



## Eficiencia metabólica y demanda cardiovascular: análisis comparativo entre Yoga y HIIT en varones de mediana edad

*Metabolic efficiency and cardiovascular demand: a comparative analysis between yoga and HIIT in middle-aged men*

### Autores

Gustavo Saúl Escobar Vadivieso <sup>1,2</sup>  
 Sheyla Elizabeth Villacrés Caicedo <sup>1</sup>  
 Carlos Magno Palma Cabrera <sup>1</sup>  
 Abigail Elena Burbano Lajones <sup>1</sup>  
 José Antonio Valle Flores <sup>1</sup>  
 María Magdalena Rosado Alvarez <sup>2</sup>  
 Yadira del Rocío Bello Tomalá <sup>1</sup>  
 Joffre Marcelo Ramírez Franco <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (Ecuador)

<sup>2</sup> Universidad de Guayaquil (Ecuador)

Autor de correspondencia:  
 Gustavo Saúl Escobar Vadivieso  
[gustavo.escobar@cu.ucsg.edu.ec](mailto:gustavo.escobar@cu.ucsg.edu.ec)

Recibido: 15-01-26  
 Aceptado: 24-02-26

### Cómo citar en APA

Escobar Vadivieso, G. S., Villacrés Caicedo, S. E., Palma Cabrera, C. M., Burbano Lajones, A. E., Valle Flores, J. A., Rosado Alvarez, M. M., Bello Tomalá, Y. del R., & Ramírez Franco, J. M. (2026). Eficiencia metabólica y demanda cardiovascular: análisis comparativo entre Yoga y HIIT en varones de mediana edad. *Retos*, 78, 412-423. <https://doi.org/10.47197/retos.v78.118579>

### Resumen

**Introducción:** La identificación de modalidades de ejercicio sostenibles que igualen los beneficios cardiovasculares del Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad (HIIT) es un desafío actual para mejorar la adherencia a la actividad física.

**Objetivo:** Comparar la respuesta hemodinámica y la eficiencia metabólica (kcal/h) entre sesiones autogestionadas de HIIT y Yoga dinámico en varones de mediana edad físicamente activos. **Metodología:** Estudio observacional transversal en 153 adultos (Yoga  $n = 86$ ; HIIT  $n = 67$ ). Las respuestas agudas se cuantificaron en un entorno ecológico mediante relojes inteligentes con sensores ópticos. Se aplicó la prueba  $t$  de Welch, la  $g$  de Hedges y un modelo de regresión lineal múltiple con término de interacción.

**Resultados:** No se halló evidencia de diferencias estadísticamente significativas en la eficiencia metabólica (721.02 vs. 735.92 kcal/h;  $p = 0.221$ ) ni en la frecuencia cardíaca media (143.51 vs. 145.58 lpm;  $p = 0.371$ ), con tamaños del efecto triviales. La fuerte correlación ( $r > 0.90$ ) entre frecuencia cardíaca y gasto calórico evidenció un artefacto circular inherente a los algoritmos predictivos de los dispositivos, sin interacción por modalidad ( $p = 0.586$ ).

**Discusión:** Los hallazgos desafían la clasificación tradicional del Yoga como actividad de baja intensidad, ubicando a los estilos dinámicos en rangos de exigencia cardiovascular comparables durante su práctica autogestionada.

**Conclusiones:** Bajo condiciones ecológicas, el Yoga dinámico presentó una demanda cardiometabólica aguda estadísticamente similar al HIIT. Representa un estímulo metabólico relevante y una alternativa viable de menor impacto mecánico, requiriendo futuros ensayos experimentales para confirmar adaptaciones crónicas.

### Palabras clave

Entrenamiento de intervalos de alta intensidad; frecuencia cardíaca; metabolismo energético; persona de mediana edad; yoga.

### Abstract

**Introduction:** Identifying sustainable exercise modalities that match the cardiovascular benefits of High-Intensity Interval Training (HIIT) is a current challenge to improve adherence to physical activity.

**Objective:** To compare the hemodynamic response and metabolic efficiency (kcal/h) between self-managed sessions of HIIT and dynamic Yoga in physically active middle-aged men.

**Methodology:** A cross-sectional observational study was conducted on 153 adults (Yoga  $n = 86$ ; HIIT  $n = 67$ ). Acute responses were quantified in an ecological environment using smartwatches with optical sensors. Welch's  $t$ -test, Hedges'  $g$ , and a multiple linear regression model with an interaction term were applied.

**Results:** No evidence of statistically significant differences was found in metabolic efficiency (721.02 vs. 735.92 kcal/h;  $p = 0.221$ ) or mean heart rate (143.51 vs. 145.58 bpm;  $p = 0.371$ ), with trivial effect sizes. The strong correlation ( $r > 0.90$ ) between heart rate and caloric expenditure evidenced a circular artifact inherent to the devices' predictive algorithms, with no interaction by modality ( $p = 0.586$ ).

**Discussion:** The findings challenge the traditional classification of Yoga as a low-intensity activity, placing dynamic styles in comparable ranges of cardiovascular demand during self-managed practice.

**Conclusions:** Under ecological conditions, dynamic Yoga presented an acute cardiometabolic demand statistically similar to HIIT. It represents a relevant metabolic stimulus and a viable alternative with lower mechanical impact, requiring future experimental trials to confirm chronic adaptations.

### Keywords

Energy metabolism; heart rate; high-intensity interval training; middle aged; yoga.

## Introducción

En la actualidad, uno de los desafíos prioritarios en salud pública es la identificación de estrategias de ejercicio que maximicen el beneficio fisiológico optimizando el tiempo de ejecución. Bajo este criterio, el Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad (HIIT) se ha consolidado como un estándar de referencia por su eficiencia metabólica. La evidencia más reciente confirma que el HIIT no solo mejora la calidad de vida y la salud cardiovascular en adultos (Sert et al., 2025), sino que también induce adaptaciones circulatorias positivas incluso en poblaciones previamente sedentarias (Li & Dong, 2025). Asimismo, al compararlo con el entrenamiento continuo de intensidad moderada, el HIIT ha demostrado ser superior para optimizar la aptitud física general (Oliveira et al., 2024) y reducir la presión arterial (Carpes et al., 2022). Síntesis contemporáneas reportan que su impacto hemodinámico tiene alta relevancia clínica, reforzando la pertinencia de incluir este tipo de desenlaces en comparaciones entre modalidades (Romero-Vera et al., 2024). Específicamente en varones de mediana edad, esta modalidad ha probado ser eficaz para modular perfiles inflamatorios y mitigar el daño muscular (Rohnejad & Monazzami, 2023).

Sin embargo, la elevada demanda mecánica del HIIT puede comprometer la adherencia a largo plazo, lo que ha renovado el interés científico en modalidades más sostenibles. Históricamente categorizado como una actividad de baja intensidad, estudios contemporáneos han redefinido el impacto real del yoga en la fisiología cardiovascular (Geiger et al., 2025; Isath et al., 2023). No obstante, para establecer una comparación fisiológica válida frente al HIIT, resulta imperativo abandonar el uso del término "Yoga" como un constructo homogéneo. Para alinear la base teórica con el diseño empírico, la presente investigación delimita operativamente esta disciplina a estilos dinámicos (predominantemente secuencias fluidas de Vinyasa o Power Yoga de alta demanda metabólica), excluyendo variantes estáticas o meditativas. Investigaciones recientes demuestran que estas secuencias dinámicas pueden elevar la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno a rangos compatibles con intensidades moderadas e incluso vigorosas (Cheruka et al., 2023; Thrower et al., 2023), desafiando la noción de que constituyen un estímulo exclusivamente pasivo.

Para establecer comparaciones cuantitativas precisas entre ambas modalidades en entornos reales, la integración de relojes inteligentes con sensores ópticos permite un monitoreo fisiológico con alta validez ecológica (Petek et al., 2023). Aunque revisiones recientes de tipo umbrella review (Doherty et al., 2024) y metaanálisis específicos (Lambe et al., 2026) respaldan la precisión clínica de estos dispositivos para la monitorización de la frecuencia cardíaca, también advierten sobre la variabilidad inherente a los algoritmos predictivos del gasto energético y la influencia de factores como el tono de piel (Koerber et al., 2023), lo que exige transparencia metodológica en su interpretación.

Para garantizar la pertinencia del estudio y fundamentar la carencia de literatura comparativa directa, se ejecutó una búsqueda exploratoria estructurada en las bases de datos PubMed, Scopus y Google Scholar (hasta diciembre de 2025). Se emplearon los descriptores booleanos: ("yoga" OR "vinyasa" OR "dynamic yoga") AND ("HIIT" OR "high-intensity interval training") AND ("energy expenditure" OR "metabolic cost" OR "caloric expenditure" OR "gasto energético") AND ("men" OR "male" OR "middle-aged"). El mapeo de la literatura reveló que la evidencia que contrasta simultáneamente la eficiencia metabólica (kcal/h) y la respuesta hemodinámica entre Yoga dinámico y HIIT, bajo condiciones ecológicas y en cohortes masculinas específicas, es fragmentada y mayoritariamente indirecta (véase Tabla 1). A partir de este vacío en la literatura, se definió la necesidad de restringir la muestra exclusivamente a varones de mediana edad. Esta decisión metodológica a priori responde a la urgencia de controlar la heterogeneidad biológica en diseños observacionales. La literatura evidencia diferencias significativas por sexo en las adaptaciones cardiovasculares periféricas y en la hemodinámica del esfuerzo (Cotie et al., 2025; Petek et al., 2023). Al focalizar el estudio en una cohorte masculina, se aísla analíticamente la variable de la modalidad de entrenamiento, maximizando la validez interna de la comparación.

Con todo lo anteriormente mencionado, el objetivo del presente estudio fue comparar la respuesta hemodinámica y la eficiencia metabólica (kcal/h) entre el entrenamiento HIIT y el Yoga dinámico (estilos fluidos tipo Vinyasa) en varones de mediana edad físicamente activos, utilizando telemetría en condiciones ecológicas. Esta aproximación busca aportar evidencia aplicada para determinar si la práctica predominante de estilos dinámicos de yoga induce una carga fisiológica comparable a la del HIIT en una población donde la optimización del tiempo y la sostenibilidad condicionan la adherencia al ejercicio.



Tabla 1. Síntesis de la evidencia utilizada para contextualizar el HIIT, el Yoga dinámico y la viabilidad de la telemetría ecológica

Autor y año	Enfoque principal del estudio	VARIABLES CLAVES analizadas	Diseño / Tipo de evidencia	Aporte metodológico a la presente investigación
Carpes et al. (2022)	Efecto del HIIT sobre la presión arterial en adultos mayores.	Presión arterial.	Revisión sistemática / Metaanálisis.	Establece al HIIT como parámetro de referencia para adaptaciones hemodinámicas.
Cheruka et al. (2023)	Respuestas fisiológicas en diferentes secuencias de Vinyasa.	VO <sub>2</sub> y frecuencia cardíaca.	Estudio original.	Demuestra la plausibilidad de alcanzar intensidades moderadas-vigorosas en yoga dinámico.
Cotie et al. (2025)	Diferencias por sexo en adaptaciones cardiovasculares al ejercicio aeróbico.	Adaptaciones cardiovasculares.	Revisión sistemática / Metaanálisis.	Justifica la decisión de restringir la muestra a varones para aislar sesgos biológicos.
Doherty et al. (2024)	Exactitud de relojes inteligentes de consumo para métricas fisiológicas.	Precisión por métrica / dispositivo.	<i>Umbrella review</i> .	Respaldar la validez global de la telemetría, advirtiendo sobre la variabilidad algorítmica.
Geiger et al. (2025)	Impacto del yoga en el control de prehipertensión e hipertensión.	Presión arterial.	Revisión sistemática / Metaanálisis.	Confirma la relevancia clínica de las adaptaciones hemodinámicas inducidas por el yoga.
Isath et al. (2023)	Práctica de yoga y factores de riesgo cardiovascular.	Riesgo cardiovascular (incluye PA).	Metaanálisis.	Enmarca el impacto cardiometabólico integral del yoga a mediano plazo.
Koerber et al. (2023)	Precisión en la medición de FC en <i>wearables</i> según tono de piel.	Frecuencia cardíaca.	Revisión sistemática.	Contextualiza las posibles fuentes de variabilidad óptica en la recolección de datos ecológicos.
Lambe et al. (2026)	Validación de Apple Watch en múltiples métricas de salud.	Precisión por métrica (incluye EE).	Revisión sistemática / Metaanálisis.	Respaldar el uso del sensor óptico pero exige cautela analítica frente al gasto energético estimado.
Li & Dong (2025)	HIIT e indicadores circulatorios en población previamente sedentaria.	Indicadores circulatorios.	Revisión sistemática / Metaanálisis.	Justifica el uso de la respuesta hemodinámica como variable primaria de contraste.
Oliveira et al. (2024)	HIIT vs. entrenamiento continuo moderado en adultos mayores.	Aptitud física y marcadores de salud.	Revisión sistemática / Metaanálisis.	Refuerza la superioridad metabólica del HIIT como grupo comparador estándar.
Petek et al. (2023)	Utilidad y limitaciones de los <i>smartwatches</i> en medicina cardiovascular.	Métricas cardíacas operativas.	Revisión narrativa (Estado del arte).	Fundamenta la viabilidad de utilizar diseños ecológicos para recolectar datos en vida real.
Rohnejad & Monazzami (2023)	Respuestas al HIIT en varones de mediana edad con sobrepeso.	Inflamación y daño muscular agudo.	Estudio original.	Demuestra la pertinencia y factibilidad de estudiar los impactos agudos del HIIT en esta demografía.
Romero-Vera et al. (2024)	Eficacia del HIIT sobre la presión arterial sistólica y diastólica.	PAS y PAD.	Revisión sistemática / Metaanálisis.	Refuerza la inclusión de marcadores hemodinámicos como <i>outcomes</i> críticos de salud.
Sert et al. (2025)	HIIT, salud cardiometabólica y calidad de vida.	Marcadores cardiometabólicos.	Revisión sistemática / Metaanálisis.	Sustenta el valor integral del HIIT como estrategia preventiva.
Thrower et al. (2023)	Respuesta hemodinámica y autonómica tras sesión aguda de Vinyasa.	Presión arterial y variabilidad FC.	Estudio experimental agudo.	Provee evidencia directa de una carga cardiovascular mensurable y exigente durante el Vinyasa.

Nota: Esta síntesis bibliográfica fundamenta que la literatura que compara empíricamente el Yoga dinámico frente al HIIT (bajo el mismo protocolo observacional y focalizado en varones) es escaso, justificando el objetivo y las decisiones metodológicas de la presente investigación.

## Método

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo con un diseño observacional transversal y propósito comparativo-correlacional. La investigación se centró en evaluar y comparar la eficiencia metabólica (kcal/h) y la respuesta hemodinámica entre dos modalidades de ejercicio (Yoga y HIIT) en un entorno ecológico, preservando las condiciones habituales de práctica de los participantes. Dado el carácter observacional del diseño, la pertenencia al grupo respondió exclusivamente a la modalidad de entrenamiento predominante (autoselección) y no a una asignación experimental. Al privilegiar esta validez ecológica para capturar el comportamiento natural, se asumieron limitaciones metodológicas inherentes: no se estandarizaron los protocolos intra-sesión (duración exacta, intensidad prescrita, repeticiones en HIIT o secuencias en Yoga) ni se controlaron prospectivamente variables confusoras externas (calidad del sueño, ingesta calórica, nivel de estrés o experiencia previa). Por ello, el diseño evalúa las respuestas frente a los esfuerzos subjetivos autogestionados en condiciones de la vida real, reconociendo que no posee el alcance para establecer relaciones causales ni una equivalencia fisiológica estricta.



Para asegurar la representatividad operativa del muestreo y contextualizar el entorno, la caracterización de la población se fundamentó en antecedentes regionales sobre perfiles de actividad física en adultos (Valle Flores et al., 2025). Para garantizar la validez interna en la adquisición de señales fisiológicas mediante fotopletimografía (PPG) en condiciones de movimiento, se aplicaron criterios de calidad de señal y procesamiento alineados con buenas prácticas de mediciones biomédicas no invasivas (Charlton et al., 2022). Dado el uso de relojes inteligentes con sensores ópticos para la recolección de datos, el diseño asumió la variabilidad técnica inherente a los entornos de vida real, sustentándose en revisiones sistemáticas vivas (living reviews) que respaldan la precisión clínica de estos dispositivos para la monitorización de salud (Lambe et al., 2026).

### **Consideraciones éticas**

El protocolo se alineó con los principios éticos de la Declaración de Helsinki. Al tratarse de un estudio observacional no invasivo, fundamentado en antropometría y bioimpedancia sin intervención sobre las rutinas de entrenamiento, se obtuvo el consentimiento informado voluntario de los participantes y el aval administrativo de las instituciones deportivas para el uso de sus instalaciones y el acceso a registros desvinculados. La confidencialidad y el anonimato se garantizaron desde el inicio mediante la anonimización previa al procesamiento estadístico, asegurando el acceso restringido a la base de datos depurada únicamente por parte del equipo de investigación para fines académicos.

### **Participantes**

La muestra estuvo conformada por 153 varones adultos, seleccionados mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia en tres centros de acondicionamiento físico. Los participantes fueron asignados a dos grupos según su modalidad de entrenamiento predominante: Yoga (n = 86) y HIIT (n = 67). La restricción por sexo se definió a priori para reducir la heterogeneidad biológica en las respuestas cardiovasculares y mejorar la comparabilidad entre grupos en este diseño observacional (Cotie et al., 2025; Petek et al., 2023).

Los criterios de inclusión abarcaron: tener una edad comprendida entre 35 y 60 años, mantener una frecuencia de entrenamiento regular de al menos tres sesiones semanales durante los últimos seis meses, y ser usuario habitual de un reloj inteligente con sensores ópticos para el registro de las sesiones. Se excluyeron aquellos sujetos con datos incompletos en la telemetría cardíaca de la sesión índice o con diagnósticos cardiovasculares que pudieran alterar la respuesta cronotrópica basal.

Para justificar el tamaño de la muestra frente al diseño comparativo, un análisis de sensibilidad determinó que el tamaño muestral total (N = 153), con la distribución asimétrica de los grupos, proporciona una potencia estadística del 80% ( $1 - \beta = 0.80$ ) para detectar un tamaño del efecto de  $d = 0.46$ , asumiendo un nivel de significancia alfa bicaudal de 0.05. Este cálculo metodológico confirma que la muestra posee la capacidad suficiente para identificar discrepancias fisiológicas moderadas entre ambas modalidades, en caso de existir.

### **Procedimiento**

La recolección de datos se realizó entre julio y septiembre de 2025 en condiciones de rutina habitual para preservar la validez ecológica. Los participantes facilitaron el acceso a los reportes consolidados a través de las aplicaciones móviles vinculadas a sus dispositivos. Dado el diseño ecológico, la sistematización metodológica se limitó a la selección de una "sesión índice" por sujeto, definida como una sesión típica autorreportada y representativa de su esfuerzo subjetivo y carga semanal. De esta sesión autogestionada se extrajo el registro completo de: duración, frecuencia cardíaca media y pico, y gasto calórico total. Se verificó la consistencia del registro de frecuencia cardíaca (incluida la continuidad del trazado durante transiciones de intensidad) para asegurar la integridad de los datos fisiológicos en estados transitorios característicos del HIIT y secuencias dinámicas de yoga, siguiendo validaciones recientes para monitorización en vida real (Van Oost et al., 2025).

Las variables antropométricas básicas (peso, talla) se obtuvieron mediante evaluación directa en los centros deportivos, permitiendo el cálculo del Índice de Masa Corporal (IMC). Adicionalmente, el porcentaje de grasa corporal se determinó mediante análisis de bioimpedancia eléctrica segmental multi-frecuencia (BIA) aplicada en condiciones uniformes de hidratación y horario, reduciendo la variabilidad fisiológica. A partir de los registros de la sesión índice se extrajeron la duración (h), frecuencia cardíaca



media y pico (lpm), y gasto calórico total (kcal). De estos datos se derivó la variable "Eficiencia Metabólica", calculada como la tasa de gasto energético relativo al tiempo (kcal/h).

### Instrumento

Las mediciones antropométricas se realizaron con una báscula digital Seca 874 (resolución 50–100 g) y un estadiómetro Seca 213 (resolución 1 mm). La toma de medidas siguió procedimientos de estandarización para minimizar la variabilidad técnica (plano de Frankfurt, calibración previa), conforme a las recomendaciones metodológicas para la evaluación de la composición corporal en contextos deportivos (Kobel et al., 2022). Con estas mediciones se calculó el IMC como peso/talla<sup>2</sup> (kg/m<sup>2</sup>).

La carga interna y el gasto energético se cuantificaron mediante relojes inteligentes con sensores ópticos validados (predominantemente Apple Watch Series). A pesar de la heterogeneidad de marcas y modelos, la literatura reciente señala que, cuando se utilizan bajo condiciones estables, ofrecen una precisión aceptable para estimar la frecuencia cardíaca en ejercicios de intensidad moderada y vigorosa, y para describir variaciones asociadas a la carga interna y al entorno de entrenamiento en población físicamente activa (Mun et al., 2024). No obstante, la diversidad de algoritmos propietarios de los fabricantes se reconoce como una limitación metodológica que introduce variabilidad en las estimaciones. Es imperativo precisar que estos dispositivos calculan el gasto calórico utilizando la frecuencia cardíaca del usuario como parámetro predictivo primario; por consiguiente, cualquier evaluación analítica de la asociación entre ambas variables se encuentra condicionada por este artefacto circular algorítmico, más que por una relación fisiológica independiente. La elección de estos instrumentos se fundamentó en metaanálisis recientes que reportan alta precisión de la medición con esta tecnología frente a estándares de referencia (Lambe et al., 2026). Para la estimación del gasto energético en actividades aeróbicas y de movimiento libre, se consideró el respaldo de validaciones actuales con márgenes de error compatibles con investigación aplicada (Zhao et al., 2025). La señal cardíaca se procesó asumiendo la validez de la fotopletismografía moderna para capturar cambios del ritmo en ejercicios de intensidad variable (Van Oost et al., 2025).

### Análisis de datos

Los análisis se realizaron en IBM SPSS Statistics v26 bajo un enfoque de casos completos. Previamente se depuró la base verificando rangos plausibles, coherencia de variables derivadas (por ejemplo, kcal/h a partir de calorías y duración) y posibles valores atípicos mediante inspección gráfica (histogramas y boxplots). Las variables cuantitativas se describieron como  $M \pm DE$  y las categóricas como  $n$  (%).

La normalidad se evaluó con la prueba de Shapiro-Wilk y se reporta por desenlace y grupo para sustentar las decisiones analíticas. Dado el diseño observacional transversal y la autoselección de la modalidad predominante, el plan analítico se orientó a la comparación y estimación con intervalos de confianza del 95% (IC 95%), evitando interpretar una  $p$  no significativa como evidencia de equivalencia fisiológica. Se definieron como desenlaces primarios la eficiencia metabólica (kcal/h) y la frecuencia cardíaca media (lpm), mientras que otras comparaciones se consideraron secundarias. Para contrastes entre Yoga y HIIT se aplicó la prueba  $t$  de Welch, por su robustez ante varianzas desiguales y tamaños de grupo distintos en datos fisiológicos (Curtis, 2024). La interpretación priorizó la magnitud del efecto y la incertidumbre, en línea con recomendaciones actuales para la lectura crítica de resultados en investigación aplicada (Rovetta et al., 2025).

La magnitud de las diferencias se cuantificó mediante la  $g$  de Hedges con IC 95% (Perugini et al., 2025). Debido a que IBM SPSS Statistics no calcula de forma nativa la  $g$  de Hedges ni los intervalos exactos en todos los contextos, estos cálculos analíticos se obtuvieron con una herramienta complementaria: el software R (R Foundation for Statistical Computing, v4.3.3), utilizando procedimientos estándar y reproducibles; de forma análoga, para las correlaciones, sus IC 95% se estimaron mediante la transformación  $Z$  de Fisher. Para evaluar de forma rigurosa la relación entre la frecuencia cardíaca media y la eficiencia metabólica, el análisis se limitó a un modelo de regresión lineal múltiple con término de interacción (modalidad  $\times$  FC media) para determinar la posible modificación de la pendiente por grupo, conforme a recomendaciones para modelos con moderación (Shiroshita et al., 2024). Finalmente, las comparaciones secundarias se interpretaron con control de error por tasa de falsos descubrimientos (FDR) para reducir el riesgo de falsos positivos al evaluar múltiples variables simultáneamente (Gutiérrez-Hernández et al., 2025).



## Resultados

Las características demográficas, antropométricas y fisiológicas basales de la muestra total (n=153) se detallan en la Tabla 2. Al comparar por modalidad (Yoga n=86; HIIT n=67), las diferencias observadas en covariables claves (edad, IMC, grasa corporal y frecuencia cardíaca en reposo) resultaron pequeñas, estableciendo una comparabilidad basal robusta entre los grupos antes de la intervención. Los tamaños del efecto para estas comparaciones fueron predominantemente triviales a pequeños, lo que sugiere una distribución homogénea que fortalece el análisis posterior.

Tabla 2. Características demográficas, antropométricas y fisiológicas de la muestra total y por grupo (Yoga vs HIIT).

Variable	Total (n=153) M ± DE	Yoga (n=86) M ± DE	HIIT (n=67) M ± DE	Δ (Yoga-HIIT) [IC95%]	p†	g‡
Edad (años)	47.5 ± 6.8	48.0 ± 6.7	46.8 ± 6.9	1.19 [-1.01, 3.38]	0.286	0.17
Peso (kg)	84.5 ± 20.7	84.1 ± 21.8	84.9 ± 19.5	-0.81 [-7.41, 5.80]	0.810	-0.04
Talla (m)	1.80 ± 0.11	1.81 ± 0.11	1.79 ± 0.12	0.02 [-0.01, 0.06]	0.230	0.20
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	26.4 ± 7.5	26.0 ± 7.8	26.9 ± 7.0	-0.86 [-3.23, 1.52]	0.478	-0.11
Grasa (%)	21.9 ± 5.8	22.3 ± 5.6	21.3 ± 6.1	1.07 [-0.83, 2.96]	0.269	0.18
FC reposo (lpm)	62.1 ± 7.4	61.7 ± 7.4	62.6 ± 7.4	-0.84 [-3.22, 1.55]	0.488	-0.11
FC máx (lpm)	181.3 ± 11.3	180.7 ± 11.3	182.1 ± 11.4	-1.47 [-5.13, 2.18]	0.426	-0.13

Nota: Valores expresados como media (M) ± DE. Δ = diferencia de medias (Yoga - HIIT) con intervalo de confianza del 95% (IC 95%). † p calculada mediante prueba t de Welch (muestras independientes). ‡ g = tamaño del efecto de Hedges (interpretación aproximada: 0.20 pequeño; 0.50 moderado; 0.80 grande). La normalidad de los desenlaces primarios se evaluó con la prueba de Shapiro-Wilk; al detectarse desviaciones significativas de la normalidad (ej. W = 0.958, p = 0.007 para eficiencia en Yoga), se aplicó de forma homogénea la prueba t de Welch para maximizar la robustez de las estimaciones.

La normalidad de las variables principales de desenlace se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Se detectaron desviaciones estadísticamente significativas respecto a la distribución normal en la eficiencia metabólica para el grupo Yoga (W = 0.958, p = 0.007) y en la frecuencia cardíaca media tanto en Yoga (W = 0.940, p = 0.001) como en HIIT (W = 0.955, p = 0.016). Dado que se observaron estas desviaciones en al menos un grupo por variable, se aplicó de forma generalizada la prueba t de Welch para maximizar la robustez de las estimaciones.

En la Tabla 3 se comparan los indicadores metabólicos y hemodinámicos registrados durante la sesión índice. Ambas modalidades presentaron una duración de sesión, un gasto energético total y una intensidad relativa (%FCpico) visualmente comparables. Para los desenlaces principales (eficiencia metabólica y frecuencia cardíaca media), no se detectaron diferencias estadísticamente significativas (p = 0.221 y p = 0.371, respectivamente), obteniéndose tamaños del efecto triviales (g = -0.20 y g = -0.15). Es imperativo señalar que estos hallazgos demuestran una *ausencia de evidencia de diferencias estadísticas* bajo las condiciones de la presente muestra, pero no deben interpretarse como prueba formal de *equivalencia* fisiológica, lo cual requeriría un diseño metodológico específico (pruebas TOST con márgenes de no inferioridad).

Tabla 3. Comparación de la respuesta metabólica y hemodinámica durante sesiones de Yoga y HIIT en varones adultos (sesión índice)

Variable	Yoga (n=86) M ± DE	HIIT (n=67) M ± DE	Δ (Yoga-HIIT) [IC95%]	p†	g‡
Duración de la sesión (h)	1.26 ± 0.35	1.29 ± 0.35	-0.03 [-0.14, 0.08]	0.597	-0.09
Gasto total (kcal)	905.35 ± 265.43	950.61 ± 286.05	-45.26 [-134.59, 44.06]	0.318	-0.16
Eficiencia (kcal/h)	721.02 ± 71.85	735.92 ± 76.15	-14.90 [-38.84, 9.04]	0.221	-0.20
FC media (lpm)	143.51 ± 14.17	145.58 ± 14.14	-2.07 [-6.63, 2.49]	0.371	-0.15
Intensidad (%FCpico)	79.76 ± 9.58	80.29 ± 9.81	-0.53 [-3.66, 2.60]	0.739	-0.05

Nota. Datos expresados c como media (M) ± desviación estándar (DE). Δ = diferencia de medias (Yoga - HIIT) con intervalo de confianza del 95% (IC 95%). † p mediante prueba t de Welch (muestras independientes). ‡ g de Hedges como tamaño del efecto. Eficiencia (kcal/h) calculada como calorías quemadas / duración de la sesión (h). %FCpico calculado como (FC media / FC pico de la sesión) × 100. La FC media y FC pico corresponden a los valores registrados por el dispositivo inteligente durante la sesión índice.

La Tabla 4 muestra la asociación bivariada entre la frecuencia cardíaca media y la eficiencia metabólica (kcal/h), evidenciándose una correlación positiva alta tanto en Yoga (r = 0.93; p < 0.001) como en HIIT

( $r = 0.91$ ;  $p < 0.001$ ). No obstante, es crítico precisar desde el punto de vista metodológico que la magnitud de estas correlaciones ( $r > 0.90$ ) está condicionada inherentemente por un artefacto circular algo rítmico: los relojes inteligentes comerciales estiman el gasto calórico utilizando la frecuencia cardíaca del usuario como el parámetro predictivo primario. En consecuencia, esta elevada correlación representa principalmente la comprobación mecánica del algoritmo del dispositivo y no debe interpretarse como el hallazgo de una relación fisiológica independiente novedosa.

Tabla 4. Correlación entre frecuencia cardíaca media y eficiencia metabólica (kcal/h) por modalidad

Modalidad	n	r	IC 95%	p
Yoga	86	0.93	0.89 - 0.95	< 0.001
HIIT	67	0.91	0.86 - 0.94	< 0.001
Total	153	0.92	0.89 - 0.94	< 0.001

Nota. Correlaciones calculadas mediante el coeficiente de Pearson ( $r$ ) entre la frecuencia cardíaca media (lpm) y la eficiencia metabólica (kcal/h). IC 95% estimado mediante la transformación Z de Fisher. Nivel de significancia estadística:  $p < 0.05$ .

La Tabla 5 muestra los resultados del modelo lineal con interacción para evaluar si la relación entre la frecuencia cardíaca media y la eficiencia metabólica (kcal/h) difiere según la modalidad de entrenamiento. La FC media se asoció positivamente con kcal/h ( $\beta=4.72$ ; IC95% 4.28 a 5.15;  $p < 0.001$ ). No se observó evidencia estadística de diferencias en intercepto entre modalidades ( $\beta=-21.56$ ; IC95% -118.13 a 75.01;  $p=0.660$ ) ni de modificación de la pendiente por modalidad ( $\beta$  interacción=0.18; IC95% -0.48 a 0.85;  $p=0.586$ ). El modelo explicó el 84.9% de la variabilidad de kcal/h ( $R^2=0.849$ ).

Tabla 5. Modelo lineal con interacción entre modalidad de entrenamiento y frecuencia cardíaca media para predecir la eficiencia metabólica (kcal/h)

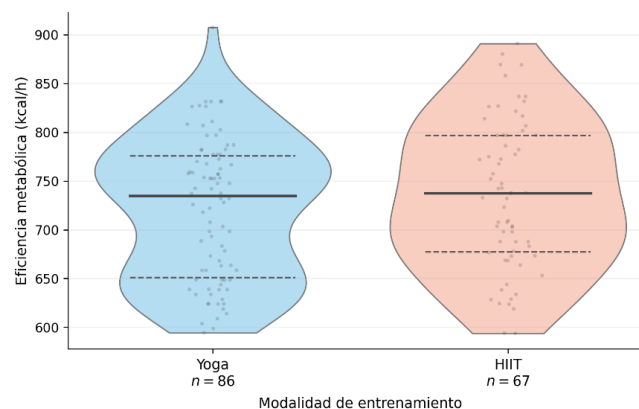
Parámetro	$\beta$	IC 95%	p
Intercepto ( $\beta_0$ )	44.24	-19.02 - 107.49	0.169
FC media ( $\beta_1$ )	4.72	4.28 - 5.15	< 0.001
Modalidad ( $\beta_2$ )	-21.56	-118.13 - 75.01	0.660
FC media $\times$ Modalidad ( $\beta_3$ )	0.18	-0.48 - 0.85	0.586

Ajuste del modelo: Ajuste del modelo:  $R^2 = 0.849$ ;  $R^2$  ajustado = 0.846

Nota. Modelo de regresión lineal múltiple con término de interacción. FC media expresada en latidos por minuto (lpm). Eficiencia metabólica expresada como kcal/h (calorías/duración en horas). El término "FC media  $\times$  Modalidad" evalúa si la pendiente FC-kcal/h difiere entre modalidades. Los intervalos de confianza corresponden al 95%.

La Figura 1 muestra la distribución de la eficiencia metabólica (kcal/h) en sesiones índice de Yoga y HIIT. Visualmente, ambas modalidades presentan distribuciones con amplia superposición, con medias próximas y variabilidad comparable entre grupos. El patrón gráfico es consistente con la ausencia de evidencia de diferencias significativas reportadas en la Tabla 3. La amplia superposición de las distribuciones subraya que, aunque las modalidades difieren biomecánicamente, la respuesta fisiológica detectada no divergió de manera medible en esta muestra, constituyendo un antecedente para estructurar futuros ensayos prospectivos de equivalencia.

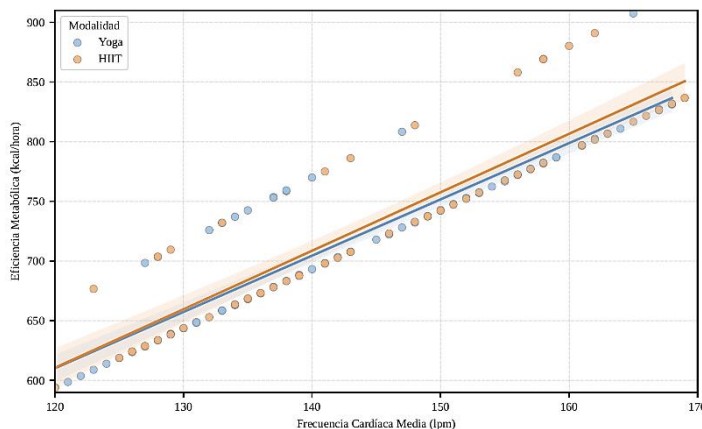
Figura 1. Distribución de la eficiencia metabólica (kcal/h) durante sesiones de Yoga y HIIT en varones adultos.



Nota: Los diagramas de violín representan la distribución de la eficiencia metabólica (kcal/h) por modalidad: Yoga ( $n = 86$ ) e HIIT ( $n = 67$ ). La línea continua representa la mediana y las líneas discontinuas el rango intercuartílico ( $Q1-Q3$ ). Los puntos corresponden a observaciones individuales (dispersión con *jitter*). La eficiencia (kcal/h) se calculó como calorías registradas / duración de la sesión (h) a partir de la sesión índice.

La Figura 2 muestra una asociación positiva marcada entre la frecuencia cardíaca media y la eficiencia metabólica (kcal/h) en ambas modalidades, con pendientes visualmente similares. Este patrón es coherente con las correlaciones elevadas reportadas por grupo y en la muestra total, sin implicar causalidad ni mecanismos fisiológicos independientes.

Figura 2. Asociación entre la frecuencia cardíaca media (lpm) y la eficiencia metabólica (kcal/h) durante sesiones de Yoga y HIIT en varones adultos.



Nota: Los puntos representan observaciones individuales codificadas por modalidad (Yoga: azul; HIIT: naranja). Las líneas corresponden al ajuste de una regresión lineal para cada grupo; el sombreado representa el intervalo de confianza del 95% (IC 95%) del ajuste. *Consideración metodológica:* La fuerte asociación lineal visualizada está inherentemente influenciada por los algoritmos algorítmicos de los relojes inteligentes utilizados, los cuales emplean la frecuencia cardíaca como parámetro principal para la estimación del gasto calórico.

## Discusión

El presente estudio tuvo como objetivo comparar la eficiencia metabólica y la respuesta hemodinámica entre sesiones autogestionadas de Yoga y HIIT en varones de mediana edad. El hallazgo principal indica que, bajo las condiciones ecológicas evaluadas, los participantes de Yoga dinámico exhibieron una demanda cardiovascular y un gasto energético estadísticamente similares a los del grupo HIIT. Las estimaciones no mostraron evidencia de diferencias significativas en la eficiencia calórica (721.02 vs. 735.92 kcal/h;  $p = 0.221$ ) ni en la frecuencia cardíaca media (143.51 vs. 145.58 lpm;  $p = 0.371$ ). Estos resultados observacionales desafían la dicotomía tradicional que categoriza al Yoga exclusivamente como una actividad de baja intensidad frente a la naturaleza históricamente vigorosa del HIIT.

La similitud en la carga fisiológica interna observada coincide con investigaciones recientes que han reevaluado la intensidad del Yoga en poblaciones adultas. Grabara (2025) reportó que ciertas modalidades pueden alcanzar niveles de intensidad moderada a vigorosa, lo que concuerda con la distribución de nuestros datos. Del mismo modo, Cheruka et al. (2023) demostraron que secuencias específicas de Vinyasa provocan respuestas de consumo de oxígeno y frecuencia cardíaca elevadas, mientras que Thrower et al. (2023) documentaron respuestas agudas significativas en la variabilidad de la frecuencia cardíaca y la presión arterial tras sesiones dinámicas. Al contrastar esto con el HIIT, el cual induce adaptaciones potentes, pero frecuentemente acompañadas de un elevado estrés inflamatorio y daño muscular en varones con sobrepeso (Rohnejad & Monazzami, 2023), nuestros datos sugieren que la ejecución autogestionada de Yoga dinámico puede implicar un esfuerzo interno comparable. Esto resulta especialmente relevante al considerar que alcanzar una eficiencia metabólica óptima sin comprometer la composición corporal o inducir un déficit energético severo es crucial en el rendimiento y la salud del

adulto activo, tal como advierten Muñoz Aristizábal & Vidarte Claros (2025) en su reciente revisión sobre la disponibilidad energética. Por tanto, el Yoga dinámico ofrece una vía de estímulo agudo exigente pero potencialmente menos lesiva a nivel mecánico.

No obstante, desde una perspectiva metodológica y analítica, la fuerte correlación positiva hallada entre la frecuencia cardíaca media y la eficiencia metabólica en ambos grupos ( $r > 0.90$ ) exige una interpretación sumamente crítica. En lugar de reflejar un hallazgo fisiológico novedoso, esta alta colinealidad constituye la comprobación de un artefacto circular inherente a los algoritmos de los relojes inteligentes, los cuales utilizan la fotopletimografía y la frecuencia cardíaca como predictores primarios para estimar el gasto calórico (Petek et al., 2023). Si bien la medición resulta útil para la monitorización transversal, cualquier inferencia causal directa a partir de esta correlación debe evitarse. A pesar de este sesgo, constatar un comportamiento hemodinámico similar entre modalidades mantiene relevancia teórica, ya que las respuestas cardiovasculares agudas del Yoga se han vinculado con mejoras crónicas en la función vascular (Paramashiva et al., 2025).

Un punto crítico adicional en la interpretación reside en la validez general de la tecnología wearable utilizada. La literatura contemporánea respalda su aceptabilidad epidemiológica (Germini et al., 2022; Lee et al., 2023) y su potencial costo-efectividad (Chen et al., 2022). Para la recolección de nuestros datos, estudios como los de Van Oost et al. (2025) y Kitagaki et al. (2025) han demostrado una exactitud aceptable en la medición de la frecuencia cardíaca en estados transitorios. En cuanto al gasto energético, investigaciones recientes reportan márgenes de error manejables para la estimación calórica dinámica (Le et al., 2022; Liu et al., 2025). Sin embargo, la variabilidad individual observada subraya limitaciones técnicas inherentes a la fotopletimografía frente a distintos tonos de piel, sudoración y movimiento (Kim & Baek, 2023; Loro et al., 2024).

Es imperativo interpretar estos hallazgos a la luz de importantes limitaciones metodológicas. En primer lugar, el diseño observacional transversal y el muestreo no probabilístico impiden confirmar una "equivalencia fisiológica" estricta. En segundo lugar, la ausencia de control experimental sobre variables confusoras críticas (intensidad prescrita, calidad del sueño, nutrición) introduce varianza no controlada. En tercer lugar, la falta de estandarización sobre las posturas o secuencias específicas limita la caracterización exacta de la carga biomecánica. Para mitigar el sesgo estadístico de las comparaciones observacionales (Ditroilo et al., 2025), se recurrió a estrategias de control como la Tasa de Falsos Descubrimientos (FDR), optimizando la robustez de las estimaciones (Gutiérrez-Hernández & García, 2025).

Aun así, los resultados reflejan únicamente un corte transversal de respuestas agudas. Para dilucidar si esta similitud metabólica aguda es sostenible en el tiempo, futuras líneas de investigación deberán evaluar el impacto a mediano y largo plazo considerando estructuras de entrenamiento formal, como la comparación entre abordajes periodizados y no periodizados sugerida por Lisboa De Serpa et al. (2025), a fin de confirmar si la carga interna del Yoga dinámico induce adaptaciones cardiometabólicas crónicas equiparables a las del HIIT.

## Conclusiones

Bajo las condiciones ecológicas evaluadas, las sesiones autogestionadas de Yoga dinámico mostraron una demanda cardiovascular y metabólica aguda estadísticamente similar al HIIT en varones de mediana edad físicamente activos. Aunque las intensidades relativas medias se aproximaron al 80% del pico de frecuencia cardíaca, es fundamental precisar metodológicamente que este cálculo se basó en el máximo alcanzado durante la propia sesión y no en una prueba de esfuerzo ergométrica; por tanto, este valor describe la distribución del esfuerzo interno autogestionado por el usuario, mas no representa la capacidad máxima absoluta del individuo.

Reconociendo las limitaciones inherentes a un diseño transversal, los datos sugieren que el Yoga dinámico constituye un estímulo metabólico agudo relevante, ofreciendo una alternativa viable de menor impacto mecánico para esta demografía específica. Si bien los dispositivos portátiles con sensores ópticos demostraron utilidad para la monitorización de estas cargas en entornos reales, para trascender estas observaciones iniciales, futuras investigaciones deben priorizar ensayos controlados aleatorizados en laboratorio. Se requieren estudios que utilicen calorimetría indirecta para eliminar el sesgo al-

gorítmico de los relojes inteligentes, evaluaciones neuromusculares para cuantificar el rol de la contracción isométrica, y diseños longitudinales que determinen si la paridad documentada en el esfuerzo agudo se traduce efectivamente en adaptaciones cardiometabólicas crónicas.

## Agradecimientos

Valoramos profundamente la contribución de cada uno de los voluntarios que integraron la muestra. Gracias a su constancia en el monitoreo de las sesiones y su apertura durante la toma de datos en los centros de entrenamiento, fue posible construir la base de información que sustenta este trabajo.

## Referencias

- Carpes, L., Costa, R., Schaarschmidt, B., Reichert, T., & Ferrari, R. (2022). High-intensity interval training reduces blood pressure in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Experimental Gerontology*, *158*, 111657. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2021.111657>
- Charlton, P. H., Pilt, K., & Kyriacou, P. A. (2022). Establishing best practices in photoplethysmography signal acquisition and processing. *Physiological Measurement*, *43*(5), 050301. <https://doi.org/10.1088/1361-6579/ac6cc4>
- Chen, W., Khurshid, S., Singer, D. E., Atlas, S. J., Ashburner, J. M., Ellinor, P. T., McManus, D. D., Lubitz, S. A., & Chhatwal, J. (2022). Cost-effectiveness of screening for atrial fibrillation using wearable devices. *JAMA Health Forum*, *3*(8), e222419. <https://doi.org/10.1001/jamahealthforum.2022.2419>
- Cheruka, C. A., Sherman, S. A., Davis, K. K., & Kline, C. E. (2023). Oxygen consumption and heart rate responses in different vinyasa yoga sequences. *International Journal of Yoga Therapy*, *33*(2023), Article 2. <https://doi.org/10.17761/2023-D-22-00058>
- Cotie, L. M., Marçal, I. R., Way, K. L., Lee, L. S., Patterson, M., Pearson, M., Main, E., Thornton, J. S., Reed, J. L., & Banks, L. (2025). Sex differences in cardiovascular adaptations following aerobic exercise training programs: A systematic review and meta-analysis. *Canadian Journal of Cardiology*, *41*(3), 337–353. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2024.12.005>
- Curtis, D. (2024). Welch's t test is more sensitive to real world violations of distributional assumptions than student's t test but logistic regression is more robust than either. *Statistical Papers*, *65*(6), 3981–3989. <https://doi.org/10.1007/s00362-024-01531-7>
- Ditroilo, M., Mesquida, C., Abt, G., & Lakens, D. (2025). Exploratory research in sport and exercise science: Perceptions, challenges, and recommendations. *Journal of Sports Sciences*, *43*(12), 1108–1120. <https://doi.org/10.1080/02640414.2025.2486871>
- Doherty, C., Baldwin, M., Keogh, A., Caulfield, B., & Argent, R. (2024). Keeping pace with wearables: A living umbrella review of systematic reviews evaluating the accuracy of consumer wearable technologies in health measurement. *Sports Medicine*, *54*(11), 2907–2926. <https://doi.org/10.1007/s40279-024-02077-2>
- Geiger, C., Cramer, H., Anheyer, D., Dobos, G., & Kohl-Heckl, W. K. (2025). A systematic review and meta-analysis of yoga for arterial hypertension. *PLOS One*, *20*(5), e0323268. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0323268>
- Germini, F., Noronha, N., Borg Debono, V., Abraham Philip, B., Pete, D., Navarro, T., Keepanasseril, A., Parpia, S., De Wit, K., & Iorio, A. (2022). Accuracy and acceptability of wrist-wearable activity-tracking devices: Systematic review of the literature. *Journal of Medical Internet Research*, *24*(1), e30791. <https://doi.org/10.2196/30791>
- Grabara, M. (2025). Intensity of Hatha yoga training for older adults. *Scientific Reports*, *15*(1), 12936. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-95547-0>
- Gutiérrez-Hernández, O., & García, L. V. (2025). Implementing the linear adaptive false discovery rate procedure for spatiotemporal trend testing. *Mathematics*, *13*(22), 3630. <https://doi.org/10.3390/math13223630>
- Isath, A., Kanwal, A., Virk, H. U. H., Bandyopadhyay, D., Wang, Z., Kumar, A., Kalra, A., Naidu, S. S., Lavie, C. J., Virani, S. S., & Krittanawong, C. (2023). The effect of yoga on cardiovascular disease risk



- factors: A meta-analysis. *Current Problems in Cardiology*, 48(5), 101593. <https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2023.101593>
- Kim, K. B., & Baek, H. J. (2023). Photoplethysmography in wearable devices: A comprehensive review of technological advances, current challenges, and future directions. *Electronics*, 12(13), 2923. <https://doi.org/10.3390/electronics12132923>
- Kitagaki, K., Hongo, Y., Futai, R., Hasegawa, T., Morikawa, H., & Shimoyama, H. (2025). Validity of heart rate measurement using wearable devices during cardiopulmonary exercise testing in patients with cardiovascular disease: Prospective pilot validation study. *JMIR Cardio*, 9, e77911–e77911. <https://doi.org/10.2196/77911>
- Kobel, S., Kirsten, J., & Kelso, A. (2022). Anthropometry – assessment of body composition. *Deutsche Zeitschrift Für Sportmedizin/German Journal of Sports Medicine*, 73(3), 106–111. <https://doi.org/10.5960/dzsm.2022.527>
- Koerber, D., Khan, S., Shamsheri, T., Kirubarajan, A., & Mehta, S. (2023). Accuracy of heart rate measurement with wrist-worn wearable devices in various skin tones: A systematic review. *Journal of Racial and Ethnic Health Disparities*, 10(6), 2676–2684. <https://doi.org/10.1007/s40615-022-01446-9>
- Lambe, R., Baldwin, M., O’Grady, B., Schumann, M., Caulfield, B., & Doherty, C. (2026). The accuracy of Apple Watch measurements: A living systematic review and meta-analysis. *Npj Digital Medicine*, 9(1), 63. <https://doi.org/10.1038/s41746-025-02238-1>
- Le, S., Wang, X., Zhang, T., Lei, S. M., Cheng, S., Yao, W., & Schumann, M. (2022). Validity of three smartwatches in estimating energy expenditure during outdoor walking and running. *Frontiers in Physiology*, 13, 995575. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.995575>
- Lee, M. A., Song, M., Bessette, H., Roberts Davis, M., Tyner, T. E., & Reid, A. (2023). Use of wearables for monitoring cardiometabolic health: A systematic review. *International Journal of Medical Informatics*, 179, 105218. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2023.105218>
- Li, G., & Dong, D. (2025). A meta-analysis of the effects of high-intensity interval training on circulatory system-related indicators in sedentary populations. *Frontiers in Physiology*, 16, 1702247. <https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1702247>
- Lisboa De Serpa, G., Carneiro De Oliveira, S. D., Nogueira Godinho, W. D., & Carneiro Loureiro, A. C. (2025). Comparação entre treinamento periodizado e não periodizado na aptidão física: Uma revisão guarda-chuva. *Retos*, 70, 882–892. <https://doi.org/10.47197/retos.v70.114374>
- Liu, Y., Liu, F., Yu, W., Xiao, Y., Liu, D., Li, Z., Chen, W., Gao, F., & Le, S. (2025). Validity of four low-cost smartwatches in estimating energy expenditure during cycling in Chinese untrained women. *PLOS One*, 20(9), e0331399. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0331399>
- Loro, F. L., Martins, R., Ferreira, J. B., De Araujo, C. L. P., Prade, L. R., Both, C. B., Nobre, J. C. N., Monteiro, M. B., & Dal Lago, P. (2024). Validation of a wearable sensor prototype for measuring heart rate to prescribe physical activity: Cross-sectional exploratory study. *JMIR Biomedical Engineering*, 9, e57373. <https://doi.org/10.2196/57373>
- Mun, S., Park, K., Kim, J.-K., Kim, J., & Lee, S. (2024). Assessment of heart rate measurements by commercial wearable fitness trackers for early identification of metabolic syndrome risk. *Scientific Reports*, 14(1), 23865. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-74619-7>
- Muñoz Aristizábal, M. A., & Vidarte Claros, J. A. (2025). Baja disponibilidad energética en atletas y su relación con la composición corporal: Revisión de alcance. *Retos*, 68, 1272–1296. <https://doi.org/10.47197/retos.v68.115402>
- Oliveira, A., Fidalgo, A., Farinatti, P., & Monteiro, W. (2024). Effects of high-intensity interval and continuous moderate aerobic training on fitness and health markers of older adults: A systematic review and meta-analysis. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 124, 105451. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2024.105451>
- Paramashiva, P. S., Sukumar, S., Shettigar, D., Kadavigere, R., Pradhan, A., Panakkal, N. C., Dkhar, W., Vaishali, K., Chandrasekaran, B., Palaniswamy, H. P., Ravichandran, S., Muthu, S. S., Kamath, K., Felix, H. J., Shazli, A., & David, L. R. (2025). Comparing the effects of yoga and exercise on vascular function: A systematic review. *Advances in Integrative Medicine*, 12(4), 100556. <https://doi.org/10.1016/j.aimed.2025.100556>
- Perugini, A., Gambarota, F., Toffalini, E., Lakens, D., Pastore, M., Finos, L., Core Team Psicostat, & Altoè, G. (2025). The benefits of reporting critical-effect-size values. *Advances in Methods and Practices*

- in *Psychological Science*, 8(2), 25152459251335298. <https://doi.org/10.1177/25152459251335298>
- Petek, B. J., Al-Alusi, M. A., Moulson, N., Grant, A. J., Besson, C., Guseh, J. S., Wasfy, M. M., Gremeaux, V., Churchill, T. W., & Baggish, A. L. (2023). Consumer wearable health and fitness technology in cardiovascular medicine. *Journal of the American College of Cardiology*, 82(3), 245–264. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2023.04.054>
- Rohnejad, B., & Monazzami, A. (2023). Effects of high-intensity intermittent training on some inflammatory and muscle damage indices in overweight middle-aged men. *Apunts Sports Medicine*, 58(217), 100404. <https://doi.org/10.1016/j.apunsm.2023.100404>
- Romero-Vera, L., Ulloa-Díaz, D., Araya-Sierralta, S., Guede-Rojas, F., Andrades-Ramírez, O., Carvajal-Parodi, C., Muñoz-Bustos, G., Matamala-Aguilera, M., & Martínez-García, D. (2024). Effects of high-intensity interval training on blood pressure levels in hypertensive patients: A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Life*, 14(12), 1661. <https://doi.org/10.3390/life14121661>
- Rovetta, A., Mansournia, M. A., Stovitz, S. D., Adams, W. M., & Greenland, S. (2025). Interpreting p values and interval estimates based on practical relevance: Guidance for the sports medicine clinician. *British Journal of Sports Medicine*, 59(24), bjsports-2024-109357. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2024-109357>
- Sert, H., Gulbahar Eren, M., Gurcay, B., & Koc, F. (2025). The effectiveness of a high-intensity interval exercise on cardiometabolic health and quality of life in older adults: A systematic review and meta-analysis. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 17(1), 128. <https://doi.org/10.1186/s13102-025-01176-5>
- Shiroshita, A., Yamamoto, N., Saka, N., Shiba, H., Toki, S., Yamamoto, M., Dohi, E., & Kataoka, Y. (2024). Expanding the scope: In-depth review of interaction in regression models. *Annals of Clinical Epidemiology*, 6(2), 25–32. <https://doi.org/10.37737/ace.24005>
- Thrower, A., Barone Gibbs, B., Alansare, A., Sherman, S., & Davis, K. (2023). Blood pressure and heart rate variability responses following an acute bout of vinyasa yoga and a prolonged seated control: A randomized crossover trial. *PLOS ONE*, 18(11), e0294945. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0294945>
- Valle Flores, J. A., Rosado Álvarez, M. M., González Iglesias, S., & Rios Espinoza, M. (2026). Perfil saludable en adultos físicamente activos según patrones de entrenamiento y condición fisiológica. *Retos*, 75, 329–343. <https://doi.org/10.47197/retos.v75.118163>
- Van Oost, C. N., Masci, F., Malisse, A., Schyvens, A.-M., Peters, B., Dirix, H., Ross, V., Wets, G., Neven, A., Verbraecken, J., & Aerts, J.-M. (2025). Accuracy of heart rate measurement under transient states: A validation study of wearables for real-life monitoring. *Sensors*, 25(20), 6319. <https://doi.org/10.3390/s25206319>
- Zhao, X., Ding, X., Yang, J., Yan, S., Wang, H., Tao, K., & Qiu, J. (2025). Validity of smartwatches for estimating energy expenditure during aerobic dance. *Journal of Science in Sport and Exercise*. <https://doi.org/10.1007/s42978-025-00339-7>

## Datos de los/as autores/as y traductor/a:

Gustavo Saúl Escobar Vadivieso	<a href="mailto:gustavo.escobar@cu.ucsg.edu.ec">gustavo.escobar@cu.ucsg.edu.ec</a>	Autor
Sheyla Elizabeth Villacrés Caicedo	<a href="mailto:sheyla.villacres@cu.ucsg.edu.ec">sheyla.villacres@cu.ucsg.edu.ec</a>	Autor
Carlos Magno Palma Cabrera	<a href="mailto:carlos.palma01@cu.ucsg.edu.ec">carlos.palma01@cu.ucsg.edu.ec</a>	Autor
Abigail Elena Burbano Lajones	<a href="mailto:abigail.burbano@cu.ucsg.edu.ec">abigail.burbano@cu.ucsg.edu.ec</a>	Autor
José Antonio Valle Flores	<a href="mailto:jose.valle@cu.ucsg.edu.ec">jose.valle@cu.ucsg.edu.ec</a>	Autor/Traductor
María Magdalena Rosado Álvarez	<a href="mailto:maria.rosado03@cu.ucsg.edu.ec">maria.rosado03@cu.ucsg.edu.ec</a>	Autor
Joffre Marcelo Ramírez Franco	<a href="mailto:joffre.ramirez@cu.ucsg.edu.ec">joffre.ramirez@cu.ucsg.edu.ec</a>	Autor

