



Baja disponibilidad energética en atletas y su relación con la composición corporal: revisión de alcance

Low energy availability in athletes and its relationship with body composition: a scoping Review

Autores

Mario Alejandro Muñoz-Aristizábal¹
José Armando Vidarte Claros¹

¹ Universidad Autónoma de Manizales

Autor de correspondencia:
José Armando Vidarte Claros
jovida@autonoma.edu.co

Como citar en APA

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>

Resumen

Introducción: En el campo del ejercicio, la disponibilidad energética es la energía disponible después de afrontar el ejercicio físico. Una baja disponibilidad energética puede generar grandes complicaciones de salud y de composición corporal.

Objetivo: El estudio consideró (a) explorar valores de composición corporal asociados a estados de disponibilidad energética, (b) identificar fórmulas algebraicas y características sobre el gasto energético del ejercicio y (c) discutir los hallazgos sobre las variables que componen la estimación de la disponibilidad energética.

Metodología: Bajo la guía (PRISMA-ScR), se realizó un análisis descriptivo sobre la evidencia encontrada en las bases de datos Scopus, EMBASE, ScienceDirect y PubMed/MEDLINE, en febrero de 2025.

Resultados: según los hallazgos 54 estudios cumplieron con los criterios de selección, encontrando 1219 mujeres y 599 hombres de diferentes deportes y edades. En el 53.15% de las mujeres y el 31.21% de los hombres, se halló baja disponibilidad energética clínica con valores de composición corporal en amplios rangos.

Discusión: La disponibilidad energética en atletas varía según características del cálculo, métodos de estimación del gasto energético y composición corporal. Diferencias en metodologías, como el uso incorrecto de fórmulas, pueden inducir errores en su medición. Es necesario estandarizar conceptual y procedimentalmente, para mitigar posibles distorsiones.

Conclusiones: Distinguir entre las mejores prácticas y métodos para estimar la ingesta y el gasto energéticos del ejercicio supone una solución a la heterogeneidad de los resultados, a su vez, indicadores de composición corporal como el índice de masa libre de grasa podría ofrecer mejores relaciones con la disponibilidad energética.

Palabras clave

Atletas; composición corporal; gasto energético; metabolismo energético; deficiencia relativa de energía en el deporte.

Abstract

Introduction: In the field of exercise, energy availability refers to the energy remaining after accounting for physical exercise. Low energy availability can lead to significant health and body composition complications.

Objective: This study aimed to (a) explore body composition values associated with states of energy availability, (b) identify algebraic formulas and characteristics related to exercise energy expenditure, and (c) discuss findings on the variables involved in estimating energy availability.

Methodology: Following the PRISMA-ScR guidelines, a descriptive analysis was conducted on evidence gathered from Scopus, EMBASE, ScienceDirect, and PubMed/MEDLINE databases in February 2024.

Results: Fifty four studies met the selection criteria, involving 1219 women and 599 men across various sports and age groups. Clinically low energy availability was found in 53.15% of women and 31.21% of men, with body composition values spanning wide ranges.

Discussion: Energy availability in athletes varies depending on calculation characteristics, methods of estimating energy expenditure, and body composition. Differences in methodologies, such as the incorrect use of formulas, can lead to measurement errors. Conceptual and procedural standardization is necessary to mitigate potential distortions.

Conclusions: Distinguishing between best practices and methods for estimating energy intake and exercise energy expenditure could resolve the heterogeneity of results. Additionally, body composition indicators such as the fat-free mass index may offer better correlations with energy availability.

Keywords

Athletes; body composition; energy expenditure; energy metabolism; relative energy deficiency in sport.



Introducción

El gasto energético se genera por transformaciones de las diferentes formas de energía (i.e., química en el ATP, térmica en el calor, cinética en el movimiento, etc.) y esta se mide en kilocalorías (McArdle et al., 2015). Es propio de la actividad física incidir en el gasto energético, bien sea por actividad física no estructurada, ejercicio físico (actividad física estructurada) o actividad física espontánea no voluntaria (Bonilla et al., 2023).

La actividad física, junto con la termogénesis de los alimentos y el gasto energético de reposo, representan el gasto energético total (Westerterp, 2017); sin embargo, es la actividad física el componente más variable que incide sobre el gasto energético diario y el equilibrio energético, (Westerterp, 2018) propiciando así, modificaciones de la composición corporal (CC).

Estas modificaciones han sido abordadas desde enfoques como, el balance energético negativo (BEN), donde el gasto energético total excede al consumo y se propicia la pérdida de masa corporal (Hill et al., 2013), que puede promoverse por el ejercicio y generar cambios positivos en el tejido adiposo intermuscular y visceral (Waters et al., 2022), niveles de grasa en el hígado (Ross et al., 2020) y porcentaje de grasa corporal (Moro et al., 2020). A su vez, el BEN puede generar catabolismo de órganos y músculo esquelético, e iniciar procesos de termogénesis adaptativa (Casanova et al., 2019), y si este perdura con restricciones energéticas más importantes vinculadas al ejercicio por un gasto calórico total cada vez más aumentado, las compensaciones metabólicas procurarán mantener en equilibrio las funciones del sistema inmunológico, el eje hipotalámico-pituitario-adrenal, el sistema nervioso simpático y el sistema reproductivo (Pontzer, 2018) por consiguiente, se degradan componentes de la masa libre de grasa como el músculo (Carbone et al., 2019) y el tejido óseo (Taguchi et al., 2020). Particularmente, el BEN puede compensarse por modificaciones fisiológicas y llegar a cero con el tiempo, de modo que ya no sería un umbral “negativo” para los individuos; sin embargo, los reguladores endocrinos del sistema fisiológico seguirán respondiendo a la disponibilidad de energía (DE) y no al consumo o gasto de esta (Loucks, 2013).

En síntesis, cada proceso fisiológico requiere de una DE para llevarse a cabo (Wade & Jones, 2004), en el campo del ejercicio físico, la DE es la energía disponible después de afrontar el ejercicio o entrenamiento físico con valores apropiados que oscilan entre 30 a 45 kilocalorías por kilogramo de masa libre de grasa, por día (30 a 45 kcal/kgMLG/día), 45 kcal/kgMLG/día y >45 kcal/kgMLG/día, de acuerdo al propósito deportivo (Loucks, 2013). Una baja disponibilidad energética (BDE), <30 kcal/kgMLG/día, puede estar presente en personas que realizan ejercicio, más aún si este es de tipo cardiorrespiratorio, debido a su amplia capacidad para potenciar el gasto energético por la locomoción (Loucks et al., 2011), esto genera grandes complicaciones de salud y de CC, en atletas de ambos sexos (Cupka & Sedliak, 2023; Oxfeldt et al., 2023).

Las implicaciones sobre la salud del atleta, asociadas a una BDE por causa del entrenamiento, se han documentado bajo el nombre de triada del atleta femenino y masculino (TAFM) (De Souza et al., 2019), la Coalición de la Triada del Atleta Femenino y Masculino (CTAFM) junto al Colegio Americano de Medicina del Deporte (CAMD), la define como un síndrome que interrelaciona la BDE, el estado óseo deteriorado y la supresión del eje hipotálamo-hipófisis-gonadal en hombres (Nattiv et al., 2021) y disfunción menstrual en mujeres (De Souza et al., 2014). Así mismo, el Comité Olímpico Internacional (COI) introdujo el concepto de Deficiencia Relativa de Energía en el Deporte (DRE-D) (Mountjoy et al., 2018) el cual, involucra no solo el deterioro fisiológico, sino también el psicológico, en deportistas que de manera prolongada se exponen a baja o severa DE, conduciendo a perjuicios sistémicos (Mountjoy et al., 2023).

La prevalencia de BDE en atletas, puede deberse a razones como el desconocimiento sobre alimentación saludable, mitos, falta de tiempo y recursos, trastornos alimentarios, la inconformidad con el aspecto físico, entre otros, lo cual puede propiciar una alimentación habitual deficiente y la intención de gastar más energía en el ejercicio (Wasserfurth et al., 2020), modificando de manera negativa la CC dependiendo de los estados de DE. Particularmente, ni el COI ni el CATFM junto con el CAMD, presentan valores de CC asociados a la BDE, lo más próximo a datos antropométricos que se le relacione, es el índice de masa corporal (IMC) que, según ciertos valores, es para el CATFM un factor de riesgo (Fredericson et al., 2021) y para el COI, un indicador potencial de DRE-D (Mountjoy et al., 2023). Por tanto, no se evidencian valores de referencia por deporte y sexo de DE relacionada con variables de CC.



Dado el vacío de conocimiento sobre el tema en cuestión, el propósito del estudio es (a) explorar valores de CC asociados a estados de DE habitual en deportistas, (b) identificar postulaciones algebraicas de DE y sus características claves sobre el gasto energético del ejercicio (GEE), y (c) discutir los hallazgos sobre las variables que componen la forma directa de estimar la DE y su relación con la evidencia actual.

Método

Protocolo

El presente estudio es una revisión de alcance, el cual mapeó e identificó vacíos de conocimiento en la evidencia existente sobre el tema en cuestión (McGowan et al., 2020), adherida a las pautas de la guía de informes de revisión sistemática y metaanálisis en su extensión de revisión de alcance (PRISMA-ScR) (Tricco et al., 2018). Por sus bondades metodológicas para capturar información proveniente de múltiples fuentes (i.e., estudios observacionales, experimentales) y de diferente tipo (e.g., características, definiciones, factores claves) (Pollock et al., 2024) se sintetizó la amplitud de la evidencia disponible en función de los objetivos planteados (a-c), bajo el protocolo metodológico de Arksey y O'Malley (Arksey & O'Malley, 2005), el cual consideró cinco etapas: la (i) identificación de las preguntas de investigación (ii) y de la literatura relevante, la (iii) selección de estudios, (iv) el registro de los datos; y (v) el resumen de los resultados. El protocolo fue registrado en FIGSHARE (doi:10.6048/m9.figshare.29142758)

Selección de los estudios

El escrutinio de la literatura se llevó a cabo en febrero de 2025, en las bases de datos Scopus, EMBASE, ScienteDirect, PubMed/MEDLINE, ejecutando el algoritmo de rastreo: Body composition AND ("low energy availability" OR "relative energy deficiency" OR "energy availability") AND (athletes OR players), algoritmo parametrizado por los autores entre diciembre de 2024 y enero de 2025, después de operar y revisar los resultados de cuatro estrategias de búsqueda con el fin de reestructurarla para no exceptuar información, fijar criterios de inclusión y exclusión, y preservar criterios de amplitud y profundidad (Levac et al., 2010) para la revisión. Los productos fueron sometidos a criterios de inclusión previamente consensuados, como ser (a) artículos de investigación experimental u observacional de revista indexada, (b) publicados entre el año 2014 y 2024, (c) escritos en idioma inglés o español, (d) con mediciones en variables de la composición corporal, (e) asociadas a valores habituales de disponibilidad energética en calorías por kilogramo de masa libre de grasa o kilogramo de masa magra por día, (f) en deportistas o atletas hombres y mujeres. A su vez, fueron motivos de exclusión, los documentos basados en (a) revisiones de literatura, (b) consensos y conferencias, (c) estudios donde solo evalúen medidas de riesgo de baja disponibilidad energética, (d) con muestras como; animales, (e) deportistas paralímpicos, (f) público no deportista, (d) con enfermedades y (e) artículos con restricciones de acceso.

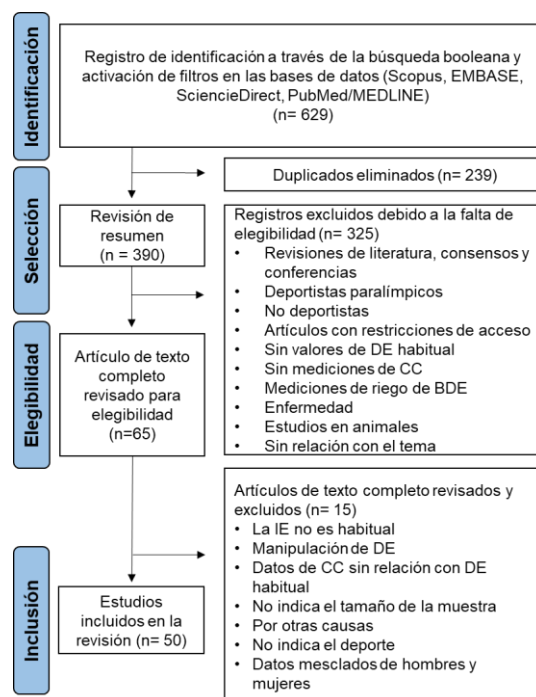
En la etapa tres del marco de Arksey y O'Malley (Arksey & O'Malley, 2005), fue necesario que los autores procedieran de manera independiente en la lectura de títulos y resúmenes para la selección de los estudios por tres razones: rigurosidad metodológica (Levac et al., 2010), inclusión rápida de estudios que cumplieran con los criterios de elegibilidad, y detección preliminar de unidades no descartadas por criterios de exclusión, pero a su vez con ausencia de datos de inclusión en títulos y resúmenes, por lo cual se requirió indagar especialmente en el manuscrito. Consecutivamente, los manuscritos que superaron las etapas de identificación y selección, se sometieron a elegibilidad por medio de su lectura completa, para concretar su inclusión a las unidades de análisis finales (Peters et al., 2015) descartando aquellos que en común acuerdo de los autores reflejaron aspectos impropios en valores, procedimiento y muestra (e.g., ingesta energética no habitual, manipulación de disponibilidad energética, datos de composición corporal no relacionados a datos de disponibilidad energética habitual, tamaño muestral no indicado, muestras de hombres y mujeres sin datos independientes u otras causas) a las necesidades de la investigación, en caso de desacuerdos las unidades fueron examinadas por un revisor externo en virtud de mitigar sesgos y errores (Munn et al., 2018).

Antes del resometimiento del manuscrito, se actualizó la búsqueda en mayo de 2025, por lo cual se incorporaron cuatro publicaciones recientes respetando todos los criterios señalados.

La figura 1 representa el diagrama de flujo para la selección de evidencia.



Figura 1. Diagrama de flujo para la selección de evidencia



Extracción de datos

Para la extracción de datos, se crearon dos formularios; uno para el objetivo a (Excel-Microsoft) y uno para el objetivo b (Word-Microsoft). Siguiendo las indicaciones de Tricco y colegas (Tricco et al., 2018) los formularios fueron calibrados y puestos a prueba antes de usarlos, teniendo en cuenta tres etapas de construcción y reconstrucción, versión inicial gestada por el primer autor en diciembre de 2024 con la primera inspección bibliográfica, segunda versión (realimentación de la primera) por el segundo autor y un revisor externo, tercera versión puesta a prueba con la extracción independiente de datos de las primeras cinco unidades de estudio, por el primer autor y un revisor externo, el segundo autor revisó y aprobó su uso determinando la coherencia de la extracción con las preguntas de investigación y la finalidad del estudio (Levac et al., 2010), quien a su vez fue el encargado de remediar discrepancias.

Basados en el análisis descriptivo, los datos recopilados sobre el estudio, la DE y la CC, implicó que las medidas y valores se asociaran al total de la muestra o grupos y subgrupos con un valor de DE (kcal/día/kg de MLG o kcal/día/kg de masa corporal magra MCM) de tipo habitual en uno o varios momentos de medida del estudio, estos datos provinieron de cualquier estudio observacional o experimental, de caracterizaciones demográficas, estados de base o medidas iniciales de la muestra donde no hay manipulación intencional de la DE. Así mismo, fue necesario clasificar la muestra por sexo y en caso de incluir los dos (femeninas y masculinos) tanto los datos de DE y CC debieron ser relacionados para cada sexo. Las medidas de CC debían estar en valores absolutos (i.e., kilogramos, libras, litros, gramos) o relativos (i.e., porcentaje). Otros aspectos recabados fueron las edades por rango, promedio o una de las dos, el deporte al que pertenecían los atletas sin detallar nivel, los métodos con los cuales se determinó la IE, los métodos del GEE y sus características, la CC y la fórmula de DE usada. Los datos de muestras en bailarinas y grupos controles no deportistas, no son reportados en este estudio.

En la tabla 1 se presenta el resumen de los datos con reseñas y valores (Sobre el estudio: autor, año y diseño. Sobre la muestra: tamaño, edad, grupos, subgrupos y disciplina deportiva. Sobre la DE: métodos para la determinación de la ingesta energética {IE}, métodos y características del GEE, fórmulas, y valores de la DE. Sobre la CC: métodos, medidas y valores)

Resultados

Características generales de los estudios

Se hallaron estudios publicados en 2014 (n=2), 2015 (n=1), 2016 (n=4), 2017 (n=2), 2018 (n=3), 2019 (n=3), 2020 (n=3), 2021 (n=7), 2022 (n=1), 2023 (n=13), 2024 (n=11), 2025 (n=4) lo cual ofrece un índice Price del 66.66%, con diseños observacionales y experimentales que analizaron variables de interés sobre población deportista. Algunos estudios tenían muestras exclusivamente femeninas, masculinas o mixtas, respectivamente 28, 18 y 8. El tamaño de la población estudiada fue de 1818 atletas, donde el 67% correspondía a mujeres y el 33% a hombres. Las edades de las muestras fueron de los 8 hasta los 50 años. Los estudios se centraron en uno o varios deportes.

Disponibilidad energética

De las investigaciones, 22 reportaron datos de baja disponibilidad energética clínica (BDEC) en mujeres y 13 en hombres (<30 kcal/kg MLG/día), en 23 estudios se reportaron datos de baja disponibilidad energética subclínica (BDES) en mujeres (30-45 kcal/kg MLG/día) y 14 en hombres (30-40 kcal/kg MLG/día) y 3 estudios indicaron alta disponibilidad energética (ADE) en mujeres (>45 kcal/kg MLG/día) y 7 en hombres (>40 kcal/kg MLG/día) (Melin et al., 2019). Se detectaron 648, 521 y 75 mujeres con promedios de BDEC, BDES y ADE respectivamente, en algún punto de la toma de datos de los estudios. Y se relacionaron 187, 253 y 159 hombres con promedios de BDEC, BDES y ADE, respectivamente.

Composición corporal

Un total de 48 estudios reportaron valores de tejido adiposo en porcentaje (TA%): grasa corporal (GC%), masa grasa (MG%), relativa masa grasa (RMG%), porcentaje de grasa (PG%) y grasa en porcentaje (G%), y en 30 estudios indicaron el tejido adiposo en kilogramos (TAkg): masa grasa (MGkg), grasa corporal (GCkg), masa grasa corporal (MGCKg). En las mujeres, los datos de TA% fueron de 8.9% a 31% y del TAkg, hubo datos de 4.1kg hasta 21.69 kg. En hombres, los datos fueron de 6.5% a 20.3% y de 4.8kg a 18.2kg. La masa libre de grasa fue reportada en valores porcentuales en 8 estudios: masa libre de grasa (MLG%), relativa masa libre de grasa (RMLG%), mientras que en kilogramos (MLGkg) fue reportado en 45 estudios. Por su parte, la masa magra en kilogramos (MMakg) fue medida en 5 estudios, y en 1, la masa magra blanda en kilogramos (MMBkg).

Disponibilidad energética y Composición corporal

En mujeres, el 52.8% de los datos de TA% con un valor mínimo 9.1% y máximo de 29.4% pertenecían al rango de BDEC (7.8 a 29.8 kcal/kg MLG/día). El 41.7% de los datos de TA% con valor mínimo de 8.9% y máximo de 27.9%, correspondían a un rango de BDES (30.4 a 44.3 kcal/kg MLG/día). Mientras que el 5.5% de los datos de TA% con valor mínimo de 9.7% y máximo de 23.1% se relacionaron con ADE (45.8 a 52.2 kcal/kg MLG/día). En hombres, en un rango de 11.09 a 29.7 kcal/kg MLG/día de BDEC, estuvo el 34.3% de los datos de TA% con valor mínimo y máximo de 6.5% a 18.8%. En un rango de 30.58 a 39.6 kcal/kg MLG/día de BDES, estuvo el 34.3% de los datos de TA% con valor mínimo y máximo de 7.1% a 20.3%. En un rango de 41 a 53.8 kcal/kg MLG/día de ADE, hubo un 31.4% de los datos de TA% con valor mínimo y máximo de 7.1% a 18.6%.

A raíz de la heterogeneidad de los datos de CC, estos se describen en la tabla 1, complementados con información sobre agua corporal, masa ósea y masa muscular.

Tabla 1. Resumen de evidencia

Autor, año y tipo de estudio	Muestra, sexo, disciplina deportiva y edad	Disponibilidad energética			Composición corporal		Control de sesgos
		IE / GEE (M)	Características GEE y presentación algebraica DE	DE Valor	M	Medidas y valores promedio	
(Lagowska et al., 2014)	n=31 Femeninas Remo, nado sincronizado y triatlón 18.1±2.6	DRDF 7d / RFC 3d	NI	28.3	BIA	MG(%)=20.6 MG(kg)=12.2 MLG(%)=79.4 MLG(kg)=47.1	Evaluación, intervención



(Wright et al., 2014)	n=22 Femeninas Hockey y balonred 18-30 años	DRD 3d / RDEE 3d	GE del ejercicio planificado, incluyendo juegos y ejercicio recreativo, menos el valor energético de las actividades de la vida diaria.	24	DXA	GC(%)=23.5 MLG(kg)=49.0	Evaluación, Intervención, monitoreo permanente
			$= \frac{estDE \text{ PIE (kcal)} - PestGEE \text{ (kcal)}}{MLG \text{ (kg)}}$				
(Silva & Paiva, 2015)	n=67 G1=36 G2=31 Femeninas Gimnasia rítmica G1=16-18 años G2=19-26 años 18.7±2.9	R 24h / CEAF	GE de la duración del ejercicio	G1=32.9 G2=29.8	BIA	G1: GC (%) =9 MLG (kg)=28.2 TAC(L/día) =50.2 G2: GC (%) =9.1 MLG (kg)=29.9 TAC(L/día) =51.9	Monitoreo constante
(Lagowska & Kapczuk, 2016)	n=31 Femeninas Remo, nado sincronizado y triatlón 18.1±2.6	DRD 7d / RFC 3d	NI	28.3	BIA	MG (%) =20.6 MG (kg)=12.2 MLG (%) =79.4 MLG (kg)=47.1	Evaluación
(Melin et al., 2016)	n=25 GODE=11 GBDE=14 Femeninas Carrera de media y larga distancia, triatlón y orientación GODE=27.9±6.4 GBDE=25.6±4.9 18-38 años	DRD 7d / RDEE 7d RFC 7d	GE atribuible únicamente al entrenamiento, menos la TMR de la duración del entrenamiento, la Termogénesis por Actividad No Asociada al Ejercicio (TANE) de la duración del entrenamiento.	GODE= 52.2 GBDE= 34.9	DXA	GODE MG(kg)=11.7 MG(%)=20.3 MLG(kg)=46.2 GBDE MG(kg)=11.7 MG(%)=19.4 MLG(kg)=46.3	Evaluación, Intervención y monitoreo
(Silva & Paiva, 2016)	n=67 GGYM1=33 GGYM2=34 Femeninas Gimnasia GGYM1=19.7±3.1 16-26 años GGYM2=17.8±2.2 16-24 años	R 24h / CEAF	GE de la duración del ejercicio	GGYM1= 29.7 GGYM2= 32.3	BIA	GGYM1 GC(%)=9.2 MLG(kg)=30.3 TAC(L/day)=48.2 GGYM2 GC(%)=8.9 MLG(kg)=28.6 TAC(L/day)=51.5	Monitoreo y evaluación
(Muia et al., 2016)	n=56 Femeninas Carrera de media y larga distancia 16-17 años	DRD 5d / RDEE 5d	GE de todo el ejercicio intencionado como parte del entrenamiento.	36.5	PC	MLG(kg)=41.0	Clasificación de deportistas, Evaluación, Intervención
			$DE = (PDIE, kcal \cdot d^{-1} - PDGEE, kcal \cdot d^{-1}) \cdot Masa Libre de Grasa (MLG, kg)^{-1}$				
(Silva & Silva, 2017)	n=72 GNI=38 GA=34 Masculinos Hockey sobre patines GNI=10.1±0.3 8-11 años GA=14.3±0.7 12-16 años	DRD 3d / CEAF	Todo el GE del ejercicio, el entrenamiento y las clases de educación física.	GNI=47.8 GA=49.8	PC	GNI GC(%)=18.6 MLG(kg)=35.2 GA GC(%)=12.4 MLG(kg)=53.1	Evaluación e intervención del entrenamiento
(Schaal et al., 2017)	n=9 Femeninas Nado sincronizado 20.4±0.4	DRDF 4d / RFC 4d	Exclusivamente el GE del entrenamiento físico	MB=25 MS4=18	PC	MB MMA(kg)=48.6 MG(kg)=10.2 GC(%)=17.3 MS4 MMA(kg)=48.8 MG(kg)=9.6 GC(%)=16.4	Evaluación, Intervención de deportistas
(Torstveit et al., 2018)	n=31 GNTMR=11 GSTMR=20 Masculinos Carrera de larga distancia, ciclismo y triatlón GNTMR=30.8±7.2 GSTMR=36.9±7.9	DRD 5d / RFC 5d	GE atribuible al entrenamiento, menos la TMR	GNTMR= 41 GSTMR= 37	DXA	GNTMR GC(kg)=11.0 GC(%)=12.8 MLG(kg)=64.0 GSTMR GC(kg)=8.2 GC(%)=11.1 MLG(kg)=63.1	Evaluación de los deportistas



18-50 años							
(Heikura et al., 2018)	n=59						
	GFBDE=11 GFMDE=24 GMBDE=6 GMMDE=18						
(T)	Femeninas	DRD 7d / RDEE 7d	Resta entre el total del GE del ejercicio de las sesiones de entrenamiento y el GER ocurrido en las sesiones de entrenamiento	GFBDE=24 GFMDE=38 GMBDE=21 GMMDE=37	DXA	GFBDE GC(%)=11.8 GFMDE GC(%)=11.8 GMBDE GC(%)=6.5 GMMDE GC(%)=7.1	Evaluación, intervención,
	Marcha, carrera de media y larga distancia						
	GFBDE=25.0±4.5 GFMDE=25.9±3.5 GMBDE=26.9±3.8 GMMDE=27.2±4.2		DE=(IE-EEE)/MLG				
18-40 años							
(Silva et al., 2018)	n=82						
	GFN=38 GFA=23 GMN=10 GMA=11						
(O-T-D)	Femeninas	DRD 3d / CEAF	GE del entrenamiento.	GFN=45.8 GFA=32.8 GMN=53.8 GMA=45.1	PC BIA	GFN GC(%) PC=9.9 GC(%) BIA=9.7 MLG(kg) BIA=20.9 TAC(L/day)=45.6 GFA GC(%) PC=12.8 GC(%) BIA=12.6 MLG(kg) BIA=25.2 TAC(L/day)=50.1 GMN GC(%) PC=7.1 GC(%) BIA=7.1 MLG(kg) BIA=23.8 TAC(L/day)=46.9 GMA GC(%) PC=7.6 GC(%) BIA=7.9 MLG(kg) BIA=37.2 TAC(L/day)=52.1	Evaluación
	Masculinos						
	Gimnasia acrobática						
	GFN=10.5±0.7 GFA=16.1±2.1 14-18 años GMN=11.1±1.3 9-13 años GMA=16.3±2.7 14-18 años						
(Torstveit et al., 2019)	n=53						
	GBEDE=23 GAEDE=30						
(O-T)	Masculinos	DRD 3-4d / RFC 3-4d	GE atribuible al entrenamiento, menos la TMR	GBEDE=41 GAEDE=35.1	DXA	GBEDE GC(kg)=9.4 GC(%)=14.1 MLG(kg)=63.2 GAEDE GC(kg)=9.4 GC(%)=13.5 MLG(kg)=65.7	Evaluación, Intervención
	Ciclismo, triatlón and carrera de larga distancia						
	GBEDE=35.4±9.3 GAEDE=35.2±7.7						
18-50 años							
(Zabriskie et al., 2019)	n=20						
	Femeninas						
(O-L-D)	Lacrós	DRD 4d Energy Availability=(Energy intake-GEA)/kg FFM / RA RFC		MF1=30.4 MF3=22.9 MF5=28.9	DXA	MF1 MLG(kg)=47.0 MG(kg)=18.4 PG(%)=27.9 CMO(g)=2575 MF3 MLG(kg)=47.9 MF(kg)=18.3 PF(%)=27.3 CMO(g)=2572 MF5 MLG(kg)=47.4 MG(kg)=17.8 PG(%)=27.0 CMO(g)=2610	Evaluación
	20.4±1.8						
(Sarin et al., 2019)	n=42						
	GDIET=25 GCON=17						
(O-L)	Femeninas	DRD / RDAF	NI	GDIET=36.3 GCON=40.5	DXA	GDIET MG(kg)=14.88 MMA(kg)=47.69 GCON MG(kg)=14.19 MMA(kg)=47.52	Evaluación
	Fisicoculturismo categoría físico						
	27.5±4.0						



(Lee et al., 2020)	n=12 GBDE=5 GADE=7 Masculinos Fútbol 19.1±0.7 18-21 años	DRDF 7d / RFC	GE que resulta del GE del entrenamiento, menos el GER durante el ejercicio DE=(IE kcal/d-GEE neto kcal/d)/MLG kg	GLEA=22.4 GHEA=38.7	DXA	GBDE GC(kg)=8.7 GC(%)=12.0 MLG(kg)=63.2 GADE= GC(kg)=9.1 GC(%)=13.3 MLG(kg)=57.9	Evaluación, intervención
(Taguchi et al., 2020)	n=6 Masculinos Carrera de larga distancia 19-21 años	DRDF 3d / RFC 3d	GE que resulta del GE del entrenamiento, menos el GER durante el ejercicio DE=(IE(kcals)-GEE neto (kcals))/Masa Libre de Grasa (MLG)(kg)	18.9	DXA	GC(%)=9.5 MLG(kg)=51.0	Evaluación
(Magee et al., 2020)	n=18 Femeninas Fútbol 19.2±1.1	DRD 4d / RFC 4d RVI 4d	GE de la actividad durante cada práctica y partido	27.5	PDA	MLG(kg)=49.1 GC(%)=24.9	Evaluación, intervención
(Torres-McGehee et al., 2021)	n=95 GE=28 GF=20 GV=12 GS=17 GVP=18 Femeninas Equitación Fútbol Voleibol Sóftbol Voleibol playa GE=19.4±1.3 GF=19.8±1.3 GV=19.2±1.3 GS=19.6±1.1 GVP=19.9±1.5	DRD 7d / RFC 7d RA 7d RDEE 7d RDAF 7d	GE debido a la demanda metabólica del ejercicio (DE=[IE-GEE]/kg/MLG)	GE=21.9 GF=42.3 GV=18.6 GS=7.8 GVP=12.44	DXA	GE GC(%)=29.4 MLG(kg)=46.5 GF GC(%)=25.5 MLG(kg)=49.0 GV GC(%)=22.1 MLG(kg)=52.0 GS GC(%)=22.4 MLG(kg)=50.6 GVP GC(%)=20.4 MLG(kg)=50.3	Evaluación
(Lee et al., 2021)	n=10 GN=5 GS=5 Masculinos Fútbol 19.1±0.6 18-21 años	DRD 7d / RFC 7d RA 7d	GE que resulta del GE del entrenamiento en equipo e individual, menos el GER medido y no predicho de la duración del entrenamiento	GN=37.8 GS=27.5	DXA	GN GC(kg)=9.2 GC(%)=13.5 MLG(kg)=58.5 MLG(%)=86.5 GS GC(kg)=9.6 GC(%)=13.1 MLG(kg)=62.4 MLG(%)=86.9	Intervención
(Jurov et al., 2021)	n=18 Masculinos Atletas de resistencia 27.5±5.7 18-35 años	DRDF 7d / RFC 7d	GE de las sesiones de ejercicio DE=(IE-GEE)/MLG	29.5	BIA	MLG(kg)=64.5 MLG(%)=89.8 GC(%)=10.2	Evaluación e Intervención
(Kinoshita et al., 2021)	n=18 G>30=12 G<30=6 Femeninas Carrera de media y larga distancia G>30=16.8±0.9 G<30=16.8±0.8 15-19 años	DRDF 7d / RFC RDVC RDEE	Resta de la TMR de la duración equivalente al ejercicio, al promedio del GE total de entrenamiento y otras actividades con un equivalente calórico de 5 kcal·L ⁻¹ de O ₂	G>30=44.3 G<30=16.5	DXA	G>30 GC(%)=12.0 MG(kg)=5.2 MLG(kg)=37.8 G<30 GC(%)=16.6 MG(kg)=8.6 MLG(kg)=42.4	Evaluación
(Schaal et al., 2021)	n=16 GBA=9 GSNFC=7 Femeninas Carrera de larga distancia GBA=29.4±1.6 GSNFC=27.7±2.3 21-33 años	DRD 7d / RFC 7d RA 7d	Suma del GE de dos componentes: (GEE propio del entrenamiento y GEE no relacionado con el entrenamiento)	GBA=24.4 GSNFC=30.4	DXA	GBA GC(%)=22.5 GSNFC GC(%)=23.5	Intervención
(Villa et al., 2021)	n=30 GPA=17 GA=13 Femeninas Gimnasia rítmica GPA=10.51±1.07	DRD 7d R 24h / RA 4d	NI	GPA=27.92 GA=19.73	BIA	GPA MMu(kg)=12.5 MMu(%)=44.1 MG(kg)=4.1 MG(%)=14.0 MLG(kg)=25.4	Evaluación



	9-12 años GA=15.87±1.43 13-18 años						MLG(%)=86.2 CMO(kg)=1.4 CMO(%)=4.9 ACE(kg)=7.1 ACI(kg)=11.6 GA MMu(kg)=22.5 MMu(%)=46.8 MG(kg)=7.1 MG(%)=14.3 MLG(kg)=41.2 MLG(%)=85.7 CMO(kg)=2.4 CMO(%)=5.1 ACE(kg)=11.4 ACI(kg)=18.8	
(Wood et al., 2021) (T)	n=40 GNERDC=28 GERDC= 12 Femeninas Carrera de fondo GNERDC=15.6±1.1 GERDC=15.9±1.0 14-17 años	DRD 7d R 24h / RFC 7d	GE de zonas de velocidad de recuperación, ritmo de entrenamiento y ritmo de carrera. DE=(IE)-GEE/MLG.	GNERDC= 38.9 GERDC= 32.6		DXA	GNERDC MLG(kg)=41.1 GC(%)=21.2 GERDC MLG(kg)=43 GC(%)=23.6	Evaluación, Intervención
(Macuh et al., 2022) (O-D)	n=23 Masculinos Fútbol 24±3.4 18-31 años	DRDF 3d / RDAF 3d	Suma del GE de todas las actividades físicas DE = $\frac{IE \text{ (kcal)} - GEE \text{ (kcal)}}{MLG \text{ (kg)}}$	29		BIA	MLG(kg)=59.4 MLG(%)=76.4 MG(kg)=18.2	Observación
(Cetiner-Oksin et al., 2023) (T)	n=15 Femeninas Baloncesto 19.53±1.3	DRD 3d / RDAF 3d	GE de entrenamiento/ejercicio y actividades de la vida diaria, que resulta de restar al GE total de cada actividad (MET min*TMR), menos la TMR que ocurriría en esa actividad. DE= (IE-GEE)/MLG(kg)	33.04		DXA	MG(kg)=21.69 GC(%)=31.00 MLG(kg)=46.55 MMB(kg)=43.80 MO(kg)=2.75	Intervención
(McGuire et al., 2023a) (O-L-D)	n=20 Masculinos Fútbol 25.5±3.1 18-40 años	DRDF 3d / RDEE 3d	Suma del GE de las sesiones de gimnasio y entrenamiento en campo, menos las calorías atribuibles a la TMR durante el ejercicio DE= IE-GEE(ajustado por la taza metabólica en reposo(TMR))/kgMCM/d	MPT=29.7 MET=28.3		PC	MPT MG(kg)=10.3 MMa(kg)=74 GC(%)=12.18 MET MG(kg)=8.8 MMa(kg)=72.8 GC(%)=10.7	Evaluación e intervención
(Kettunen, Mikkonen, Mursu, et al., 2023) (O)	n=23 Femeninas Esquí de fondo y biatlón 15-19 años	DRDF 3d / RFC 3d	GE atribuible a la sesión de entrenamiento, menos el TMR durante el ejercicio DE = $\frac{IE - GEE}{MLG}$	M1=36.7 M2=37.8 M3=40.0		BIA	M1 MLG(kg)=51.0 MG(kg)=10.6 PG(%)=17.0 M2 MLG(kg)=51.9 MG(kg)=10.9 PG(%)=17.1 M3 MLG(kg)=51.5 MG(kg)=13.0 PG(%)=20.0	Evaluación
(Stenqvist et al., 2023) (L)	n=13 Masculinos Esquí de fondo y biatlón 16.3±0.4	RA 4d ES / RFC	GE de las sesiones de entrenamiento DE=IE(kcal)-GEE(kcal)/masa libre de grasa(MLG) (kg)	50.7		DXA	MLG(kg)=57.4 GC(%)=11.5	Intervención
(Klein et al., 2023) (O-T)	n=30 GFe=15 GMa=15 Femeninas Masculinos GFe=19.7±1.5 GMa=19.9±1.2	DRD 3d / RDEE 7d	GE de la actividad física estructurada DE= (energy intake [IE]-exercise energy expenditure [GEE])/masa libre de grasa (FFM)	GFe=34.9 GMa=32.7		BIA	GFe MG(kg)=16.9 GC(%)=25.3 MLG(kg)=48.8 MME(kg)=27.1 GMa MG(kg)=9.3 GC(%)=11.1 MLG(kg)=70.2 MME(kg)=40.3	Intervención

(Monedero et al., 2023)	n=25 GFe=11 GMA=14 Femeninas Masculinos Escalada de roca GFe=27.6±6.9 GMA=26.6±6.4 18-45 años	DRD 4d / RA 6d RFC 4d RDAF	GE propio del ejercicio con factor de corrección, menos la TMR del tiempo de ejercicio DE={IE-[GEE-(TMR/min×exercise min)]}/MLG	GFe=33.3 GMA=36.1	BIA	GFe MG(%)=23.06 MG(kg)=13.35 MLG(kg)=43.73 GMA MG(%)=11.55 MG(kg)=8.20 MLG(kg)=61.49	Evaluación, intervención
(Gogojewicz et al., 2023)	n=11 Masculinos Fútbol sala 26±3.62	DRD 3d / RFC 3d	GE durante las sesiones de entrenamiento en equipo y partidos DE (kcal·kg·MLG ⁻¹ ·day ⁻¹)= [IE(kcal·day ⁻¹)-GEE(kcal·day ⁻¹)]·MLG (kg) ⁻¹	25.7	BIA	G(%)=16.9 MG(kg)=13.6 MLG(kg)=65.7 TAC(%)=57.4	Evaluación, intervención, observación
(Haines et al., 2023)	n=20 Masculinos Carrera de larga distancia 24.8±4.0 16-31 años	DRD 4d / RDAF 3d	NI	34	DXA	MG(%)=20	Evaluación
(Scheffer et al., 2023)	n=25 GBDE=16 GMDE=9 Femeninas Remo GBDE=24.4±2.5 GMDE=25.5±3.0	DRDF 3d / RFC 4d	GE del ejercicio relacionado con el entrenamiento DE= IE-GEE/MLG	GBDE=15.5 GMDE=36.8	DXA	GBDE GC(%)=24.9 MLG(kg)=57.9 GMDE GC(%)=20.5 MLG(kg)=57.0	Evaluación, intervención
(Dasa et al., 2023)	n=51 Femeninas Fútbol 22±4 >16 años	R 24h 3d / RGPS	GEE=GE de partidos y entrenamiento GEA=Total del gasto energético diario, menos el ETA, menos la TMR DE=[IE - GEE]/MLG DE=IE-[GEA/MLG]	21.6	DXA	MLG(kg)=49.3 GC(%)=24.6	Evaluación, seguimiento
(McGuire et al., 2023b)	n=21 Masculinos Fútbol 24.1±3.8 18-40 años	DRDF 3d / RDAF 2d	GE de las sesiones de entrenamiento de gimnasio y campo, menos la TMR de las mismas sesiones	MA=33.9 MDu=31.7 MDe=33.1	PC	MA MG(kg)=15.04 MCM(kg)=71.24 MDu MG(kg)=14.49 MCM(kg)=71.09 MDe MG(kg)=16.24 MCM(kg)=69.29	Evaluación
(McHaffie et al., 2023)	n=23 Femeninas Fútbol 17.9±0.5 17-18 años	RFAD 10d / RGPS 10d RDAF 10d	GE de las sesiones de entrenamiento de campo y de gimnasio, menos la TMR de la duración de las sesiones. DE= (IE-GEE)/MLG	34	BIA	MLG(kg)=45.7 MG(kg)=15.9 GC(%)=25.7	Evaluación, intervención
(Mursu et al., 2023)	n=61 GFAF=50 GMAF=11 Femeninas Masculinos Fisicoculturismo categoría físico GFAF=27.7±4.1 GMAF=28.0±5.6 19-40 años	DRD 4d / RDEE	GE del ejercicio de fuerza y de tipo aeróbico DE= (Ingesta energética-gasto energético del ejercicio)/MLG	GFAF=41.3 GMAF=37.2	DXA	GFAF GC(%)=23.4 MLG(kg)=50.4 GMAF GC(%)=14.9 MLG(kg)=76.7	Evaluación
(Willingham et al., 2024)	n=13 Femeninas Voleibol playa 20.4±1.7	DRD 7d / RFC 4d	GE del TANE y la actividad relacionada con el ejercicio DE = $\frac{(IE - GEA)}{MLG (kg)}$	MPT=35.3 MS1=32.0 MS5=36.8 MS9=32.8	PDA	MPT GC(%)=22.2 MLG(kg)=52.7 MS1 GC(%)=21.4 MLG(kg)=54.3 MS5 GC(%)=19.9 MLG(kg)=55.2 MS9 GC(%)=19.8 MLG(kg)=55.7	Intervención



(de Souza et al., 2024)	n=24 GT=11 GB=13 Femeninas Acrobacia y volteretas GT=20.1±0.9 GB=19.5±1.3	RA 3d / RDEE 5d	Resultado de restar el GEE ajustado (horas de entrenamiento diario × TMR / 24 horas) al GEE total (el total de calorías gastadas de cada sesión de entrenamiento)	GT=28.8 GB=23.8	DXA	GT MLG(kg)=41.7 RMLG(%)=76.3 MG(kg)=13.1 RMG(%)=23.8 GB MLG(kg)=52 RMLG(%)=73.9 MG(kg)=18.3 RMG(%)=25.9	Evaluación
(O-L-D)			$DE = \frac{(IE - GEE)}{MLG}$				
(Abulmeaty et al., 2024)	n=60 GFe=21 GMa=39 Femeninas Masculinos Culturismo, levantamiento de pesas, spinning, baloncesto, crossfit, artes marciales, tenis, fútbol, levantamiento de potencia, voleibol playa, karate, ciclismo y judo GFe=28.90±7.02 GMa=25.71±7.00 18-45 años	RA 2d DRDF 3d / RA RDAF	Incluye la TANE y el GE del ejercicio	GFe=18.85 GMa=11.09	BIA	GFe GC(%)=28.21 MG(kg)=17.86 MLG(kg)=43.89 MMu(kg)=41.67 TAC(kg)=32.13 GMa GC(%)=16.84 MG(kg)=13.34 MLG(kg)=62.54 MMu(kg)=59.09 TAC(kg)=45.79	Evaluación, intervención
(O-T-Co)							
(Uriegas et al., 2024)	n=27 Femeninas Fútbol, baloncesto y voleibol 19±1	DRD 7d / RFC 7d	GE de partidos y del ejercicio planeado e intencional.	15.9	BIA DXA	MLG(kg)=49.3 GC(%)=27.9	Intervención
(T-D)							
(Kuhlman et al., 2024)	n=14 GBDE=12 GNBDE=2 Masculinos Gimnasia GBDE=21.1±1.3 GNBDE=20.5±0.7	DRD 7d / RFC 3d	GE por actividad durante los entrenamientos.	GBDE=20.98 GNBDE=30.58	PDA	GBDE MLG(kg)=61.7 MG(kg)=6.23 GC(%)=9.2 GNBDE MLG(kg)=58.7 MG(kg)=5.74 GC(%)=8.9	Evaluación
(O)							
(Saidi et al., 2024)	n=42 GBDE=20 GRDE=15 GODE=7 Masculinos Rugby GBDE=16±0.74 GRDE=16.4±0.97 GODE=16.2 ± 1.12	DRD 7d / RA 7d	GE propio del ejercicio $DE (kcal \cdot kg \cdot MLG^{-1} \cdot day^{-1}) = [IE(kcal \cdot day^{-1}) - GEE(kcal \cdot day^{-1})] \cdot MLG(kg)^{-1}$	GBDE=22.8 GRDE=32.3 GODE=45.8	BIA	GBDE GC(%)=18.8 MLG(kg)=69.7 GRDE GC(%)=13.1 MLG(kg)=68.8 GODE GC(%)=10.9 MLG(kg)=65.8	Intervención
(O-L)							
(Sim et al., 2024)	n=12 Masculinos Carrera de fondo 25.8±3.8 21-35 años	DRDF 3d / RDEE	NI	42.8	BIA	MLG(kg)=52.8 MCG(kg)=8.40 GC(%)=13.7	Evaluación
(E-C)							
(Besor et al., 2024)	n=18 GFe=12 GMa=6 Femeninas Masculinos Gimnasia acrobática GFe=14.3±1.2 GMa=14.3±2.5 12-18 años	DRDF 3d / RDAF	GE del ejercicio, menos la TMR de la duración del ejercicio reportado	GFe=27 GMa=39.6	DXA	GFe GC(%)=22.9 MLG(%)=77 MLG(kg)=35.5 GMa GC(%)=20.3 MLG(%)=79.6 MLG(kg)=40.9	Evaluación
(Ch-C-P)							
(Zamboni et al., 2024)	n=69 GCR=39 GCM=30 Masculinos Ciclismo de carretera y ciclismo de montaña GCR=35.3±6.3 GCM=37.3±5.9	CFA / CEAF	GE del ejercicio planificado y excluye actividad física derivada de recreación o actividades relacionadas con el transporte, aplicando factor de corrección, menos la TMR de la duración del ejercicio $DE = IE - [GEE - (TMR / \min * \text{exercise min})] * MLG(kg)^{-1} * day^{-1}$	GCR=34.6 GCM=30.7	DXA	GCR MLG(kg)=62.2 MG(kg)=10.3 GCM MLG(kg)=61.1 MG(kg)=8.0	Intervención, evaluación
(O-T)							



25-45 años							
(Tektunali Akman et al., 2024)	n=83 GC=38 GI=45 Femeninas Fútbol, baloncesto y voleibol GC=17.2±2.6 GI=17.1±1.5 15-18 años	DRD 3d / RDAF 3d	GE de toda actividad del día con una intensidad mayor a 4 METs, menos el TMR del momento del ejercicio DE=(IE-GEE)/MLG	GC MB=27.3 MA=27.25 MDe=27.19 GI MB=24.1 MA=24.1	BIA	GC MB GC(%)=19.2 MG(Kg)=11.7 MLG(kg)=47.5 MA GC(%)=18.98 MG(Kg)=11.74 MLG(kg)=47.54 MD GC(%)=18.62 MG(Kg)=11.16 MLG(kg)=47.79 GI MB GC(%)=19.4 MG(Kg)=11.6 MLG(kg)=47.0 MA GC(%)=19.12 MG(Kg)=11.64 MLG(kg)=46.96	Evaluación
(McGuire et al., 2024)	n=13 Masculinos Carrera de larga distancia y triatlétas 34±5 19-40 años	DRDF 7d / RFC 7d	GE propio del entrenamiento, menos la TMR del tiempo de entrenamiento DE=IE-GEE (ajustado por TMR)/(MCM)	27.3	PC	MG(kg)=9.3	Evaluación, intervención, seguimiento, observación
(Liang et al., 2025)	n=11 GNBDE=5 GBDE=6 Femeninas Yudo >15 años	DRD 3d / RFC 3d	GE propio del entrenamiento	GNBDE 4SPC=39 2SPC=19.9 OSPC=13.6 GBDE 4SPC=18.2 2SPC=15.4 OSPC=11.7	DXA	GNBDE 4SPC GC(%)=22.3 MMT(Kg)=42.88 2SPC GC(%)=21.2 MMT(Kg)=42.67 OSPC GC(%)=19.6 MMT(Kg)=42.50 GBDE 4SPC GC(%)=23.0 MMT(Kg)=45.69 2SPC GC(%)=21.6 MMT(Kg)=45.72 OSPC GC(%)=20.2 MMT(Kg)=45.24	Evaluación, intervención, seguimiento, observación
(Garay et al., 2025)	n=77 GAD1=53 GAR=24 Femeninas Remo, campo traviesa, voleibol, hockey sobre césped, lacros, tenis, hockey sobre hielo, fútbol, porrismo, baloncesto, entrenamiento de pesas, carrera de fondo, natación y gimnasia GAD1=19.7±1.3 GAR=19.4±1.3 18-24 años	R24h 1-3d / NI	DE=[Ingesta energética (Kcal)-GEE (Kcal)]/MLG (Kg)]	GAD1=23.4 GAR=26.9	PDA	GAD1 GC(%)=24.3 GAR GC(%)=26.4	Evaluación, intervención, seguimiento
(Uchizawa et al., 2025)	n=26 GFA=8 GFM=9 GM=9 Femeninas Masculinos Carrera de media y larga distancia	DRD 7d / RA 7d	GE activo de la actividad física de vida libre	GFA=37 GFM MFF=36.2 MFL=36.2 GM=24.5	BIA	GFA MG(Kg)=8.5 MG(%)=17.6 MLG(Kg)=38.2 GFM MFF MG(Kg)=9.1 MG(%)=18.5	Evaluación, intervención,



GFA=19.6±1.5 GFM=19.2±0.7 GM=21.3±1.3		MLG(Kg)=39.6 MFL MG(Kg)=9.4 MG(%)=18.9 MLG(Kg)=39.9 GM MG(Kg)=4.8 MG(%)=8 MLG(Kg)=55.3	
(Lundstrom et al., 2025) (O-L-P)	n=38 GNS=26 GS=12	[DE=(IE-GEE)/MCM(Kg)]	GNS
	Femeninas	DRD 3d	GC(%)=23.1
	Carrera de larga distancia	/ RDEE	MG(Kg)=12.8
	GNS=19.4±0.23	7d	MCM(Kg)=39.7
	GS=19.5±0.37	18-25 años	MLG(Kg)=42
		GE del entrenamiento, menos la TMR del tiempo (Kcal/min) de entrenamiento	GS=48.9 GS=35.9
			DXA
			GC(%)=23.2
			MG(Kg)=12.3
			MCM(Kg)=40
			MLG(Kg)=42.3

EX: Experimental; Ch: Cohorte; T: Transversal; D: Descriptivo; E: Ensayo; O: Observacional; A: Aleatorizado; L: Longitudinal; Co: Correlacional; Lab: Laboratorio; I: Intervención; P: Prospectivo; C: Clínico; Con: Controlado; Comp: Comparativo; DRDF: Diario de Registro Dietético y Fotografía; DRD: Diario de Registro Dietético; R24h: Recordatorio de 24 horas; RA: Recordatorio de Alimentos; ES: Entrevista Semiestructurada; RFAD: Registro de Fotografías de Alimentos a Distancia; CFA: Cuestionario de Frecuencia de Alimentos; RFC: Registro de Frecuencia Cardíaca; RDEE: Registro Diario de Ejercicio o Entrenamiento; CEAF: Cuestionario de Ejercicio o Actividad Física; RA: Registro de Acelerometría; RDAF: Registro Diario de Actividad Física; IE: Ingesta energética, GEE: Gasto energético del ejercicio; DE: Disponibilidad energética; RVI: Registro de Valores Inerciales; RDVC: Registro Diario de Velocidad de Carrera; RGPS: Registro en GPS; G1: Grupo 1; G2: Grupo 2; GM: Grupo masculino; GFA: Grupo femenino amenorreicas; GFM: Grupo femenino menstruante; GODE: Grupo óptima disponibilidad energética; GBDE: Grupo baja disponibilidad energética; GGYM1: Grupo gimnasio 1; GGYM2: Grupo gimnasio 2; GNI: Grupo niños; GA: Grupo adolescentes; GNTMR: Grupo normal tasa metabólica de reposo; GSTMR: Grupo suprimido tasa metabólica de reposo; GNBDE: Grupo no baja disponibilidad energética; GBDE: Grupo baja disponibilidad energética; GFBDE: Grupo femenino baja disponibilidad energética; GFMDE: Grupo femenino moderada disponibilidad energética; GMBDE: Grupo masculino baja disponibilidad energética; GMMDE: Grupo masculino moderada disponibilidad energética; GFN: Grupo femenino niñas; GFA: Grupo femenino adolescentes; GMN: Grupo masculino niños; GMA: Grupo masculino adolescentes; GAD1: Grupo atletas división1; GAR: Grupo atletas recreacionales; GBEDE: Grupo baja escala dependencia al ejercicio; GAEDE: Grupo alta escala dependencia al ejercicio; GDIET: Grupo dieta; GC: Grupo control; GE: Grupo equitación; GF: Grupo fútbol; GV: Grupo voleibol; GS: Grupo softbol, GVP: Grupo voleibol playa; GN: Grupo normal; GS: Grupo suprimido; GNS: Grupo no suprimido; G>30: Grupo menor a 30kcal/kg/MLG; G<30: Grupo mayor a 30kcal/KG(MGL); GBA: Grupo bien adaptado; GSNFC: Grupo sobrecarga no funcional corredores; GPA: Grupo preadolescentes; GNERDC: Grupo no elevado restricción dietética cognitiva; GERDC: Grupo elevada restricción dietética cognitiva; GFe: grupo femenino; Gma: Grupo masculino; GBDE: Grupo baja disponibilidad energética; GMDE: Grupo moderada disponibilidad energética; GFAF: Grupo femenino atleta físico; GMAF: Grupo masculino atleta físico; GT: Grupo top; GB: Grupo base; GNBDE: Grupo no baja disponibilidad energética; GRDE: Grupo reducida disponibilidad energética; GODE: Grupo óptima disponibilidad energética; GCR: Grupo ciclismo de ruta; GCM: Grupo ciclismo de montaña; GI: Grupo intervención; MG: Masa grasa; MLG: Masa libre de grasa; GC: Grasa corporal; TAC: Total agua corporal; MMa: Masa magra; PG: Porcentaje de grasa; CMO: Contenido mineral óseo; MMu: Masa muscular; ACE: Agua corporal extracelular; ACI: Agua corporal intracelular; MMB: Masa magra blanda; MO: Masa ósea; MME: Masa muscular esquelética; G: Grasa; MCM: Masa corporal magra; RMLG: Relativa masa libre de grasa; RMG: Relativa masa grasa; MCG: Masa corporal grasa; NI: No indica; BIA: Análisis de impedancia bioeléctrica; DXA: Absorciometría dual de rayos X; PC: Pliegues cutáneos; PDA: Pletismografía por desplazamiento de aire; MB: Medida base; MS4: Medida semana 4; MF1: Medida fase 1; MF3: Medida fase 3; MF5: Medida fase 5; MPT: Medida pretemporada; MET: Medida en temporada; M1: Medida 1; M2: Medida 2; M3: Medida 3; MA: Medida antes; MDu: Medida durante; MDde: Medida después; MS1: Medida semana 1; MS5: Medida semana 5; MS9: Medida semana 9; MFF: Medida fase folicular; MFL: Medida fase lutea.

Discusión

Hallazgos generales

El alto número de evidencia encontrada con las variables de interés es uno de los principales hallazgos de este estudio, considerando la escasez de literatura en las que se realice un análisis primario de los estados o cambios de la CC según niveles de DE. A su vez, la mayoría de los deportistas en los estudios es femenino (1219 de 1818 atletas), lo cual afianza el hecho de que la DE en el ámbito del ejercicio y su impacto en la salud, es mejor documentada en la población femenil (Oxfeldt et al., 2023). De 5 estudios incluidos en esta revisión, se demuestra que las niñas son las más prevalentes a baja DE clínica y subclínica, en comparación con los niños que presentan en su mayoría ADE, lo que puede sugerir con precaución que los trastornos de una BDE en mujeres, puede iniciarse en la preadolescencia y adolescencia (Villa et al., 2021).

Disponibilidad energética

(Loucks & Verdun, 1998) plantearon sobre la DE ($DE = (IE - GEE) / MCM$) sustraer del total de gasto energético diario, la TMR y el gasto energético de actividades de vigilia no relacionada con ejercicio (Areta et al., 2021), evolutivamente se evidencian propuestas con características de GEE y presentaciones alébricas de la DE en las que se reemplaza el GEE por GEA, lo cual implica un gasto energético más amplio



Las contribuciones del TANE que en muchos casos ha sido significativa (Areta et al., 2021), se encontró como la prevalencia de BDE puede aumentarse por estimar la DE con GEA en vez de GEE (Dasa et al., 2023). Sin embargo, el uso indeterminado de GEE o GEA, genera confusiones, debido a que, sea que se estime DE con GEA (Abulmeaty et al., 2024; Dasa et al., 2023; Kuhlman et al., 2024; Magee et al., 2020; Willingham et al., 2024) o con GEE (Cetiner-Oksin et al., 2023; Kinoshita et al., 2021; Macuh et al., 2022; Schaal et al., 2021; Scheffer et al., 2023; Tektunali Akman et al., 2024), algunos autores integran componentes del gasto energético de la actividad física no estructurada.

En función del GEE y basado en todas las características halladas de esa variable, esta investigación sugiere, como mínimo, estimar y promediar el GE de todo el tiempo de vigilia de dos días de entrenamiento (GEVE), y dos días sin entrenamiento (GEV), la diferencia entre ambos promedios (GEVE-GEV) será el total de GEE (TGEE), posteriormente, será restado del TGEE, su 10% alusivo al ETA y el GER de las horas de vigilia, de los mismos días serán tomados los datos de IE. Esta propuesta cobra relevancia ya que los días de entrenamiento requieren dinámicas organizacionales y logísticas probablemente muy diferentes a las de un día sin entrenamiento, lo cual “cuesta” más, en términos de energía, y además, no se desprestigia lo que el TANE puede causar sobre la DE y será afortunado observar el comportamiento del EPOC (Halsey, 2021), sobre el GEV. Se hace necesario retomar que, los umbrales de BDE asumen el mantenimiento de funciones fisiológicas, esto no se multiplica por el factor de actividad de un sujeto, en tal caso el TANE es simplemente excluido, pero es bien sabido que sí contribuye al gasto energético diario total (Fernandez-Verdejo et al., 2024).

En cuanto a la estimación del GEE en campo y en gimnasio, se debe considerar que en campo, solo es bien aceptada la trazabilidad de datos de calorimetría indirecta frente a la frecuencia cardiaca en laboratorio para cuantificar el GEE (Heikura et al., 2022). Algunas aplicaciones con calorímetros portátiles y realización de tareas físicas alusivas al deporte (Dasa et al., 2022) pueden cruzarse con variables de apoyo como la FC, y así estimar el gasto bajo demandas físicas más específicas. Por su parte el ejercicio de fuerza o en gimnasio reportados en estudios de esta investigación (McGuire et al., 2023a, 2023b; McHaffie et al., 2023; Mursu et al., 2023), requieren otras especificidades metodológicas para determinar el GEE, tales como, mediciones de gasto energético por vía aeróbica (calorimetría indirecta), glucolítica (lactato en sangre) y fosfagénica (medidas de consumo de oxígeno post-ejercicio) (Mitchell et al., 2024).

En el caso de la IE, posiblemente la mayor debilidad de los recursos para estimarla (recordatorios de alimentos, diario de registro dietético, entrevista, registro fotográfico y frecuencias de consumo), es el autoinforme, y metodologías emergentes basadas en agua doblemente marcada (Tarnowski et al., 2023) podrían intentar superar esta limitación. Obtener datos más homogéneos en Kcal/kg/MLG, termina siendo una labor difícil, más aún cuando la “sencillez” de la fórmula para despejar DE ($DE = (IE - EEE) / MLG$) (Loucks, 2020), hace que se cometan errores matemáticos en su planteamiento, tal es el caso de Peklaj y colegas (Peklaj et al., 2022) quienes en 2022 restaron a la IE, el absoluto de GEE, además, restaron a ese resultado el GER del tiempo alusivo a la actividad física, para luego ser normalizada por MLG. Esto sucedió al ubicar inadecuadamente los paréntesis de la fórmula $DE = (IE - EEE - (GER/h * tiempo de AF)) / FFM$, la investigación arrojó la existencia de BDE en los atletas; sin embargo, esto fue corregido en 2024, (Peklaj et al., 2024) e informados los cambios de los resultados. Así mismo, en este estudio se detectan fórmulas incorrectas que pueden generar errores en el cálculo de la DE ($n = 5$).

Aunque la prevalencia de BDE deriva directamente de la propuesta algebraica para estimar DE, los medios indirectos también demuestran grandes posibilidades para diagnosticarla (Heikura et al., 2022), a su vez la aplicación e incorporación de cuestionarios para conocer posibles factores de riesgo y síntomas asociados a la BDE pueden ser un recurso integrado y útil para tomar medidas cautelares en función de la salud de los atletas (Sim & Burns, 2021). No obstante, aludir a la salud de un atleta, merece reconocer que el detrimento de esta puede ser el resultado de múltiples causas, y en alguna medida pueden relacionarse con los frecuentes intentos del organismo por “lograr estabilidad mediante el cambio” bajo el paradigma de carga alostática, en ese sentido, la BDE no es la determinante absoluta de algunas irregularidades sistémicas, así pues, tanto el diagnóstico de DRE-D y de la TAFM aún requieren mayor cuerpo de evidencia que compruebe causalidad (Jeukendrup et al., 2024). Es destacable la preocupación del gremio científico de las ciencias de la salud y el deporte por crear y validar herramientas como el IOC REDs CAT2, con indicadores que ofrecen un perfil de signos y síntomas del deportista en niveles de gravedad y riesgo de DRE-D (Mountjoy et al., 2025); sin embargo, las dificultades para medir la DE, como

bien se ha mencionado, y la etiología multifactorial de síntomas y signos, descentralizan la BDE como precursor primario de un mal estado de salud (Areta et al., 2025).

Composición corporal

Una gran proporción de la muestra (n= 26) contó con DXA para evaluar composición corporal y algunos autores informaron el uso de protocolos estandarizados para mejores prácticas en su uso (Heikura et al., 2018; Schaal et al., 2021; Stenqvist et al., 2023). La mayoría de los datos encontrados eran sobre grasa corporal y masa libre de grasa y muchos obedecían a caracterización demográfica o estados de base sin pretender analizarlos como variable principal, así mismo se recomienda estudiarlos con cautela pues se desconoce si los datos se corrigieron con el modelo compartimental de Heymsfield (Heymsfield et al., 2002), eliminando la influencia del tejido adiposo libre de grasa (TALG) (Bonilla et al., 2021), aunque es de resaltar que hace falta más investigación sobre la pertinencia de la corrección de la MLG por TALG en dispositivo DXA (Moore et al., 2025). En varios estudios se prefirió utilizar otros métodos por motivos de seguridad en la exposición a radiación en población joven (Lagowska & Kapczuk, 2016; Lagowska et al., 2014); sin embargo, para fines evaluativos en población infantil y adolescente, son recomendables las referencias de la sociedad internacional de densitometría clínica (Guss et al., 2021).

Dos métodos de campo como el BIA y el PC (Gogojewicz et al., 2023), fueron usados en los estudios. Sobre la BIA, algunos autores reconocen sus limitaciones (Gogojewicz et al., 2023; Macuh et al., 2022; McGuire et al., 2024), así mismo, evidencia reciente confirma la sobreestimación de la MLG en atletas (Dzator et al., 2023) y la falta de acuerdo con estándares de referencia para precisar la MG (Campa et al., 2022). Ahora bien, el análisis del vector de impedancia bioeléctrica (AVIB) si promete mejores análisis cualitativos de la CC, perfilando atletas masculinos y femeninos por deporte, nivel, potencia o velocidad, de equipo o individual (Campa et al., 2021). Por su parte la CC con PC merece objetivar las ecuaciones según la muestra poblacional atlética en la que se haya validado (Bonilla et al., 2022). Del mismo modo, se sugiere que los análisis de los antropometristas se basen en resultados absolutos de la sumatoria de pliegues cutáneos cuando evaluar porcentaje de grasa suponga un error, además de incorporar registros de circunferencias corregidas por pliegues cutáneos, el índice de masa magra y manejo estadístico básico (Bonilla et al., 2022).

Disponibilidad energética y Composición Corporal

Como bien lo indica Cetiner-Oksin (Cetiner-Oksin et al., 2023), insinuar que los datos de CC obtenidos de un único momento en el tiempo, sean el resultado de la DE identificada, carece de fundamento, además, el conjunto de datos encontrados presentan características muy diversas, y dicha heterogeneidad podría estar sujeta a todas las circunstancias expuestas anteriormente sobre las variables que constituyen la DE y CC. No obstante, se pueden hacer las siguientes precisiones que vinculan estas dos variables.

La presentación clásica de la fórmula de DE en la que se normaliza por los kg de MCM, el resultado de la resta entre IE y EEE (Loucks & Verdun, 1998), merece varias apreciaciones: en 2020 Loucks, confirmó que la MCM era el absoluto de masa corporal que no incluía grasa y que lo adecuado es utilizar MLG (Loucks, 2020), esto es congruente con las indicaciones de Heymsfield y colegas, quienes recomiendan el uso de MLG, pues aunque MCM y MLG son lo mismo, es químicamente correcta la distinción conceptual de MLG, del mismo modo los autores presentan una síntesis de aspectos a tener en cuenta sobre otros términos como: MMA, tejido magro blando, MME y masa muscular magra (Heymsfield et al., 2024); así pues, se pretende que futuros estudios no incurran en estos errores conceptuales.

Hasta el momento, se identifican relaciones discordantes entre la CC y los estados de BDE, pues ni en hombres ni mujeres, el menor valor de DE encontrado refleja el mínimo porcentaje de grasa (Abulmeaty et al., 2024; Torres-McGehee et al., 2021), de igual modo, estados de ADE, no reflejan ni en hombres ni mujeres, el máximo porcentaje de grasa (Melin et al., 2016; Silva et al., 2018). Un procedimiento estadístico podría reforzar la interpretación de los datos, no obstante, el tratamiento ameritaría segmentar por edades, sexo, y métodos, e indiferente a los resultados, no sería posible demostrar causalidad entre los estados de BDE y los resultados en la CC. A la fecha, la densidad mineral ósea, es el componente de la CC determinante en la triada del atleta masculino y femenino, y síntomas de DRE-D, con gran profundidad investigativa sobre valores de referencia en puntuación Z (Fredericson et al., 2021; Melin et al., 2024; Nattiv et al., 2021) por deporte, edad y sexo, como lo sugiere la sociedad internacional para la densitometría clínica (Shepherd et al., 2017).



Los esfuerzos por reconocer las perturbaciones sobre la CC que puede generar la DE y más específicamente la BDE, han trascendido a explicaciones sobre la manera en que el cuerpo compensa su gasto energético (Halsey, 2021), búsqueda de valores nutricionales en macronutrientes, y a optar por un indicador de CC más sensible a los cambios. En el primer caso, atribuirle en alguna medida a la reducción adaptativa de la TMR, el incremento del porcentaje de grasa en atletas de élite (de Souza et al., 2024), en el segundo, detectar como la dosis de carbohidrato y proteína pueden significar un factor protector o de riesgo es ciertos estados de DE (Fensham et al., 2022; Kettunen, Mikkonen, Linnamo, et al., 2023), y en el último, propio a la CC, la utilización del índice de masa libre de grasa (IMLG) puesto que su normalización por la estatura al cuadrado y ajuste por ecuaciones de regresión, refiere mejores posibilidades para establecer valores normativos por deporte y posiciones (Currier et al., 2019), detectar BDE, déficit proteico y DRE-D (Brandner et al., 2022), y considerar valores mínimos de IMLG en los que se pueda manifestar BDE (Jagim et al., 2024), así lo sugiere uno de los hallazgos de este estudio donde un IMLG de 16.92 kg/m^2 con TBAR 1209 como factor de corrección, podría indicar una BDE (Zabriskie et al., 2019), aunque aún requiere más estudios que coincidan con el factor de corrección para realizar comparaciones.

Fortalezas y limitaciones

Una de las principales fortalezas de esta revisión, fue la amplia cantidad de estudios incluidos, lo cual permitió la discusión sobre presentaciones algebraicas de DE, características claves del GEE y componentes de la forma directa de estimar la DE. Así mismo permitió evidenciar la carencia de investigaciones experimentales, e investigaciones en población infantil y adolescente. También es destacable que la mayoría de los artículos tienen menos de cinco años de antigüedad, por lo cual el análisis se realiza principalmente sobre información reciente en el área, contribuyendo al debate teórico del tema en cuestión. Si bien esta revisión de alcance tiene objetivos definidos, es propio de un diseño como este dilucidar la posibilidad de ejecutar una revisión centrada en elementos más específicos, en tal caso esta revisión presenta hallazgos que desmerecerían una revisión sistemática con o sin metaanálisis por la heterogeneidad de los resultados en los valores de DE y CC.

Una de las limitaciones más relevantes, corresponde a la variedad temporal en la que se tomaron los datos de DE y CC de los estudios, considerando que las muestras se encontraban en momentos diferentes del calendario deportivo anual, como; en vacaciones, pretemporada, en temporada, en competencia o momentos preparatorios. Esto puede desmerecer los valores de DE a los que se le relacionen datos de CC, pues la DE podría modificarse por alteraciones en la práctica de ejercicio y compensaciones en la IE, lo cual no permitiría su relación. Así mismo, los datos provenían de una gran variedad de deportes con implicaciones metabólicas diferentes, por involucrar intermitencia, continuidad o estímulos resistidos, esto puede impactar directamente en la CC. Significativamente, los resultados y su comparación se ven comprometidos por la variedad de métodos con los que se estimó la IE, el GEE y la CC, y que a su vez no todos indican seguir un procedimiento estandarizados para su buena aplicación. Especialmente, los registros de CC en la mayoría de los estudios, reposaban como valores de caracterización demográfica o estados basales de las muestras, lo cual puede contribuir a un detrimento en la rigurosidad con la que se registraron los datos puesto que no fue, para algunas investigaciones, una variable principal de análisis.

Conclusiones

Son ampliamente heterogéneos los valores de CC asociados a estados de DE encontrados en los estudios; sin embargo, la cantidad de datos transversales tomados de todas las investigaciones, ofrecen una posibilidad de comparación entre los resultados, en gran medida, las limitaciones para ello se deben a todas las dificultades que presenta estimar la IE, el GEE y MLG.

Conceptualmente, es clara la forma directa en que se estima la DE; no obstante, no debería representar una desventaja para las investigaciones, una expresión matemáticamente incorrecta. Así mismo, debería involucrarse el TANE en esta ecuación, pues desmerecer la influencia de él sobre la DE conlleva a seguir en desacuerdos innecesarios dentro de las ciencias del ejercicio y la nutrición, más aún cuando este se



puede alterar por las demandas fisiológicas, organizacionales y logísticas de un día de entrenamiento, en tal caso recomendamos evaluar el GEVE y el GEV, con lo cual se supera esta limitación.

Con relación a datos absolutos de CC, es necesario proceder con la mejor evidencia disponible; sin embargo, se hace un llamado al uso del IMLG como un indicador comparativo, tal vez más adecuado.

Aplicaciones prácticas

Basados en los hallazgos de esta investigación, se sugieren algunas aplicaciones prácticas que puedan contribuir a la superación de aspectos que dificultan la homogenización de resultados sobre DE y CC. En primera instancia, se recomienda enmarcar la estimación de la DE en días que contemplen el GEV (mínimo dos) y días de GEVE (mínimo dos), los cuales deberán ser directamente proporcionales, esto permite que los medios de autoinforme de IE, se optimicen y correspondan con el comportamiento de alimentación de esos días. En segunda instancia, el GEE que tradicionalmente comprende una medida “directa” del ejercicio o actividades relacionadas, será el resultado de restar el promedio del GEV al GEVE, menos el ETA relativo y GER de las horas de vigilia, dependiendo del método con que se halle. Esto presupone vencer las discusiones entre si se mide o no el GEE o el GEA y aunque no estandarice el uso de los métodos para estimarlo, si abre la puerta al uso de estándares de oro como el agua doblemente marcada, una solución a la investigación fuera de laboratorios. En cuanto a la composición corporal es necesario tener en cuenta dos aspectos, por un lado, la estimación de la MLG para normalizar los valores de DE, y por el otro, los valores de CC que sean más sensibles al cambio según estados de DE. Respectivamente, la medida absoluta de MLG requerirá el uso de un DXA o el uso de PC siempre que las ecuaciones estén validadas en atletas del deporte específico (Bonilla et al., 2022), en términos del perfil de salud de un atleta basado en CC, es adecuado evaluar con DXA, PC o ultrasonido (Mountjoy et al., 2023), aunque se recomienda obtener perfiles de grupos atlético-deportivos basados en IMLG, una variable posiblemente más sensible a los estados de DE.

Se sugiere tener en cuenta la siguiente evidencia en virtud de la rigurosidad para el uso de técnicas estandarizadas tanto para evaluar la CC como el GE.

Tabla 2.

Evaluación	Técnica	Referencia	Organización
Composición corporal	DXA	(Lewiecki et al., 2016)	ISCD https://iscd.org/
		(Kyle, Bosaeus, De Lorenzo, Deurenberg, Elia, Gomez, Heitmann, Kent-Smith, Melchior, Pirlich, Scharfetter, Schols, Pichard, et al., 2004)	
	BIA	Parte 1	ISEBI https://www.isebi.org
		(Kyle, Bosaeus, De Lorenzo, Deurenberg, Elia, Gomez, Heitmann, Kent-Smith, Melchior, Pirlich, Scharfetter, Schols, & Pichard, 2004)	
Gasto energético	Antropometría	Parte 2	
	HR FLEX	(Ros et al., 2019)	ISAK https://isak.global/
	Agua doblemente marcada	(Ekelund et al., 2002)	
		(Assessment of Body Composition and Total Energy Expenditure in Humans Using Stable Isotope Techniques, 2009)	IAEA https://www.iaea.org/
	Revisión general	(Speakman et al., 2021)	
		(Hills et al., 2014)	

Futuras líneas de investigación

Con el objetivo de ampliar la comprensión y mejorar la práctica en este campo las futuras líneas de investigación podrían encaminarse a: a) estandarizaciones metodológicas por consenso internacional para determinar la DE; b) indagar los efectos de diferentes estados de DE sobre los cambios del IMLG en población atlético-deportiva y rastrear sus valores de referencia, c) revisar cambios en el tamaño de órganos, producto del detrimento de la MLG a causa de la BDE en atletas, algunas estructuras podrían



ser más sensibles al cambio que otras, d) Explorar y validar recursos tecnológicos que faciliten los reportes de consumo dietario y alerten al atleta de una BDE según su histórico de entrenamiento y perfil deportivo.

Agradecimientos

Especial agradecimiento al profesor Diego A. Bonilla por sus contribuciones como revisor externo de la obra, a DBSS International por la formación y acompañamiento en el diplomado “Metodología de la investigación en ciencias del ejercicio y la nutrición deportiva 2da edición”, estudio del cual emergen las herramientas y conocimientos necesarios para la construcción de este manuscrito, y a Candelaria Montiel Beleño por sus aportes conceptuales en fundamentos de la nutrición y la composición corporal.

Referencias

- Abulmeaty, M. M. A., Almajwal, A., Elsayed, M., Hassan, H., Alsager, T., & Aldossari, Z. (2024). Resting Metabolic Rate and Substrate Utilization during Energy and Protein Availability in Male and Female Athletes. *Metabolites*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/metabo14030167>
- Areta, J. L., Jeukendrup, A. E., Van Genechten, L., Langan-Evans, C., Pedlar, C. R., Rodas, G., Sale, C., & Walsh, N. P. (2025). Limited Empirical Support for Relative Energy Deficiency in Sport (REDs) Syndrome. *Sports Med*. <https://doi.org/10.1007/s40279-025-02220-7>
- Areta, J. L., Taylor, H. L., & Koehler, K. (2021). Low energy availability: history, definition and evidence of its endocrine, metabolic and physiological effects in prospective studies in females and males. *Eur J Appl Physiol*, 121(1), 1–21. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04516-0>
- Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology*, 8(1), 19–32. <https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>
- Assessment of Body Composition and Total Energy Expenditure in Humans Using Stable Isotope Techniques*. (2009). INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY.
- Besor, O., Redlich, N., Constantini, N., Weiler-Sagie, M., Monsonego Ornan, E., Lieberman, S., Bentur, L., & Bar-Yoseph, R. (2024). Assessment of Relative Energy Deficiency in Sport (REDs) Risk among Adolescent Acrobatic Gymnasts. *J Pers Med*, 14(4). <https://doi.org/10.3390/jpm14040363>
- Bonilla, D. A., De Leon, L. G., Alexander-Cortez, P., Odriozola-Martinez, A., Herrera-Amante, C. A., Vargas-Molina, S., & Petro, J. L. (2022). Simple anthropometry-based calculations to monitor body composition in athletes: Scoping review and reference values. *Nutr Health*, 28(1), 95–109. <https://doi.org/10.1177/02601060211002941>
- Bonilla, D. A., Kreider, R. B., Petro, J. L., Romance, R., Garcia-Sillero, M., Benitez-Porres, J., & Vargas-Molina, S. (2021). Creatine Enhances the Effects of Cluster-Set Resistance Training on Lower-Limb Body Composition and Strength in Resistance-Trained Men: A Pilot Study. *Nutrients*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/nu13072303>
- Bonilla, D. A., Peralta-Alzate, J. O., Bonilla-Henao, J. A., Cannataro, R., Cardozo, L. A., Vargas-Molina, S., Stout, J. R., Kreider, R. B., & Petro, J. L. (2023). Insights into Non-Exercise Physical Activity on Control of Body Mass: A Review with Practical Recommendations. *J Funct Morphol Kinesiol*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/jfmk8020044>
- Brandner, C. F., Harty, P. S., Luedke, J. A., Erickson, J. L., & Jagim, A. R. (2022). Sport Differences in Fat-Free Mass Index Among a Diverse Sample of NCAA Division III Collegiate Athletes. *J Strength Cond Res*, 36(8), 2212–2217. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000004267>
- Campa, F., Gobbo, L. A., Stagi, S., Cyrino, L. T., Toselli, S., Marini, E., & Coratella, G. (2022). Bioelectrical impedance analysis versus reference methods in the assessment of body composition in athletes. *Eur J Appl Physiol*, 122(3), 561–589. <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04879-y>
- Campa, F., Toselli, S., Mazzilli, M., Gobbo, L. A., & Coratella, G. (2021). Assessment of Body Composition in Athletes: A Narrative Review of Available Methods with Special Reference to Quantitative and Qualitative Bioimpedance Analysis. *Nutrients*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/nu13051620>
- Carbone, J. W., McClung, J. P., & Pasiakos, S. M. (2019). Recent Advances in the Characterization of Skeletal Muscle and Whole-Body Protein Responses to Dietary Protein and Exercise during Negative Energy Balance. *Adv Nutr*, 10(1), 70–79. <https://doi.org/10.1093/advances/nmy087>



- Casanova, N., Beaulieu, K., Finlayson, G., & Hopkins, M. (2019). Metabolic adaptations during negative energy balance and their potential impact on appetite and food intake. *Proc Nutr Soc*, 78(3), 279–289. <https://doi.org/10.1017/S0029665118002811>
- Cetiner-Oksin, B., Guzel, Y., Aktitiz, S., Kosar, S. N., & Turnagol, H. H. (2023). Energy balance and energy availability of female basketball players during the preparation period. *J Am Nutr Assoc*, 42(8), 807–813. <https://doi.org/10.1080/27697061.2023.2183432>
- Cupka, M., & Sedliak, M. (2023). Hungry runners - low energy availability in male endurance athletes and its impact on performance and testosterone: mini-review. *Eur J Transl Myol*, 33(2). <https://doi.org/10.4081/ejtm.2023.11104>
- Currier, B. S., Harty, P. S., Zabriskie, H. A., Stecker, R. A., Moon, J. M., Jagim, A. R., & Kerksick, C. M. (2019). Fat-Free Mass Index in a Diverse Sample of Male Collegiate Athletes. *J Strength Cond Res*, 33(6), 1474–1479. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003158>
- Dasa, M. S., Friborg, O., Kristoffersen, M., Pettersen, G., Plasqui, G., Sundgot-Borgen, J. K., & Rosenvinge, J. H. (2023). Energy expenditure, dietary intake and energy availability in female professional football players. *BMJ Open Sport Exerc Med*, 9(1), e001553. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2023-001553>
- Dasa, M. S., Friborg, O., Kristoffersen, M., Pettersen, G., Sundgot-Borgen, J., & Rosenvinge, J. H. (2022). Accuracy of Tracking Devices' Ability to Assess Exercise Energy Expenditure in Professional Female Soccer Players: Implications for Quantifying Energy Availability. *Int J Environ Res Public Health*, 19(8). <https://doi.org/10.3390/ijerph19084770>
- de Souza, L. C., Moris, J. M., Lee, K. M., Fant, K. H., Gallucci, A., & Funderburk, L. K. (2024). Dietary Intake and Menstrual Health among Acrobatics and Tumbling NCAA Division I Student-Athletes. *J Am Nutr Assoc*, 43(1), 101–109. <https://doi.org/10.1080/27697061.2023.2218458>
- De Souza, M. J., Koltun, K. J., & Williams, N. I. (2019). What is the evidence for a Triad-like syndrome in exercising men? *Current Opinion in Physiology*, 10, 27–34.
- De Souza, M. J., Nattiv, A., Joy, E., Misra, M., Williams, N. I., Mallinson, R. J., Gibbs, J. C., Olmsted, M., Goolsby, M., Matheson, G., & Expert, P. (2014). 2014 Female Athlete Triad Coalition Consensus Statement on Treatment and Return to Play of the Female Athlete Triad: 1st International Conference held in San Francisco, California, May 2012 and 2nd International Conference held in Indianapolis, Indiana, May 2013. *Br J Sports Med*, 48(4), 289. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093218>
- Dzator, S., Weerasekara, I., Shields, M., Haslam, R., & James, D. (2023). Agreement Between Dual-Energy X-ray Absorptiometry and Bioelectric Impedance Analysis for Assessing Body Composition in Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Clin J Sport Med*, 33(5), 557–568. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000001136>
- Ekelund, U., Yngve, A., Westerterp, K., & Sjostrom, M. (2002). Energy expenditure assessed by heart rate and doubly labeled water in young athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 34(8), 1360–1366. <https://doi.org/10.1097/00005768-200208000-00019>
- Fensham, N. C., Heikura, I. A., McKay, A. K. A., Tee, N., Ackerman, K. E., & Burke, L. M. (2022). Short-Term Carbohydrate Restriction Impairs Bone Formation at Rest and During Prolonged Exercise to a Greater Degree than Low Energy Availability. *J Bone Miner Res*, 37(10), 1915–1925. <https://doi.org/10.1002/jbmr.4658>
- Fernandez-Verdejo, R., Sanchez-Delgado, G., & Ravussin, E. (2024). Energy Expenditure in Humans: Principles, Methods, and Changes Throughout the Life Course. *Annu Rev Nutr*, 44(1), 51–76. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-062122-031443>
- Fredericson, M., Kussman, A., Misra, M., Barrack, M. T., De Souza, M. J., Kraus, E., Koltun, K. J., Williams, N. I., Joy, E., & Nattiv, A. (2021). The Male Athlete Triad-A Consensus Statement From the Female and Male Athlete Triad Coalition Part II: Diagnosis, Treatment, and Return-To-Play. *Clin J Sport Med*, 31(4), 349–366. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000948>
- Garay, J. L., Sebe, J. G., Strickland, J., Graves, L., & Voss, M. A. (2025). Use of Resting Metabolic Rate Ratio as a Relative Energy Deficiency in Sports Indicator in Female Athletes. *Current Developments in Nutrition*, 9(5), 106007. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cdnut.2025.106007>
- Gogojewicz, A., Straburzynska-Lupa, A., Podgorski, T., Frajtag, P., Bibrowicz, K., & Sliwicka, E. (2023). Assessment of the Dietary Intake and Nutritional Status of Polish Professional Futsal Players: A Descriptive Study-Do Futsal Players Require Nutritional Education? *Nutrients*, 15(17). <https://doi.org/10.3390/nu15173720>



- Guss, C. E., McAllister, A., & Gordon, C. M. (2021). DXA in Children and Adolescents. *J Clin Densitom*, 24(1), 28–35. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2020.01.006>
- Haines, M. S., Kaur, S., Scarff, G., Lauze, M., Gerweck, A., Slattery, M., Oreskovic, N. M., Ackerman, K. E., Tenforde, A. S., Popp, K. L., Bouxsein, M. L., Miller, K. K., & Misra, M. (2023). Male Runners With Lower Energy Availability Have Impaired Skeletal Integrity Compared to Nonathletes. *J Clin Endocrinol Metab*, 108(10), e1063–e1073. <https://doi.org/10.1210/clinem/dgad215>
- Halsey, L. G. (2021). The Mystery of Energy Compensation. *Physiol Biochem Zool*, 94(6), 380–393. <https://doi.org/10.1086/716467>
- Heikura, I. A., Stellingwerff, T., & Areta, J. L. (2022). Low energy availability in female athletes: From the lab to the field. *Eur J Sport Sci*, 22(5), 709–719. <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1915391>
- Heikura, I. A., Uusitalo, A. L. T., Stellingwerff, T., Bergland, D., Mero, A. A., & Burke, L. M. (2018). Low Energy Availability Is Difficult to Assess but Outcomes Have Large Impact on Bone Injury Rates in Elite Distance Athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 28(4), 403–411. <https://doi.org/10.1123/ijnsnem.2017-0313>
- Heymsfield, S. B., Brown, J., Ramirez, S., Prado, C. M., Tinsley, G. M., & Gonzalez, M. C. (2024). Are Lean Body Mass and Fat-Free Mass the Same or Different Body Components? A Critical Perspective. *Adv Nutr*, 15(12), 100335. <https://doi.org/10.1016/j.advnut.2024.100335>
- Heymsfield, S. B., Gallagher, D., Kotler, D. P., Wang, Z., Allison, D. B., & Heshka, S. (2002). Body-size dependence of resting energy expenditure can be attributed to nonenergetic homogeneity of fat-free mass. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 282(1), E132–138. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.2002.282.1.E132>
- Hill, J. O., Wyatt, H. R., & Peters, J. C. (2013). The Importance of Energy Balance. *Eur Endocrinol*, 9(2), 111–115. <https://doi.org/10.17925/EE.2013.09.02.111>
- Hills, A. P., Mokhtar, N., & Byrne, N. M. (2014). Assessment of physical activity and energy expenditure: an overview of objective measures. *Front Nutr*, 1, 5. <https://doi.org/10.3389/fnut.2014.00005>
- Jagim, A. R., Harty, P. S., Jones, M. T., Fields, J. B., Magee, M., Smith-Ryan, A. E., Luedke, J., & Kerkick, C. M. (2024). Fat-Free Mass Index in Sport: Normative Profiles and Applications for Collegiate Athletes. *J Strength Cond Res*, 38(9), 1687–1693. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004864>
- Jeukendrup, A. E., Areta, J. L., Van Genechten, L., Langan-Evans, C., Pedlar, C. R., Rodas, G., Sale, C., & Walsh, N. P. (2024). Does Relative Energy Deficiency in Sport (REDs) Syndrome Exist? *Sports Med*, 54(11), 2793–2816. <https://doi.org/10.1007/s40279-024-02108-y>
- Jurov, I., Keay, N., Hadzic, V., Spudic, D., & Rauter, S. (2021). Relationship between energy availability, energy conservation and cognitive restraint with performance measures in male endurance athletes. *J Int Soc Sports Nutr*, 18(1), 24. <https://doi.org/10.1186/s12970-021-00419-3>
- Kettunen, O., Mikkonen, R., Linnamo, V., Mursu, J., Kyrolainen, H., & Ihalainen, J. K. (2023). Nutritional intake and anthropometric characteristics are associated with endurance performance and markers of low energy availability in young female cross-country skiers. *J Int Soc Sports Nutr*, 20(1), 2226639. <https://doi.org/10.1080/15502783.2023.2226639>
- Kettunen, O., Mikkonen, R., Mursu, J., Linnamo, V., & Ihalainen, J. K. (2023). Carbohydrate intake in young female cross-country skiers is lower than recommended and affects competition performance. *Front Sports Act Living*, 5, 1196659. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1196659>
- Kinoshita, N., Uchiyama, E., Ishikawa-Takata, K., Yamada, Y., & Okuyama, K. (2021). Association of energy availability with resting metabolic rates in competitive female teenage runners: a cross-sectional study. *J Int Soc Sports Nutr*, 18(1), 70. <https://doi.org/10.1186/s12970-021-00466-w>
- Klein, D. J., McClain, P., Montemorano, V., & Santacroce, A. (2023). Pre-Season Nutritional Intake and Prevalence of Low Energy Availability in NCAA Division III Collegiate Swimmers. *Nutrients*, 15(13). <https://doi.org/10.3390/nu15132827>
- Kuhlman, N. M., Jones, M. T., Jagim, A. R., Magee, M. K., Wilcox, L., & Fields, J. B. (2024). Dietary intake, energy availability, and power in men collegiate gymnasts. *Front Sports Act Living*, 6, 1448197. <https://doi.org/10.3389/fspor.2024.1448197>
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gomez, J. M., Heitmann, B. L., Kent-Smith, L., Melchior, J. C., Pirlich, M., Scharfetter, H., Schols, A. M., & Pichard, C. (2004). Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clin Nutr*, 23(6), 1430–1453. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2004.09.012>



- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gomez, J. M., Heitmann, B. L., Kent-Smith, L., Melchior, J. C., Pirlich, M., Scharfetter, H., Schols, A. M., Pichard, C., & Composition of the, E. W. G. (2004). Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. *Clin Nutr*, 23(5), 1226–1243. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2004.06.004>
- Lagowska, K., & Kapczuk, K. (2016). Testosterone concentrations in female athletes and ballet dancers with menstrual disorders. *Eur J Sport Sci*, 16(4), 490–497. <https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1034786>
- Lagowska, K., Kapczuk, K., Friebe, Z., & Bajerska, J. (2014). Effects of dietary intervention in young female athletes with menstrual disorders. *J Int Soc Sports Nutr*, 11, 21. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-11-21>
- Lee, S., Kuniko, M., Han, S., Oh, T., & Taguchi, M. (2020). Association of Low Energy Availability and Suppressed Metabolic Status in Korean Male Collegiate Soccer Players: A Pilot Study. *Am J Mens Health*, 14(6), 1557988320982186. <https://doi.org/10.1177/1557988320982186>
- Lee, S., Moto, K., Han, S., Oh, T., & Taguchi, M. (2021). Within-Day Energy Balance and Metabolic Suppression in Male Collegiate Soccer Players. *Nutrients*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/nu13082644>
- Levac, D., Colquhoun, H., & O'Brien, K. K. (2010). Scoping studies: advancing the methodology. *Implement Sci*, 5, 69. <https://doi.org/10.1186/1748-5908-5-69>
- Lewiecki, E. M., Binkley, N., Morgan, S. L., Shuhart, C. R., Camargos, B. M., Carey, J. J., Gordon, C. M., Janowski, L. G., Lee, J. K., Leslie, W. D., & International Society for Clinical, D. (2016). Best Practices for Dual-Energy X-ray Absorptiometry Measurement and Reporting: International Society for Clinical Densitometry Guidance. *J Clin Densitom*, 19(2), 127–140. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2016.03.003>
- Liang, Y., Li, Y., Chen, Y., Meng, K., Zhou, F., Pei, Y., Liu, Y., & Qiu, J. (2025). The impact of low energy availability risk on pre-competition physiological function in Chinese female combat athletes. *J Int Soc Sports Nutr*, 22(1), 2490170. <https://doi.org/10.1080/15502783.2025.2490170>
- Loucks, A. B. (2013). Energy Balance and Energy Availability. In *The Encyclopaedia of Sports Medicine* (pp. 72–87). <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781118692318.ch5>
- Loucks, A. B. (2020). Exercise Training in the Normal Female: Effects of Low Energy Availability on Reproductive Function. In A. C. Hackney & N. W. Constantini (Eds.), *Endocrinology of Physical Activity and Sport* (pp. 171–191). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33376-8_11
- Loucks, A. B., Kiens, B., & Wright, H. H. (2011). Energy availability in athletes. *J Sports Sci*, 29 Suppl 1, S7–15. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.588958>
- Loucks, A. B., & Verdun, M. (1998). Slow restoration of LH pulsatility by refeeding in energetically disrupted women. *Am J Physiol*, 275(4), R1218–1226. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.1998.275.4.R1218>
- Lundstrom, E. A., Williams, N. I., Allaway, H. C. M., Salamunes, A. C. C., & De Souza, M. J. (2025). Pre-Season Energy Deficiency Predicts Poorer Performance During a Competitive Season in Collegiate Female Long-Distance Runners. *Eur J Sport Sci*, 25(3), e12261. <https://doi.org/10.1002/ejsc.12261>
- Macuh, M., Levec, J., Kojic, N., & Knap, B. (2022). Dietary Intake, Body Composition and Performance of Professional Football Athletes in Slovenia. *Nutrients*, 15(1). <https://doi.org/10.3390/nu15010082>
- Magee, M. K., Lockard, B. L., Zabriskie, H. A., Schaefer, A. Q., Luedke, J. A., Erickson, J. L., Jones, M. T., & Jagim, A. R. (2020). Prevalence of Low Energy Availability in Collegiate Women Soccer Athletes. *J Funct Morphol Kinesiol*, 5(4). <https://doi.org/10.3390/jfmk5040096>
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2015). *Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance*. Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins.
- McGowan, J., Straus, S., Moher, D., Langlois, E. V., O'Brien, K. K., Horsley, T., Aldcroft, A., Zarin, W., Garitty, C. M., Hempel, S., Lillie, E., Tuncalp, Ö., & Tricco, A. C. (2020). Reporting scoping reviews-PRISMA ScR extension. *J Clin Epidemiol*, 123, 177–179. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2020.03.016>
- McGuire, A., Warrington, G., & Doyle, L. (2023a). Energy availability and macronutrient intake in elite male Gaelic football players. *Sci Med Footb*, 7(1), 1–7. <https://doi.org/10.1080/24733938.2022.2029551>



- McGuire, A., Warrington, G., & Doyle, L. (2023b). Prevalence of low energy availability and associations with seasonal changes in salivary hormones and IgA in elite male Gaelic footballers. *Eur J Nutr*, 62(4), 1809–1820. <https://doi.org/10.1007/s00394-023-03112-0>
- McGuire, A., Warrington, G., Walsh, A., Byrne, T., & Doyle, L. (2024). Measurement of energy availability in highly trained male endurance athletes and examination of its associations with bone health and endocrine function. *Eur J Nutr*, 63(7), 2655–2665. <https://doi.org/10.1007/s00394-024-03433-8>
- McHaffie, S. J., Langan-Evans, C., Strauss, J. A., Areta, J. L., Rosimus, C., Evans, M., Waghorn, R., & Morton, J. P. (2023). Under-Fuelling for the Work Required? Assessment of Dietary Practices and Physical Loading of Adolescent Female Soccer Players during an Intensive International Training and Game Schedule. *Nutrients*, 15(21). <https://doi.org/10.3390/nu15214508>
- Melin, A., Tornberg, A. B., Skouby, S., Moller, S. S., Faber, J., Sundgot-Borgen, J., & Sjodin, A. (2016). Low-energy density and high fiber intake are dietary concerns in female endurance athletes. *Scand J Med Sci Sports*, 26(9), 1060–1071. <https://doi.org/10.1111/sms.12516>
- Melin, A. K., Areta, J. L., Heikura, I. A., Stellingwerff, T., Torstveit, M. K., & Hackney, A. C. (2024). Direct and indirect impact of low energy availability on sports performance. *Scand J Med Sci Sports*, 34(1), e14327. <https://doi.org/10.1111/sms.14327>
- Melin, A. K., Heikura, I. A., Tenforde, A., & Mountjoy, M. (2019). Energy Availability in Athletics: Health, Performance, and Physique. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 29(2), 152–164. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0201>
- Mitchell, L., Wilson, L., Duthie, G., Pumpa, K., Weakley, J., Scott, C., & Slater, G. (2024). Methods to Assess Energy Expenditure of Resistance Exercise: A Systematic Scoping Review. *Sports Med*, 54(9), 2357–2372. <https://doi.org/10.1007/s40279-024-02047-8>
- Monedero, J., Duff, C., & Egan, B. (2023). Dietary Intakes and the Risk of Low Energy Availability in Male and Female Advanced and Elite Rock Climbers. *J Strength Cond Res*, 37(3), e8–e15. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000004317>
- Moore, S. R., Baker, P. A., & Smith-Ryan, A. E. (2025). Utility of fat-free adipose tissue correction formula for tracking body composition changes with dual-energy X-ray absorptiometry. *Clin Physiol Funct Imaging*, 45(1), e12915. <https://doi.org/10.1111/cpf.12915>
- Moro, T., Marcolin, G., Bianco, A., Bolzetta, F., Berton, L., Sergi, G., & Paoli, A. (2020). Effects of 6 Weeks of Traditional Resistance Training or High Intensity Interval Resistance Training on Body Composition, Aerobic Power and Strength in Healthy Young Subjects: A Randomized Parallel Trial. *Int J Environ Res Public Health*, 17(11). <https://doi.org/10.3390/ijerph17114093>
- Mountjoy, M., Ackerman, K. E., Bailey, D. M., Burke, L. M., Constantini, N., Hackney, A. C., Heikura, I. A., Melin, A., Pensgaard, A. M., Stellingwerff, T., Sundgot-Borgen, J. K., Torstveit, M. K., Jacobsen, A. U., Verhagen, E., Budgett, R., Engebretsen, L., & Erdener, U. (2023). 2023 International Olympic Committee's (IOC) consensus statement on Relative Energy Deficiency in Sport (REDs). *Br J Sports Med*, 57(17), 1073–1097. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2023-106994>
- Mountjoy, M., Sundgot-Borgen, J., Burke, L., Ackerman, K. E., Blauwet, C., Constantini, N., Lebrun, C., Lundy, B., Melin, A., Meyer, N., Sherman, R., Tenforde, A. S., Torstveit, M. K., & Budgett, R. (2018). International Olympic Committee (IOC) Consensus Statement on Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S): 2018 Update. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 28(4), 316–331. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0136>
- Mountjoy, M. L., Ackerman, K. E., Bailey, D. M., Burke, L. M., Constantini, N., Hackney, A. C., Heikura, I. A., Melin, A. K., Pensgaard, A. M., Stellingwerff, T., Sundgot-Borgen, J., Torstveit, M. K., Uhrenholdt-Jacobsen, A., Verhagen, E., Budgett, R., Engebretsen, L., & Erdener, U. (2025). Yes: Relative Energy Deficiency in Sport (REDs) Does Exist! *Sports Med*. <https://doi.org/10.1007/s40279-025-02219-0>
- Muia, E. N., Wright, H. H., Onywera, V. O., & Kuria, E. N. (2016). Adolescent elite Kenyan runners are at risk for energy deficiency, menstrual dysfunction and disordered eating. *J Sports Sci*, 34(7), 598–606. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1065340>
- Munn, Z., Peters, M. D. J., Stern, C., Tufanaru, C., McArthur, A., & Aromataris, E. (2018). Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach. *BMC Med Res Methodol*, 18(1), 143. <https://doi.org/10.1186/s12874-018-0611-x>



- Mursu, J., Ristimäki, M., Malinen, I., Petaja, P., Isola, V., Ahtiainen, J. P., & Hulmi, J. J. (2023). Dietary Intake, Serum Hormone Concentrations, Amenorrhea and Bone Mineral Density of Physique Athletes and Active Gym Enthusiasts. *Nutrients*, 15(2). <https://doi.org/10.3390/nu15020382>
- Nattiv, A., De Souza, M. J., Koltun, K. J., Misra, M., Kussman, A., Williams, N. I., Barrack, M. T., Kraus, E., Joy, E., & Fredericson, M. (2021). The Male Athlete Triad-A Consensus Statement From the Female and Male Athlete Triad Coalition Part 1: Definition and Scientific Basis. *Clin J Sport Med*, 31(4), 335–348. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000946>
- Oxfeldt, M., Phillips, S. M., Andersen, O. E., Johansen, F. T., Bangshaab, M., Risikesan, J., McKendry, J., Melin, A. K., & Hansen, M. (2023). Low energy availability reduces myofibrillar and sarcoplasmic muscle protein synthesis in trained females. *J Physiol*, 601(16), 3481–3497. <https://doi.org/10.1113/JP284967>
- Peklaj, E., Rescic, N., Korousic Seljak, B., & Rotovnik Kozjek, N. (2022). Is RED-S in athletes just another face of malnutrition? *Clin Nutr ESPEN*, 48, 298–307. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2022.01.031>
- Peklaj, E., Rescic, N., Seljak, B. K., & Kozjek, N. R. (2024). Corrigendum to "Is RED-S in athletes just another face of malnutrition?" [Clin Nutr ESPEN 48 (2022) 298-307]. *Clin Nutr ESPEN*, 63, 190. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2024.06.032>
- Peters, M. D., Godfrey, C. M., Khalil, H., McInerney, P., Parker, D., & Soares, C. B. (2015). Guidance for conducting systematic scoping reviews. *Int J Evid Based Healthc*, 13(3), 141–146. <https://doi.org/10.1097/XEB.0000000000000050>
- Pollock, D., Evans, C., Menghao Jia, R., Alexander, L., Pieper, D., Brandão de Moraes, É., Peters, M. D. J., Tricco, A. C., Khalil, H., Godfrey, C. M., Saran, A., Campbell, F., & Munn, Z. (2024). "How-to": scoping review? [Article]. *Journal of Clinical Epidemiology*, 176, Article 111572. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2024.111572>
- Pontzer, H. (2018). Energy Constraint as a Novel Mechanism Linking Exercise and Health. *Physiology (Bethesda)*, 33(6), 384–393. <https://doi.org/10.1152/physiol.00027.2018>
- Ros, F. E., Vaquero-Cristóbal, R., Marfell-Jones, M., Marfell-Jones, M., & Kinanthropometry, I. S. f. A. o. (2019). *International Standards for Anthropometric Assessment, 20019*. International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK).
- Ross, R., Soni, S., & Houle, S. A. (2020). Negative Energy Balance Induced by Exercise or Diet: Effects on Visceral Adipose Tissue and Liver Fat. *Nutrients*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/nu12040891>
- Saidi, O., Souabni, M., Del Sordo, G. C., Maviel, C., Peyrel, P., Maso, F., Vercruyssen, F., & Duche, P. (2024). Association between Low Energy Availability (LEA) and Impaired Sleep Quality in Young Rugby Players. *Nutrients*, 16(5). <https://doi.org/10.3390/nu16050609>
- Sarin, H. V., Gudelj, I., Honkanen, J., Ihalainen, J. K., Vuorela, A., Lee, J. H., Jin, Z., Terwilliger, J. D., Isola, V., Ahtiainen, J. P., Hakkinen, K., Juric, J., Lauc, G., Kristiansson, K., Hulmi, J. J., & Perola, M. (2019). Molecular Pathways Mediating Immunosuppression in Response to Prolonged Intensive Physical Training, Low-Energy Availability, and Intensive Weight Loss. *Front Immunol*, 10, 907. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.00907>
- Schaal, K., Tiollier, E., Le Meur, Y., Casazza, G., & Hausswirth, C. (2017). Elite synchronized swimmers display decreased energy availability during intensified training. *Scand J Med Sci Sports*, 27(9), 925–934. <https://doi.org/10.1111/sms.12716>
- Schaal, K., VanLoan, M. D., Hausswirth, C., & Casazza, G. A. (2021). Decreased energy availability during training overload is associated with non-functional overreaching and suppressed ovarian function in female runners. *Appl Physiol Nutr Metab*, 46(10), 1179–1188. <https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0880>
- Scheffer, J. H., Dunshea-Mooij, C. A. E., Armstrong, S., MacManus, C., & Kilding, A. E. (2023). Prevalence of low energy availability in 25 New Zealand elite female rowers - A cross sectional study. *J Sci Med Sport*, 26(12), 640–645. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2023.09.016>
- Shepherd, J. A., Ng, B. K., Sommer, M. J., & Heymsfield, S. B. (2017). Body composition by DXA. *Bone*, 104, 101–105. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2017.06.010>
- Silva, M. G., & Silva, H. H. (2017). Comparison of body composition and nutrients' deficiencies between Portuguese rink-hockey players. *Eur J Pediatr*, 176(1), 41–50. <https://doi.org/10.1007/s00431-016-2803-x>



- Silva, M. G., Silva, H. H., & Paiva, T. (2018). Sleep duration, body composition, dietary profile and eating behaviours among children and adolescents: a comparison between Portuguese acrobatic gymnasts. *Eur J Pediatr*, 177(6), 815–825. <https://doi.org/10.1007/s00431-018-3124-z>
- Silva, M. R., & Paiva, T. (2015). Low energy availability and low body fat of female gymnasts before an international competition. *Eur J Sport Sci*, 15(7), 591–599. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.969323>
- Silva, M. R., & Paiva, T. (2016). Poor precompetitive sleep habits, nutrients' deficiencies, inappropriate body composition and athletic performance in elite gymnasts. *Eur J Sport Sci*, 16(6), 726–735. <https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1103316>
- Sim, A., & Burns, S. F. (2021). Review: questionnaires as measures for low energy availability (LEA) and relative energy deficiency in sport (RED-S) in athletes. *J Eat Disord*, 9(1), 41. <https://doi.org/10.1186/s40337-021-00396-7>
- Sim, A., Tan, H. Q., Ali, Y., & Burns, S. F. (2024). Original investigation: manipulating energy availability in male endurance runners: a randomised controlled trial. *Appl Physiol Nutr Metab*, 49(9), 1163–1174. <https://doi.org/10.1139/apnm-2024-0037>
- Speakman, J. R., Yamada, Y., Sagayama, H., Berman, E. S. F., Ainslie, P. N., Andersen, L. F., Anderson, L. J., Arab, L., Baddou, I., Bedu-Addo, K., Blaak, E. E., Blanc, S., Bonomi, A. G., Bouten, C. V. C., Bovet, P., Buchowski, M. S., Butte, N. F., Camps, S., Close, G. L.,...group, I. D. d. (2021). A standard calculation methodology for human doubly labeled water studies. *Cell Rep Med*, 2(2), 100203. <https://doi.org/10.1016/j.xcrm.2021.100203>
- Stenqvist, T. B., Melin, A. K., & Torstveit, M. K. (2023). Relative Energy Deficiency in Sport (REDs) Indicators in Male Adolescent Endurance Athletes: A 3-Year Longitudinal Study. *Nutrients*, 15(24). <https://doi.org/10.3390/nu15245086>
- Taguchi, M., Moto, K., Lee, S., Torii, S., & Hongu, N. (2020). Energy Intake Deficiency Promotes Bone Resorption and Energy Metabolism Suppression in Japanese Male Endurance Runners: A Pilot Study. *Am J Mens Health*, 14(1), 1557988320905251. <https://doi.org/10.1177/1557988320905251>
- Tarnowski, C. A., Wardle, S. L., O'Leary, T. J., Gifford, R. M., Greeves, J. P., & Wallis, G. A. (2023). Measurement of Energy Intake Using the Principle of Energy Balance Overcomes a Critical Limitation in the Assessment of Energy Availability. *Sports Med Open*, 9(1), 16. <https://doi.org/10.1186/s40798-023-00558-8>
- Tektunali Akman, C., Gonen Aydin, C., & Ersoy, G. (2024). The effect of nutrition education sessions on energy availability, body composition, eating attitude and sports nutrition knowledge in young female endurance athletes. *Front Public Health*, 12, 1289448. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1289448>
- Torres-McGehee, T. M., Emerson, D. M., Pritchett, K., Moore, E. M., Smith, A. B., & Uriegas, N. A. (2021). Energy Availability With or Without Eating Disorder Risk in Collegiate Female Athletes and Performing Artists. *J Athl Train*, 56(9), 993–1002. <https://doi.org/10.4085/JAT0502-20>
- Torstveit, M. K., Fahrenholtz, I., Stenqvist, T. B., Sylta, O., & Melin, A. (2018). Within-Day Energy Deficiency and Metabolic Perturbation in Male Endurance Athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 28(4), 419–427. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0337>
- Torstveit, M. K., Fahrenholtz, I. L., Lichtenstein, M. B., Stenqvist, T. B., & Melin, A. K. (2019). Exercise dependence, eating disorder symptoms and biomarkers of Relative Energy Deficiency in Sports (RED-S) among male endurance athletes. *BMJ Open Sport Exerc Med*, 5(1), e000439. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2018-000439>
- Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., Moher, D., Peters, M. D. J., Horsley, T., Weeks, L., Hempel, S., Akl, E. A., Chang, C., McGowan, J., Stewart, L., Hartling, L., Aldcroft, A., Wilson, M. G., Garritty, C.,...Straus, S. E. (2018). PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Ann Intern Med*, 169(7), 467–473. <https://doi.org/10.7326/M18-0850>
- Uchizawa, A., Osumi, H., Zhang, S., Yajima, K., Funayama, A., Kondo, E., Suzuki, Y., Tanaka, Y., Park, I., Enomoto, Y., Omi, N., Tokuyama, K., & Sagayama, H. (2025). Energy expenditure and slow-wave sleep in runners: Focusing on reproductive function, chronic training, and sex. *iScience*, 28(2), 111717. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.111717>



- Uriegas, N. A., Emerson, D. M., Winkelmann, Z. K., Ortaglia, A., & Torres-McGehee, T. M. (2024). Examination of Energy Needs and Low Energy Availability Among Historically Black College and University Female Student-Athletes. *Nutrients*, 16(23). <https://doi.org/10.3390/nu16234160>
- Villa, M., Villa-Vicente, J. G., Seco-Calvo, J., Mielgo-Ayuso, J., & Collado, P. S. (2021). Body Composition, Dietary Intake and the Risk of Low Energy Availability in Elite-Level Competitive Rhythmic Gymnasts. *Nutrients*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/nu13062083>
- Wade, G. N., & Jones, J. E. (2004). Neuroendocrinology of nutritional infertility. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 287(6), R1277–1296. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00475.2004>
- Wasserfurth, P., Palmowski, J., Hahn, A., & Kruger, K. (2020). Reasons for and Consequences of Low Energy Availability in Female and Male Athletes: Social Environment, Adaptations, and Prevention. *Sports Med Open*, 6(1), 44. <https://doi.org/10.1186/s40798-020-00275-6>
- Waters, D. L., Aguirre, L., Gurney, B., Sinacore, D. R., Fowler, K., Gregori, G., Armamento-Villareal, R., Qualls, C., & Villareal, D. T. (2022). Effect of Aerobic or Resistance Exercise, or Both, on Intermuscular and Visceral Fat and Physical and Metabolic Function in Older Adults With Obesity While Dieting. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 77(1), 131–139. <https://doi.org/10.1093/gerona/glab111>
- Westerterp, K. R. (2017). Control of energy expenditure in humans. *Eur J Clin Nutr*, 71(3), 340–344. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2016.237>
- Westerterp, K. R. (2018). Exercise, energy balance and body composition. *Eur J Clin Nutr*, 72(9), 1246–1250. <https://doi.org/10.1038/s41430-018-0180-4>
- Willingham, B. D., Daou, M., VanArsdale, J., Thomas, M., & Saracino, P. G. (2024). Energy Availability in Female Collegiate Beach Volleyball Athletes. *J Strength Cond Res*, 38(11), 1941–1950. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004884>
- Wood, K. L., Barrack, M. T., Gray, V. B., Cotter, J. A., Van Loan, M. D., Rauh, M. J., McGowan, R., & Nichols, J. F. (2021). Cognitive dietary restraint score is associated with lower energy, carbohydrate, fat, and grain intake among female adolescent endurance runners. *Eat Behav*, 40, 101460. <https://doi.org/10.1016/j.eatbeh.2020.101460>
- Wright, H. H., Ford, R., & Botha, C. R. (2014). A desire for weight loss in season increases disordered eating behaviour risk and energy deficiency in athletes [Article]. *South African Journal of Clinical Nutrition*, 27(3), 120–126. <https://doi.org/10.1080/16070658.2014.11734500>
- Zabriskie, H. A., Currier, B. S., Harty, P. S., Stecker, R. A., Jagim, A. R., & Kerksick, C. M. (2019). Energy Status and Body Composition Across a Collegiate Women's Lacrosse Season. *Nutrients*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/nu11020470>
- Zamboni, F., Ferrari, P., Cazzoletti, L., Setti, A., Bertoldo, F., Dalle Carbonare, L. G., Danese, E., Tardivo, S., Crisafulli, E., & Ferrari, M. (2024). Bone Mineral Density in Mountain, Road Cyclists and Untrained Controls: Exercise, Diet and Hormones. *Res Q Exerc Sport*, 95(2), 423–430. <https://doi.org/10.1080/02701367.2023.2242417>

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

Mario Alejandro Muñoz Aristizábal
José Armando Vidarte Claros

Marioa.munoza@autonoma.edu.co
jovida@autonoma.edu.co

autor/a
autor/a

