater* para las grasas (9 kcal·g⁻¹) y los carbohidratos (4 kcal·g⁻¹).

Análisis estadístico

Los participantes se clasificaron en tres grupos según el IMC (peso normal (NOR) ≤24.9 kg·m²; sobrepeso (OVW) 25-29.9 kg·m²; obesos (OBE) ≥30 kg·m²). Para fines de comparación, las participantes también se agruparon en terciles de porcentaje de grasa corporal. Las tablas de contingencia mostraron una fuerte asociación (p <0.001) entre los dos enfoques y se utilizaron grupos de IMC para los análisis.

Las pruebas estadísticas se realizaron utilizando el paquete estadístico de acceso abierto jamovi [42], con datos expresados como media ±desviación estándar (SD), y el nivel de significación se estableció en p <0.05. Un análisis del tamaño de la muestra a priori reveló que el diseño del estudio podría detectar de manera confiable diferencias significativas entre grupos independientes de n = 7 con tamaños de efecto de moderados a grandes (d >0.5) con una probabilidad mayor que 0.8, asumiendo un criterio de dos lados que permite una tasa máxima de error de tipo I de α = 0.05. Diferencias entre grupos (NOR, OVW, OBE) en características de reposo (antropometría, composición corporal, glucemia y colesterol, espirometría), en medidas cardiorrespiratorias y [La] durante la prueba incremental, en la PFO absoluta y relativa y puntos de crossover durante el test submáximo graduado, se determinaron utilizando un ANOVA de una vía con pruebas *post-hoc* de Bonferroni. El efecto de la intensidad del ejercicio (30%, 40%, 50% y 60%), el grupo de IMC (NOR, OVW, OBE) y su interacción (intensidad × grupo) en el RPE, [La], OXFAT absoluta y relativa se evaluaron utilizando un ANOVA de 2 vías, de medidas repetidas, con pruebas *post-hoc* de Bonferroni. La r de Pearson se utilizó para evaluar las relaciones entre la PFO (absoluta y relativa), la edad, la grasa corporal, la masa corporal magra y el VO₂máx absoluto. Para identificar los principales predictores de la utilización del sustrato, se realizó una regresión lineal múltiple entre la OXFAT absoluta y covariables de edad, grasa corporal, LBM y VO₂máx absoluto. Para los ANOVA, los supuestos de igualdad de varianzas se verificaron inicialmente usando la prueba de Levene, y los supuestos de esfericidad se verificaron usando la W de Mauchly con correcciones de Greenhouse-Geisser si eran significativas. Para las correlaciones, inicialmente se verificaron los supuestos de normalidad. Informamos los tamaños del efecto para los ANOVA mediante el uso de eta-cuadrado parcial (η²_p) interpretado de acuerdo con la escala de Cohen (efecto pequeño: 0.01 < η²_p < 0.06, efecto medio: 0.06 < η²_p < 0.14, y efecto grande: η²_p > 0.14).

Resultados

Todas las participantes completaron los procedimientos del estudio. No hubo diferencias significativas entre los grupos de participantes en edad, altura y función pulmonar (Tabla 1). Las participantes en el grupo OVW se caracterizaron por un mayor peso, grasa corporal y del tronco en comparación con NOR (Tabla 1). Las participantes en el grupo OBE se caracterizaron por un mayor peso, grasa corporal y grasa del tronco en comparación con OVW y NOR, y mayor LBM en comparación con NOR sólo (Tabla 1). Durante la prueba incremental, las participantes en el grupo OBE tenían concentraciones máximas de [La] significativamente más bajas en comparación con NOR, y un VO₂máx relativo significativamente más bajo en comparación con NOR y OVW (Tabla 1). No hubo otras diferencias significativas en el VO₂máx absoluto máximo, VE o FC entre los grupos de participantes (Tabla 1).

La velocidad, gradiente, RPE, [La] en sangre y la OXFAT absoluta y relativa medidas durante cada etapa de la prueba submáxima se proporcionan en la Tabla 2. Hubo un efecto principal significativo y grande del ejercicio sobre el RPE ($p < 0.001$; $\eta^2p = 0.803$), con poco efecto de grupo ($p = 0.799$; $\eta^2p = 0.014$) o efectos de interacción ($p = 0.728$; $\eta^2p = 0.036$). También hubo un efecto principal significativo y grande del ejercicio sobre la [La] ($p < 0.001$; $\eta^2p = 0.490$), con pocos efectos de grupo ($p = 0.560$; $\eta^2p = 0.036$) o de interacción ($p = 0.206$; $\eta^2p = 0.083$). Para la PFO absoluta, no hubo efectos significativos ni del ejercicio ($p = 0.522$; $\eta^2p = 0.026$), ni grupo ($p = 0.124$; $\eta^2p = 0.139$) ni interacción ($p = 0.861$; $\eta^2p = 0.029$). Para la OXFAT relativa, tampoco hubo efectos significativos del ejercicio ($p = 0.765$; $\eta^2p = 0.015$), grupo ($p = 0.162$; $\eta^2p = 0.131$) o interacción ($p = 0.998$; $\eta^2p = 0.006$). La PFO ocurrió al 50%, 40% y 50% para los grupos NOR, OVW y OBE, respectivamente, sin un efecto estadísticamente significativo de grupo para el valor absoluto ($p = 0.113$; $\eta^2p = 0.127$) o medidas relativas ($p = 0.283$; $\eta^2p = 0.081$).

Tabla 2. Respuestas fisiológicas durante la prueba graduada submáxima.

| | Normal <24.9 kg·m ² (n = 15) | Overweight 25–29.9 kg·m ² (n = 13) | Obese >30 kg·m ² (n = 7) |
|---|---|---|---|
| Speed (km·hr⁻¹) | | | |
| 30%VO _{2MAX} | 4.6 ± 1.0 | 4.0 ± 0.8 | 2.9 ± 0.5 |
| 40%VO _{2MAX} | 5.6 ± 0.9 | 5.1 ± 0.8 | 3.7 ± 1.0 |
| 50%VO _{2MAX} | 6.6 ± 1.0 | 6.1 ± 0.9 | 4.9 ± 0.7 |
| 60%VO _{2MAX} | 7.5 ± 1.2 | 6.9 ± 0.7 | 5.7 ± 0.6 |
| Gradient (%) | | | |
| 30%VO _{2MAX} | 0.5 ± 0 | 0.5 ± 0 | 0.5 ± 0 |
| 40%VO _{2MAX} | 0.5 ± 0 | 0.5 ± 0 | 0.5 ± 0 |
| 50%VO _{2MAX} | 0.7 ± 0.5 | 0.5 ± 0 | 0.5 ± 0 |
| 60%VO _{2MAX} | 1.1 ± 1.4 | 1.0 ± 0.9 | 0.5 ± 0 |
| RPE | | | |
| 30%VO _{2MAX} | 7.2 ± 1.4 | 7.3 ± 1.8 | 6.1 ± 0.4 |
| 40%VO _{2MAX} | 9.0 ± 2.2 | 9.3 ± 2.0 | 8.3 ± 1.9 |
| 50%VO _{2MAX} | 11.0 ± 2.0 | 11.1 ± 2.1 | 10.9 ± 2.4 |
| 60%VO _{2MAX} | 12.7 ± 2.2 | 12.9 ± 2.4 | 13.5 ± 1.4 |
| [La] (mmol·L⁻¹) | | | |
| 30%VO _{2MAX} | 1.3 ± 0.3 | 1.3 ± 0.4 | 1.5 ± 0.7 |
| 40%VO _{2MAX} | 1.4 ± 0.4 | 1.4 ± 0.4 | 1.5 ± 0.7 |
| 50%VO _{2MAX} | 2.0 ± 0.6 | 1.6 ± 0.6 | 1.7 ± 1.0 |
| 60%VO _{2MAX} | 2.9 ± 0.9 | 2.5 ± 1.0 | 2.2 ± 1.3 |
| OX_{FAT} (g·min⁻¹) | | | |
| 30%VO _{2MAX} | 0.301 ± 0.093 | 0.262 ± 0.093 | 0.322 ± 0.103 |
| 40%VO _{2MAX} | 0.312 ± 0.103 | 0.272 ± 0.106 | 0.359 ± 0.072 |
| 50%VO _{2MAX} | 0.319 ± 0.087 | 0.254 ± 0.133 | 0.387 ± 0.032 |
| 60%VO _{2MAX} | 0.298 ± 0.145 | 0.258 ± 0.206 | 0.379 ± 0.112 |
| OX_{FAT} (mg·kg LBM⁻¹·min⁻¹) | | | |
| 30%VO _{2MAX} | 7.41 ± 2.08 | 5.94 ± 2.00 | 6.69 ± 1.86 |
| 40%VO _{2MAX} | 7.71 ± 2.49 | 6.20 ± 2.17 | 7.28 ± 1.67 |
| 50%VO _{2MAX} | 7.86 ± 1.91 | 5.60 ± 2.90 | 8.25 ± 1.73 |
| 60%VO _{2MAX} | 6.84 ± 3.75 | 5.90 ± 4.42 | 8.05 ± 2.11 |

Data is displayed as mean ± SD

Abbreviations used: RPE (ratings of perceived exertion), [La] (blood lactate concentration), OX_{FAT} (fat oxidation), EE_{FAT} (relative contribution of fat oxidation to total energy expenditure)

Velocidad, gradiente, calificaciones de esfuerzo percibido, concentración de lactato en sangre y oxidación de sustrato absoluta y relativa de las participantes clasificadas según grupos de IMC.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242551.t002>

Se presentan los gastos energéticos EE_{FAT} y EE_{CHO} absolutos (kcal·min⁻¹) y relativos (%) (Fig. 1). Se estimó que el punto 'crossover' se produjo en 50.6±6.8%, 48.3±8.2% y 55.1±8.2% del VO₂máx para los grupos NOR, OVW y OBE, respectivamente, sin diferencias estadísticamente significativas entre los grupos (p = 0.226; η₂p = 0.108).

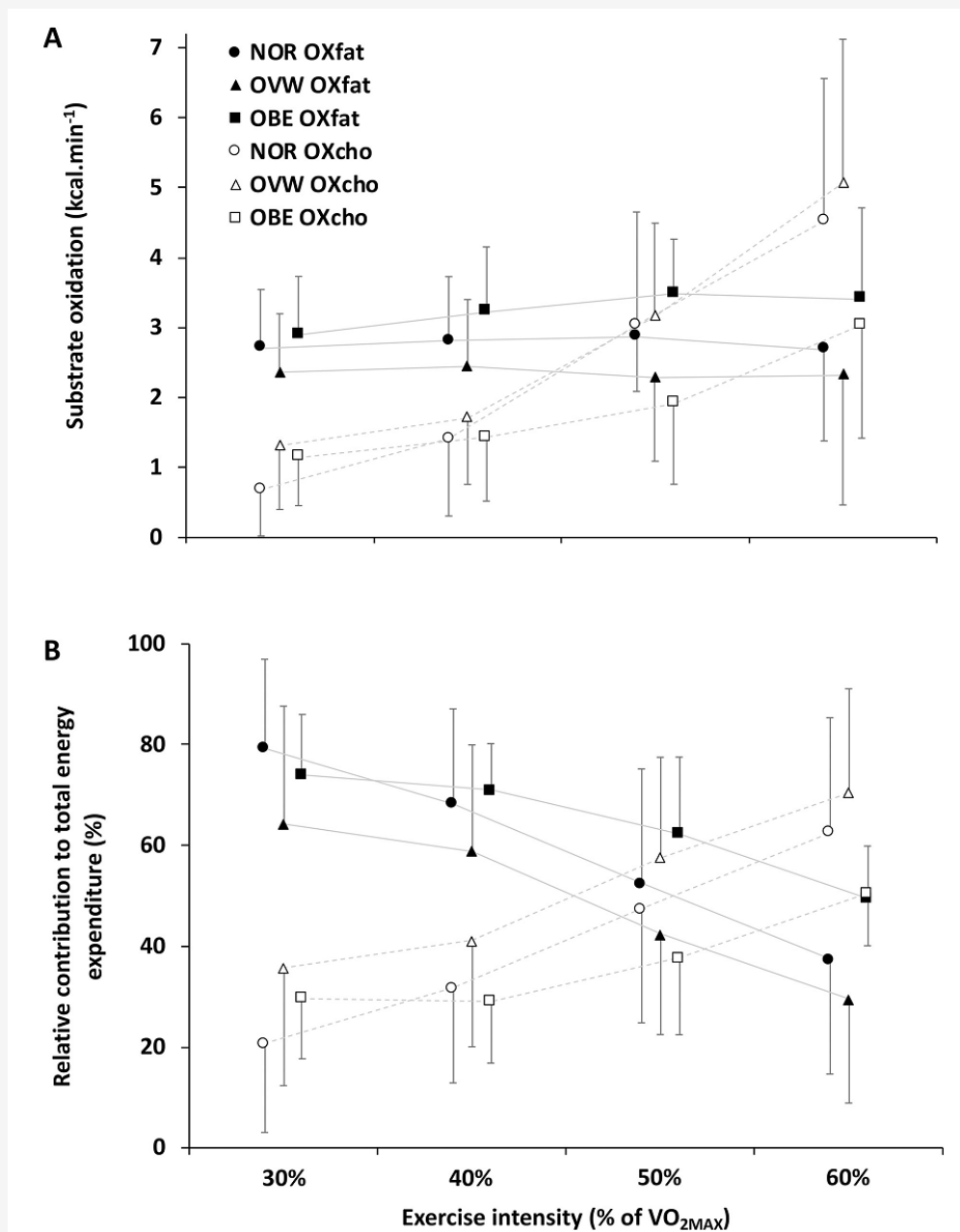


Figura 1. Oxidación de sustrato y gasto energético.

Oxidación absoluta del sustrato (panel A) y contribuciones relativas al gasto energético total (panel B) para la oxidación de grasas (OXFAT) y carbohidratos (OXCHO) durante la prueba graduada submáxima de participantes clasificadas según grupos de IMC (NOR <24.9 kg·m²; OVW = 25–29.9 kg·m²; OBE >30 kg·m²).

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242551.g001>

Para la PFO absoluta, las correlaciones fueron estadísticamente significativas con el VO₂máx absoluto ($r = 0.490$; $p < 0.001$) y la LBM ($r = 0.374$; $p = 0.032$), pero no con la edad ($r = -0.162$; $p = 0.353$) y la masa grasa ($r = 0.190$; $p = 0.290$). Para la PFO relativa, las correlaciones no fueron estadísticamente significativas con el VO₂máx absoluto ($r = 0.219$; $p = 0.221$), la edad ($r = -0.172$; $p = 0.339$), LBM ($r = -0.047$; $p = 0.797$) y masa grasa ($r = -0.049$; $p = 0.785$). También se observaron relaciones significativas entre la edad y el VO₂máx absoluto ($r = -0.409$; $p = 0.015$) y la grasa corporal ($r = -0.791$; $p < 0.001$). La regresión lineal múltiple para el pico absoluto de la OXFAT con las covariables de VO₂máx absoluto (estimación estandarizada [EE] = 0.588; $p = 0.039$), edad (EE = 0.006; $p = 0.997$), grasa corporal (EE = -0.158; $p = 0.615$) y LBM (EE = 0.291; $p = 0.228$) no fue significativa ($p = 0.905$; $r = 0.529$, $R^2 = 0.280$).

Discusión

El objetivo de este estudio fue comparar la utilización de sustrato durante el ejercicio submáximo en cinta rodante en

mujeres clasificadas por su IMC como normal, con sobrepeso y obesidad. El principal hallazgo de este proyecto fue que no hubo diferencias en la oxidación de grasas en 35 mujeres de IMC normal, con sobrepeso y obesas, de entre 18 y 50 años, sin condiciones de salud subyacentes.

De acuerdo con la literatura previa [23], observamos una variación interindividual muy grande en las tasas de oxidación de sustrato (tanto absoluta como relativa a la masa corporal magra) independientemente de la composición corporal en un ejercicio graduado que oscila entre el 30 y el 60% de la capacidad aeróbica máxima. Si bien ningún estudio previo ha comparado específicamente la PFO entre mujeres normales, con sobrepeso y obesas de 18 a 50 años de edad, nuestros resultados son consistentes con las tasas de oxidación de grasas absolutas [11,38] y relativas [23] observadas en grupos similares de participantes de forma independiente. De manera similar, la oxidación de sustrato en relación con el gasto energético total no fue diferente entre los grupos de IMC, aunque con una importante variabilidad interindividual. Además, mientras que la contribución relativa de la oxidación de las grasas al gasto energético total disminuyó después del 50% en todos los grupos, la oxidación absoluta de las grasas no se vio afectada por la intensidad del ejercicio, incluso al 60%.

Una fortaleza significativa del estudio actual es la evaluación de la composición corporal usando la metodología DEXA para garantizar que todos los participantes se agruparan adecuadamente en la categoría de IMC correcta: mientras que la edad y la altura promedio de cada categoría de IMC no fueron diferentes entre los grupos, el peso fue significativamente mayor en OVW en comparación a NOR, y mayor en OBE en comparación con OVW. De acuerdo con investigaciones previas [11], también medimos mayor grasa corporal (absoluta y relativa) en OBE en comparación con NOR, y en OVW en comparación con NOR. También medimos una mayor cantidad de grasa en el tronco en OBE en comparación con NOR, y en OVW en comparación con NOR, aunque la relación W:H no fue significativamente diferente entre los grupos. Es importante destacar que tanto la grasa corporal como la grasa del tronco están asociadas con un mayor riesgo de que las personas desarrollen más problemas de salud como el síndrome metabólico y las enfermedades cardiovasculares [13].

En este estudio, las regresiones lineales simples indican que los principales determinantes de la PFO absoluta fueron el $VO_{2\text{máx}}$ y la LBM, aunque el modelo de regresión no alcanzó significación. Si bien el $VO_{2\text{máx}}$ se correlacionó negativamente con la edad y la grasa corporal, no encontramos que la edad sea un predictor significativo de la OXFAT durante el ejercicio, lo que podría diferir de las conclusiones extraídas de la OXFAT medida en reposo [43].

Tampoco medimos diferencias entre los grupos en la glucosa en sangre y el colesterol en reposo, o diferencias entre los grupos en la concentración de lactato en sangre o en las calificaciones del esfuerzo percibido durante el ejercicio en cinta ergométrica graduada, a pesar de las diferencias en el $VO_{2\text{máx}}$ relativo y la concentración de lactato durante la prueba incremental. Como tal, nuestros resultados confirman que el ejercicio fue verdaderamente submáximo, y son consistentes con la literatura reciente que ha determinado que el fitness aeróbico (aquí representado como $VO_{2\text{máx}}$) contribuye en mayor medida a la PFO que la ingesta dietética [44].

Por lo tanto, los hallazgos del estudio actual están de acuerdo con una serie de publicaciones existentes que subrayan que existen marcadas variaciones interindividuales en la oxidación de grasas entre mujeres sanas de diferente composición corporal, y que se establece un perfil de oxidación de sustrato por aumento del número de intensidades de ejercicio probadas, sin modificar los resultados esperados que se pueden inferir de la literatura. Además, existían correlaciones de baja potencia entre la oxidación de grasas y los predictores típicos del fitness cardiorrespiratorio. Por último, la intensidad del ejercicio no influyó significativamente en la oxidación de las grasas y, por lo tanto, la prescripción del ejercicio debe individualizarse y probablemente basarse en consideraciones distintas de la oxidación de sustrato (al menos durante el ejercicio submáximo). Como tal, la popularidad del ejercicio en intervalos de alta intensidad proporciona vías interesantes para futuras investigaciones sobre la oxidación de sustrato como una función de la composición corporal, especialmente considerando el efecto de la intensidad del ejercicio en el consumo de energía y la termogénesis después del ejercicio.

Es importante señalar que nuestro estudio tuvo cuatro limitaciones principales. La primera limitación es que la fase menstrual no se tuvo en cuenta en la presente investigación; sin embargo, todas las participantes debían tener una menstruación regular y no presentar ningún síntoma que sugiriera la menopausia. La fase menstrual es un tema polémico con respecto a la utilización de sustrato, con hallazgos contradictorios que se informan a lo largo de la literatura y deben investigarse más a fondo. La segunda limitación es que el grupo de IMC obeso contó con sólo 7 mujeres en el estudio actual, lo que podría haber mitigado la verdadera varianza de la población. Sin embargo, las variaciones interindividuales fueron similares en los tres grupos de IMC que representan 35 mujeres en total, y medimos una alta asociación entre los grupos de IMC y las participantes agrupadas por terciles de masa corporal. Por tanto, y de acuerdo con estudios previos que utilizaron tasas de trabajo constantes en grupos independientes, es poco probable que el aumento de nuestro grupo de participantes hubiera afectado nuestro principal hallazgo. En tercer lugar, la prueba submáxima graduada utilizó una etapa de calentamiento seguida de etapas consecutivas de dificultad creciente como ejercicios de preparación para alcanzar el estado estable lo más rápido posible. Aunque mitigamos el riesgo de arrastre de la fatiga entre las etapas al incluir un período de descanso entre cada etapa (todos inferiores a 2 minutos), es posible que las etapas posteriores se vieran afectadas por la fatiga inducida por el ejercicio. Además, existe evidencia de que las pruebas de 3 minutos pueden

ser demasiado cortas en participantes muy sedentarios para establecer una medida confiable de oxidación de grasas [39]. No obstante, la prueba graduada fue tolerada por todas las participantes, realizada a intensidades verdaderamente submáximas, y todos nuestros resultados son consistentes con la literatura previa. Aún así, las etapas de intensidad aleatorias pueden ser una adición útil para estudios futuros que utilicen pruebas graduadas para propósitos similares. Por último, no controlamos cuantitativamente la dieta habitual y la actividad física antes de la prueba submáxima, que son factores que se sabe que afectan las medidas de la contribución de los macronutrientes al gasto energético total en cierta medida [12].

Conclusiones

De acuerdo con la literatura, este estudio informa que no hubo diferencias en la oxidación de grasas (absoluta y relativa a la masa corporal magra) durante el ejercicio submáximo realizado en ayunas en mujeres que difieren en la composición corporal, con un pico de oxidación de grasas que ocurre al 40-50% y un punto de crossover estimado en 48-55% del VO₂máx. Por lo tanto, las intensidades específicas del ejercicio no están influenciadas por la composición corporal y nuestros hallazgos no apoyan la hipótesis de la oxidación de grasas. La prescripción adecuada de ejercicio debe enfatizar la individualización de las respuestas de las pruebas y probablemente debe basarse en consideraciones distintas a la oxidación de sustrato para un control eficiente del peso.

Información de respaldo

S1 Dataset. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12783347.v1>.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242551.s001>

S1 Cuestionarios. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.13043009.v1>.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242551.s002>

Disponibilidad de datos: Los datos subyacentes a los resultados presentados en el estudio están disponibles en la siguiente dirección: doi.org/10.6084/m9.figshare.12783347.v1
doi.org/10.6084/m9.figshare.13043009.v1.

Financiamiento: Este estudio no ha recibido financiamiento específico.

Intereses en competencia: los autores han declarado que no existen intereses en competencia.

REFERENCIAS

1. Similares Tasas de Oxidación de Grasas Durante el Ejercicio Submáximo Gradual en Mujeres de Diferente Composición Corporal. (2020). Para ver las referencias bibliográficas remitirse al artículo original: <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0242551>

Cita Original

Kerhervé HA, Harvey LM, Eagles AN, McLellan C, Lovell D (2020) Similar rates of fat oxidation during graded submaximal exercise in women of different body composition. PLoS ONE 15(11): e0242551. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0242551>

Versión Digital