

Article

Comparación de ecuaciones de predicción del gasto energético en reposo con calorimetría indirecta en futbolistas del F.C. Atlas S. A. de C. V.

Carlos A. Herrera y Janeth Castañeda

Organización para el Desarrollo de las Ciencias Aplicadas al Deporte COINCIDE, Guadalajara, México

RESUMEN

Introducción: La predicción del Gasto Energético (GE) es de suma importancia para brindar una atención nutricional eficiente y por consiguiente obtener un adecuado rendimiento deportivo. Uno de los componentes principales del Gasto Energético Total (GET) es el Gasto Energético en reposo (GER), el cual varía con la edad, el sexo y la superficie corporal, entre otros. Esta última tiende a ser mayor en la población deportista, aumentando las necesidades energéticas diarias. La calorimetría indirecta (CI) es un método no invasivo que permite estimar el GE, siendo hasta la fecha el estándar de oro in vivo y en campo para esta evaluación, sin embargo, las ecuaciones de predicción del gasto energético (EP), son a la fecha el método más utilizado por el profesional de las ciencias del deporte. **Objetivo:** Realizar un estudio comparativo entre diferentes EP y CI en futbolistas de categoría profesional, con el fin de obtener una EP confiable para la valoración del GE en esta población. **Metodología:** Se analizaron jóvenes futbolistas (n=43) con promedio de edad de 16.2 años (DE \pm 2.1), pertenecientes a la casa club del FC Atlas. Se compararon 7 EP con calorimetría indirecta, la cual se realizó por medio del dispositivo móvil Breezing®, ya que brinda alta maniobrabilidad y comodidad durante el trabajo de campo. La medición del GEB en futbolistas mediante el uso de este dispositivo no ha sido reportada anteriormente en otra bibliografía. **Conclusión:** Se encontró que la ecuación de Owen es, entre las ecuaciones analizadas, la EP más apropiada para el uso en la población estudiada, ya que presentó menor diferencia en comparación con la CI (-40.9 Kcal -p 0.44).

Palabras Clave: deporte, futbol, gasto energético, calorimetría indirecta

INTRODUCCIÓN

El cálculo del gasto energético (GE) es uno de los puntos más importantes y controvertidos dentro del proceso de cuidado nutricional, debido a la importancia que tiene sobre el rendimiento físico deportivo. En la literatura científica se reportan cerca de 200 Ecuaciones de Predicción (EP) y con frecuencia errores significativos de coincidencia entre una y otra fórmula (1).

El Gasto Energético Total (GET), o la cantidad de energía que un individuo requiere puede dividirse en cuatro

componentes principales: el Gasto Energético Basal (GEB), el Efecto Termogénico de los Alimentos (ETA), el gasto energético asociado a la Actividad Física (AF) y por último el gasto energético asociado al factor de entrenamiento (FE) (2).

En términos generales el GEB se define como la cantidad de energía consumida por un individuo en condiciones basales, esto es en completo reposo, al despertar y después de 12 de ayuno (3, 4). La medición del GEB se realiza mediante calorimetría directa (CD), la cual consiste en medir los cambios en la temperatura a través de una cámara de reposo mientras el sujeto se encuentra dentro (2). En condiciones normales el corazón, riñón, hígado y cerebro que en conjunto suman entre el 5 al 6% del peso corporal consumen cerca de 60 a 70% del GEB (4). Este GEB varía con la edad, el sexo y la superficie corporal. Aunque la medición del GEB es un indicador metabólico directo, su aplicación clínica es prácticamente nula debido al costo de su realización, además de la escasez de máquinas y la dificultad de su propia valoración, por lo que en su lugar se mide el gasto energético en reposo (GER). Éste representa la cantidad de energía que se produce después de 4 horas de ayuno (estado *post-absortivo*), en reposo y en ambiente termoneutro (El GER en condiciones normales es 10% mayor que el GEB) a través de Calorimetría Indirecta (CI) (2, 4), la cual evalúa la producción de calor indirectamente midiendo el consumo de oxígeno y producción de dióxido de carbono. Debido a que todas las reacciones que liberan calor en el cuerpo dependen del uso de oxígeno, el metabolismo oxidativo puede ser utilizado para estimar con precisión el gasto de energía. Se utilizan los factores de conversión basado en el cociente respiratorio para convertir el consumo de oxígeno con el gasto energético expresado en kilocalorías. Cuando los combustibles oxidados representan una mezcla de proteínas, grasas e hidratos de carbono, el consumo de un litro de oxígeno resulta en un gasto de 4,81 Kcal (~ 5 Kcal) (5, 9).

Debido a que los métodos de determinación del GE como la CD y la CI no se encuentran disponibles en todos los centros deportivos, mucho menos en todos los consultorios o centros de trabajo, se han ido publicando diversas ecuaciones predictivas que incluyen variables como; peso, estatura, edad, sexo, entre otros. Entre las EP de uso más común destacan la ecuación de Harris-Benedict (6), la ecuación de Mifflin (7) y las ecuaciones de FAO-OMS (8).

Cada una de las EP publicadas en la literatura científica ha sido validada con una población específica, y hasta el momento ninguna de estas fórmulas ha sido desarrollada en su totalidad en la población deportista. Un informe reciente realizado por la Academy of Nutrition and Dietetics (AND) señala que las ecuaciones de Harris-Benedict y Cunningham puede ser utilizadas en personas activas debido a una elevada correlación respecto al GER (9).

Como ha sido mencionado con anterioridad, uno de los factores más importantes que afecta directamente el metabolismo basal es el tamaño y la composición corporal. La tasa metabólica disminuye con la edad a consecuencia de la pérdida de masa magra (9). El aumento de la masa muscular puede incrementar esta tasa debido a una mayor pérdida de calor y energía. Diversos autores como Jackson y Pollockhan encontrado que la población deportista tiene una mayor masa libre de grasa (11) y por lo tanto un GEB más elevado que la población general. Algunas fórmulas de predicción del GER, como la ecuación de Cunningham realizada en 1980, utilizan variables como la masa libre de grasa (MLG), por lo que se cree pudiera tener una mayor semejanza a CI en población deportista (10).

Esta investigación tuvo como objetivo comparar diferentes EP del GER con CI a través de la implementación del dispositivo móvil Breezing® (12) en futbolistas de categoría profesional del F.C. Atlas y conocer una EP confiable para la valoración del GE en esta población.

ANTECEDENTES

El gasto GE representa la energía que el organismo consume; está constituido por la suma de: la tasa metabólica basal, la termogénesis endógena (TE) y la AF. Habitualmente, el GER se determina por medio de EP, pero la evidencia señala que la medición del consumo de oxígeno, es el método de mayor precisión (13).

Otro determinante del GER, es la composición corporal, especialmente la masa libre de grasa (MLG); existen diferentes métodos para determinarla, entre ellos la densitometría, la absorciometría de doble energía radiológica -DEXA-, la tomografía, la medición del agua corporal total (ACT), la antropometría y la impedancia bioeléctrica (BIA). El uso de éste último se ha extendido pues no es invasivo, de rápida aplicación, bajo costo, alta precisión y seguridad. En la práctica, el método más usado para determinar la composición corporal, por su facilidad de aplicación y bajo costo, es la antropometría, el cual ha sido ampliamente validado con otros de mayor precisión como los isotópicos y los densitométricos (14).

Gasto Energético

El GET, comprende el GEB, la AF y la TE. La Organización Mundial de la Salud (OMS), define el GET como “el nivel de

energía necesario para mantener el equilibrio entre el consumo y el gasto energético, cuando el individuo presenta peso, composición corporal y actividad física compatibles con un buen estado de salud, debiéndose hacer ajustes para individuos con diferentes estados fisiológicos como crecimiento, gestación, lactancia y envejecimiento” (15).

El GEB representa la integración de la actividad mínima de todos los tejidos del cuerpo en condiciones de equilibrio, se expresa como producción de calor o consumo de oxígeno por unidad de tamaño corporal. Mitchell, la definió como la “tasa mínima de gasto energético compatible con la vida”. Constituye del 60 al 70% del GE diario en la mayoría de los adultos sedentarios, en tanto, en los individuos físicamente muy activos es de aproximadamente el 50%; varía dependiendo de la composición corporal, especialmente de la MLG (13,16).

Margus-Levy en 1899 introdujo el término metabolismo basal y estableció que su medición debería efectuarse en las siguientes condiciones: sujeto totalmente descansado antes y durante las mediciones, acostado, en estado de vigilia, en ayuno de 10-12 horas, en condiciones controladas de temperatura (22-26 C°), en ausencia de infección y libre de estrés emocional (17,18). El metabolismo basal expresado como GEB, es diferente al GER; este último se obtiene cuando la determinación se hace en reposo y en las condiciones descritas para el GEB pero no en ayuno, incluyendo por tanto la energía utilizada para el aprovechamiento biológico de los alimentos. Estas mediciones, difieren en menos del 10% y ambos términos se tienden a utilizar indistintamente, en la actualidad se utiliza más la denominación de GER (19).

La medición del GEB despertó el interés de los investigadores en los primeros años del siglo 20; los estudios iniciales se orientaron al diagnóstico del hipo y del hipertiroidismo. Posteriormente, alrededor de la segunda década del siglo 20, Bedale utilizó la medición del GEB para estimar requerimientos energéticos en niños y niñas entre 7 y 18 años; este trabajo fue considerado importante y su método fue retomado en 1985, por la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización Mundial de la Salud (WHO) y la Organización de Naciones Unidas (ONU) (17).

Existen varias características fisiológicas que hacen que el GER varíe de unas personas a otras, las principales son el tamaño, composición corporal, edad, sexo y la producción de hormonas (20). El GER puede ser estimado o medido; la medición es más precisa que la estimación, siempre y cuando se controlen los factores que pueden introducir modificaciones, como son la energía inducida por la alimentación, el consumo de alcohol, el uso de nicotina, la actividad física, la temperatura ambiental, la posición del individuo durante la prueba y el tiempo de medición. Las recomendaciones establecidas por la Asociación Americana de Dietistas (21) para mejorar la precisión de medición aparecen en la tabla 1.

CRITERIO	ADULTO SANOS
Ayuno	Mínimo de 4 a 5 horas después de una comida liviana, en quienes no es apropiado un ayuno prolongado
Ingestión de alcohol	Abstención mínima de 2 horas
Uso de nicotina	Abstención mínima de 2 horas
Ingestión de cafeína	Abstención mínima de 4 horas
Periodo de reposo	10-20 minutos antes de la prueba
Restricción de actividad física	Abstención de ejercicio aeróbico moderado o de ejercicio anaeróbico mínimo 2 horas antes de la prueba y de 14 horas, en personas que practiquen ejercicio vigoroso de resistencia
Condiciones ambientales	Temperatura entre 20 a 25°C, condiciones confortables
Dispositivos para la recolección de los gases	Adherencia rigurosa para prevenir escapes
Estado de equilibrio (Steady - state) condiciones e intervalos	Descartar los 5 minutos iniciales, luego alcanzar un periodo de 5 minutos con $< o = 10\%$ CV para la producción de oxígeno (Vo_2) y de dióxido de carbono (VCo_2)
Número mediciones /24 horas	Lo ideal es alcanzar el estado de equilibrio en una medición, si no es posible, 2 o 3 mediciones no consecutivas mejoran la precisión.
Variación en la repetición Mediciones	3-5% en las realizadas dentro de las primeras 24 horas y alrededor de 10% después de semanas o meses.
Cociente respiratorio (QR)	QR < 0.7 o > 1.0 sugiere incumplimiento del protocolo o imprecisión en la medición de gases

Tabla 1. Criterios para la medición del GER en adultos. CV: coeficiente de variación. Fuente: Compher C, Frankenfield D, Keim N, Rosh-Yousey L. Best Practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: a systematic review. Am J Diet

El costo energético por AF varía entre el 25 y el 75% del GET. El periodo de la vida de mayor disminución de la AF es entre la adolescencia y el adulto joven. Durante esta etapa, la actividad total (min/semana) y el tiempo de actividad recreativa habitual (MET/semana) disminuye marcadamente en hombres (31%) y en mujeres (83%). Los estudios de AF y de GET durante este periodo reflejan cambios marcados en los hábitos de vida, sociodemográficos y biológicos, factores que pueden estar asociados con un incremento del riesgo de obesidad y de comorbilidades (32).

El GE por actividad física es muy variable entre individuos y puede cambiar día a día. En personas sedentarias, cerca de dos terceras partes del GET se emplean en el metabolismo basal, mientras que sólo una tercera parte se gasta en AF. En individuos muy activos, el GET puede elevarse hasta el doble del GEB; el gasto puede ser aún mayor en algunos atletas y en quienes realizan trabajos pesados. El nivel de actividad física (PAL) se describe como la proporción entre el GET y el GEB y se usa para determinar la cantidad e intensidad de la AF habitual de un individuo (32).

La FAO-WHO-UNU (2001) consideran dos tipos de AF: las actividades obligatorias relacionadas con el trabajo, el estudio y la atención del hogar y las actividades discrecionales referidas a la actividad física regular, la recreación y la interacción social, consideradas importantes porque mantienen la salud, proporcionan bienestar y mejoran la calidad de vida.

La TE se refiere al aumento del GE producido después del consumo de alimentos, y corresponde a la energía necesaria para la digestión, absorción, transporte, metabolismo y almacenamiento de los macronutrientes. La intensidad y la duración de la TE están determinadas por la cantidad y composición de los alimentos consumidos. El incremento en el GE varía de 5-10% para carbohidratos, 0-5% para grasas, y de 20- 30% para proteínas. El consumo de una dieta mixta produce un incremento en el GE equivalente al 10% de la energía contenida en los alimentos (32).

Los dos componentes de la TE son la termogénesis obligatoria y la facultativa. La primera es modulada por factores como la actividad del sistema nervioso simpático y la tolerancia a la glucosa; representa las dos terceras partes del efecto térmico de los alimentos. El componente facultativo corresponde a la tercera parte de la TE y está relacionado con las fases cefálicas y postprandial de la alimentación; su actividad es mayor en algunos tejidos como el músculo esquelético debido a la activación del sistema nervioso simpático y de los receptores α -adrenérgicos, los cuales estimulan el metabolismo celular (32).

Calorimetría

Los componentes del GE, es decir el metabolismo basal y el gasto que requiere cualquier AF, se pueden determinar por calorimetría, la cual puede ser directa o indirecta (19). Además de la calorimetría, existen otros métodos para determinar el GEB y el requerimiento de energía: las ecuaciones predictivas, la impedancia bioeléctrica y el agua doblemente marcada (13).

Los siguientes son los métodos más utilizados:

Calorimetría directa (CD). El GET puede determinarse por la medición de la cantidad de calor producida por el organismo. Este procedimiento se realiza en cámaras herméticas con paredes aislantes, en donde se confina al sujeto y se registra el calor almacenado y el perdido por radiación, convección y evaporación; se precisa un mínimo de seis horas para estabilizar el sistema; el método más conocido es la cámara de Atwater, en la cual el calor producido es absorbido por el agua que pasa a través de ésta y cuantificado mediante termosensores o termómetros que registran la temperatura a la entrada y a la salida en un tiempo determinado. Como se puede deducir, es un método complejo y difícil de realizar en la práctica, por tanto su uso ha sido de carácter investigativo o para valorar métodos indirectos (19).

Calorimetría indirecta (CI). Es un método no invasivo que permite estimar la producción de energía equivalente al GEB (32) y la tasa de oxidación de los sustratos energéticos. La denominación de indirecta señala que el gasto metabólico se determina por medio de los equivalentes calóricos del oxígeno (O₂) consumido y del dióxido de carbono (CO₂) producido, cuyas cantidades difieren según el sustrato energético que esté siendo utilizado. La producción de energía corresponde a la conversión de la energía química contenida en los nutrientes en energía química almacenada como ATP y, en la energía disipada como calor, durante el proceso de oxidación. Si se admite que todo el O₂ consumido se utiliza para oxidar los sustratos energéticos (proteínas, carbohidratos y lípidos) y, que todo el CO₂ producido se elimina por la respiración, es posible calcular la energía total producida por los nutrientes (13).

La CI se basa en el principio del intercambio de gases; la respiración en un calorímetro produce depleción de O₂ y acumulación de CO₂ en la cámara de aire. La cantidad de O₂ consumido y de CO₂ producido se determina multiplicando la frecuencia respiratoria, por el cambio en la concentración del gas. El GE se calcula usando el consumo de O₂, la

producción de CO₂ y la producción de nitrógeno urinario con la ecuación de Weir. Esta relación también provee información acerca del sustrato nutricional utilizado para la energía metabólica (32).

El cociente respiratorio es un componente importante en la determinación de la CI y se define como la relación que existe entre la producción de CO₂ y el consumo de O₂; tiene un valor de 1,0 para la oxidación de carbohidratos, de 0.81 para la proteína y de 0.71 para la grasa (32). Los métodos usados son los de circuito abierto y cerrado. En este último método, el CO₂ producido es absorbido dentro del sistema, se adiciona O₂ para mantener constante el volumen del gas. Benedict en 1918 elaboró un método con este principio y posteriormente Krogh y Roth desarrollaron un instrumento que medía el consumo de O₂ a partir de la reducción del volumen del gas por medio de un espirómetro. En 1920 se fabricó el espirómetro portátil de Benedict y Roth. La calorimetría con circuito abierto se ha realizado con diferentes métodos, entre ellos la bolsa de Douglas, Oxilog, capota ventilada, calorímetro de canopy y de cuerpo entero. Existen pocos estudios que comparan calorimetría con circuito abierto y cerrado, sin embargo, se menciona que el circuito cerrado sobreestima el GEB (17).

Entre 1950 y 1960, se efectuaron diversos experimentos para la medición del GET utilizando el respirómetro de Max Planck, el cual se empleó para medir el GE en diferentes actividades, que junto con el dato adicional del tiempo empleado para cada actividad, permitía determinar el GET para 24 horas, método conocido como factorial (32).

Ecuaciones Predictivas

La determinación de la necesidad de energía es un componente básico en la planeación de la alimentación debido a que el balance entre consumo y GE tiene implicaciones importantes para la salud. En la práctica, es común utilizar ecuaciones de referencia para estimar el GEB y aplicar el método factorial para determinar el requerimiento energético diario.

Las EP usualmente han sido desarrolladas con personas sanas y están basadas en análisis de regresión que incluye peso, altura, sexo y edad como variables independientes y en la medición del GER por CI como variable dependiente; por ejemplo, la ecuación de la FAO/WHO/UNU 1985 tiene en cuenta el sexo, los grupos de edad y el peso. Otros autores tienen en cuenta el índice de masa corporal (IMC) (22). Las principales EP que se han elaborado para la estimación de la GEB son:

Ecuación de Owen. La ecuación del Owen fue diseñada en 1986 dentro del Centro de Investigación Clínica de la Universidad de Vermont para la población de los Estados Unidos, y fue validada a través de pruebas con calorimetría directa tanto en sujetos obesos como atletas entrenados (35).

$$\text{Hombres GEB} = 879 + (10.2 \times \text{Peso kg})$$

$$\text{Mujeres GEB} = 795 + (7.18 \times \text{Peso kg})$$

Ecuación de Valencia. Basada en 393 mediciones en sujetos mexicanos, mestizos e indígenas de zonas rurales y urbanas, de diversas ocupaciones como: oficinistas, obreros, albañiles, amas de casa y estudiantes universitarios. El estudio concluyó ser la ecuación de elección para determinar el GEB de adultos mexicanos.

Sexo	Edad / años	GEB (Kcal/día)
Hombres	10-30	13.37 x Peso kg + 747
	30-60	13.08 x Peso kg + 693
	>60	14.21x Peso kg + 429
Mujeres	10-30	11.02 x Peso kg + 679
	30-60	10.92 x Peso kg + 677
	>60	10.98 x Peso kg + 520

Tabla 2. Ecuaciones de Valencia para estimar el Gasto Energético Basal (GEB) según edad y sexo. Fuente: Valencia M. Energía. En: Bourges et al. Recomendaciones de Ingestión de Nutrimientos para la población Mexicana. Tomo 2. México. Ed. Panamericana, 2008.

Ecuación de Mifflin y cols. Tomaron datos de una investigación en la que se estudió la relación entre la energía y los factores de riesgo cardiovascular en adultos de 19 a 78 años. Utilizaron bioimpedancia eléctrica y medición de pliegues cutáneos (Mujeres: muslo, tríceps y cresta iliaca; Hombres: muslo, pectoral y abdomen), encontrando un gasto energético similar en obesos y en no obesos.

$$\text{Hombre GEB} = (10 \times \text{Peso kg}) + (6.25 \times \text{Estatura cm}) - (5 \times \text{Edad años}) + 5$$

$$\text{Mujeres GEB} = (10 \times \text{Peso kg}) + (6.25 \times \text{Estatura cm}) - (5 \times \text{Edad años}) - 161$$

Ecuaciones de Shofield (FAO/WHO/UNU) 1985. El Comité de Expertos de la FAO/WHO/UNU en 1985, desarrolló una serie de EP para estimar el requerimiento energético con base en algunas premisas: el requerimiento energético se debe fundamentar en la medición del GE y no en la ingesta; el organismo tiene la capacidad para adaptarse a ingestas bajas y, el requerimiento se refiere a grupos y no a individuos. Este Comité adoptó el método factorial y propuso la aplicación de múltiplos del GEB; en las ecuaciones consideraron edad, sexo y peso corporal (26).

Se utilizaron como base principalmente los datos de los estudios de Shofield, sin embargo, estos presentaban limitaciones tales como: pocos datos sobre lactantes, adolescentes y adultos mayores; carencia de datos de personas provenientes de países en desarrollo; poca variabilidad étnica y geográfica (se incluyó un número desproporcionado de italianos, 47%) y baja inclusión de individuos de regiones tropicales (26,27).

Los niveles de AF y los factores que se consideraron para calcular el GET se muestran en la tabla 3 (27):

Sexo	Actividad leve	Actividad moderada	Actividad pesada
Hombre	1.55	1.76	2.10
Mujer	1.56	1.64	1.82

Tabla 3. Niveles de AF para la estimación del GET. Fuente: FAO/WHO/UNU. (2005). Human energy requirements.

Ecuación de Harris y Benedict. La publicación original data de 1919, los estudios realizados por estos autores se basaron en mediciones de GMB de 136 hombres y 103 mujeres en el Laboratorio de Nutrición de Carnegie en Boston; se usaron métodos estadísticos rigurosos que dieron como resultado las siguientes ecuaciones (23): En varios estudios, esta ecuación demostró ser la más cercana a la medición de CI, cuando se comparó con otras ecuaciones como las de Mifflin–St Jeor, (MJ), Owen (OW), World Health Organization (WHO/FAO/UNU) and Lührmann (LM) (24,25).

$$\text{Hombres GEB} = 66.4730 + 13.7516 \times \text{Peso kg} + 5.0033 \times \text{Estatura cm} - 6.7759 \times \text{Edad años}$$

$$\text{Mujeres GEB} = 665.0955 + 9.5634 \times \text{Peso kg} + 1.8496 \times \text{Estatura cm} - 4.6756 \times \text{Edad años}$$

Ecuaciones de Oxford. Entre 1980 y 2000, un grupo de expertos seleccionó estudios de medición del GE que incluyeron los siguientes aspectos: edad, peso y sexo; descripción de las condiciones experimentales y del equipo usado para la medición del GEB; mediciones en sujetos sanos, en estado post-absortivo y sin AF previa y, descripción de la etnia y de la localización geográfica. De la base de datos se excluyeron a todos los sujetos italianos de los estudios de Shofield y se incluyeron datos de habitantes de los trópicos. A partir de estas variables se generó una base de datos denominada de Oxford, la cual tomó en cuenta 10552 valores del GEB. Con las ecuaciones desarrolladas (Tabla 2) los valores del GEB, en mayores de 18 años fueron más bajos que los obtenidos con las ecuaciones de la FAO/WHO/UNU de 1985 (17). La comparación entre las ecuaciones de Oxford teniendo en cuenta el peso corporal y las de la FAO/WHO/UNU 1985 para estimación del GEB se muestra en la tabla 4.

Sexo	Edad / años	GEB (Kcal/día)
Hombres	10-18	15.6 x Peso Kg + 266 x Estatura cm + 299
	18-30	14.4 x Peso Kg + 313 x Estatura cm + 113
	30-60	11.4 x Peso Kg + 541 x Estatura cm - 137
	>60	11.4 x Peso Kg + 541 x T - 256
Mujeres	10-18	9.40 x Peso Kg + 246 x Estatura cm + 462
	18-30	10.4 x Peso Kg + 615 x Estatura cm - 282
	30-60	8.18 x Peso Kg + 502 x Estatura cm - 11.6
	>60	8.52 x Peso Kg + 421 x Estatura cm + 10.7

Tabla 4. Ecuaciones de Oxford para estimar el Gasto Energético Basal (GEB) según edad y con la inclusión de variables de peso y talla. Fuente: Henry CJK. (2005). Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations Public Health Nutr.; 8:1133-52.

Ecuación de Cunningham (1980). Calculó la presión con que la masa magra influye sobre la tasa metabólica basal en

base al estudio de Harris Benedict. Dentro de su investigación concluyó que el metabolismo basal depende de la edad, el sexo y la composición corporal (10).

Metabolismo basal (MB)

(MB) Kcal/día = [500 + 22.0 x masa muscular magra (LBM)]

Hombres: LBM = [69.8 - 0.26 (Peso kg) - 0.12 (Edad años) x Peso kg /73.2]

Mujeres: LBM = [79.5 - 0.24 (Peso kg) - 0.15 (Edad años) x Peso kg /73.2]

Ecuación de Quenouille. En 1951 Quenouille y sus colaboradores fueron los primeros en elaborar un estudio con base en determinaciones del GEB; los datos de Quenouille incluyeron personas que habitaban en el trópico y se orientaron a examinar el papel de la etnicidad y del clima sobre el GEB, sin embargo, la ecuación no ha sido muy utilizada (17). Estos datos fueron incluidos posteriormente en las bases de información de Shofield y Oxford.

$GEB = 2.975 \times \text{Estatura cm} + 8.90 \times \text{Peso kg} + 11.7 \times \text{Superficie corporal de DuBois} + 3.0 \text{ humedad} - 4.0 \text{ temperatura} + 293.8$

Históricamente, los nutricionistas dietistas han utilizado las EP para estimar el GER, pero los estudios de validación han encontrado que estas ecuaciones pueden sobrestimar o subestimar el requerimiento energético; en algunos, el error reportado es del 20% y en otros, la imprecisión es del orden de 200 Kcal, que aunque leve, es importante, ya que puede promover la ganancia de peso en adultos (29).

La ecuación de Harris y Benedict es la más antigua y la más utilizada; los estudios sugieren que esta ecuación sobrestima el GEB entre el 10 y el 15%, especialmente en personas de bajo peso; la de la FAO/WHO/UNU, validada por Muller (2004) también sobreestima el GER en algunas comunidades (27). Esteves de Oliveira y cols compararon diferentes EP (Instituto de Medicina de Estados Unidos- GER-, Fleish, FAO/WHO/UNU 1985 y FAO/WHO/UNU 2001) en adultos brasileños y encontraron una sobreestimación de las ecuaciones de la FAO/WHO/UNU de 1985 y de 2001 con respecto a la de Fleish y la EER; además, estas EP mostraron un GEB significativamente menor en ambos sexos con respecto a la CI; también encontraron que las medianas de GEB obtenidas por BIA y por CI fueron significativamente menores en mujeres ($p < 0.05$) (13).

La ecuación de Schofield y la de la FAO/WHO/ UNU no tienen en cuenta la talla porque consideran que no contribuye a la estimación del GER en individuos sanos (menos del 0.1% del valor del GER preestablecido), están basadas únicamente en el peso. Sin embargo, el Instituto de Medicina de los Estados Unidos afirma que la inclusión de esta variable puede reducir levemente el error de predicción (22). Debido a que la comparación de las ecuaciones arroja valores diferentes sobre el GE, para su aplicación se sugiere considerar la población de la cual fue derivada y las variables incluidas (22).

Actualmente, se considera que el clima es una variable condicionante, porque puede influir en el GEB; las personas que viven en clima cálido tienden a tener un GEB más bajo que quienes viven en clima frío, aún después de ajustar por tamaño y composición corporal; por lo tanto, es posible que el cambio climático y las migraciones a otras zonas geográficas afecten, al menos parcialmente, el GEB (30).

Algunos estudios reportan que las ecuaciones de referencia FAO/WHO/UNU, aplicadas en diferentes condiciones de temperatura tienden a sobreestimar el GEB en poblaciones tropicales (3-13%) y a subestimarla en poblaciones que viven cerca a los polos o en zonas de gran altitud (2-10%). Sin embargo, otros autores atribuyen estas variaciones a factores como la subnutrición y la composición de la dieta; así, las dietas altas en carbohidratos, podrían explicar los valores más bajos del GEB en algunas poblaciones tropicales y las dietas altas en proteína, las cifras mayores del GEB en las poblaciones circumpolares, cuando éstas se comparan con las de los europeos y norteamericanos (30).

Tasa Metabólica Basal por Impedancia Bioeléctrica (BIA)

Es un método que estima los compartimentos corporales, incluida la cantidad de líquido en los espacios intra y extracelulares. Esta técnica se basa en la resistencia al paso de la corriente alterna. El tejido magro es altamente conductor debido a la gran cantidad de agua y electrolitos que contiene, por tanto ofrece baja resistencia; por el contrario la grasa, la piel y el hueso son medios de baja conductividad y por ende de alta resistencia. En la actualidad se dispone de básculas que tienen incorporadas en su software las ecuaciones para determinar el GEB (13,14).

Agua Doblemente Marcada

Este método fue creado por Nathan Lifson en 1950; se basa en la administración de isótopos marcados (deuterio y O18), el deuterio es eliminado en forma de agua y el O18 se elimina en forma de agua y de CO₂; bajo condiciones de equilibrio, la diferencia entre las dos tasas de eliminación es una medida de la producción del CO₂ y a partir de este valor se estima el GE usando ecuaciones para CI; no se requiere recolectar el CO₂ espirado, sólo efectuar su medición por medio del isótopo

estable en orina. Este método se ha convertido en referencia para determinar el GE en individuos sanos y enfermos y es una herramienta importante para estudiar la etiología de la obesidad y para validar los métodos de estimación de la ingesta dietética (32).

JUSTIFICACIÓN

A lo largo de los años, muchos científicos han medido el gasto calórico en personas de diferentes edades, en situaciones muy diversas y también con diferentes aparatos de medición, empezando por Dawson en 1959, quien usó una cinta fonográfica como un traductor para medir el movimiento, la cual era un pequeño acelerómetro de un solo plano, hasta la utilización de un acelerómetro de tres planos llamado "Tri Trac- R3D" (33).

En cuanto al fútbol, diremos que es difícil medir el gasto calórico ya que todo esto está determinado por muchos problemas metodológicos tales como variabilidad de las distancias recorridas y de las velocidades, modalidades específicas de desplazamientos, interposición de esfuerzos isométricos entre los desplazamientos, coste energético ligado a la perfección del gesto técnico y posibilidad de alcanzar un mismo rendimiento solicitando vías energéticas distintas.

Además en este deporte existen diferencias individuales entre los jugadores en función del puesto específico que ocupen en el terreno de juego y de las funciones que le asigne el entrenador (33). Según Jiménez (1998), citado por Pino Ortega (2001), durante un partido de fútbol de 90 minutos de duración se suele gastar una elevada cantidad de kilocalorías (1000 kcal), lo que da lugar a un vaciamiento de las reservas de glucógeno muscular del miembro inferior. Reilly (1997) observó que el gasto de energía varía según qué posición ocupa en un partido, siendo más alta en los jugadores centrocampistas. Las continuas aceleraciones, deceleraciones, cambios de dirección, etc. acentúan los consumos de energía.

Por todo ello, el presente estudio, evaluó y comparo el GER de 43 jóvenes futbolistas de categoría profesional del F. C. Atlas, con diferentes EP y CI a través del dispositivo móvil Breezing®.

Autor	Hombres	Mujeres																												
Owen	$879 + (10.2 \times \text{Peso kg})$	$795 + (7.18 \times \text{Peso kg})$																												
Valencia	18-30 años: $(13.37 \times \text{Peso kg}) + 747$ 30-60 años: $(13.08 \times \text{Peso kg}) + 693$ >60 años: $(14.21 \times \text{Peso kg}) + 429$	18-30 años: $(11.02 \times \text{Peso kg}) + 679$ 30-60 años: $(10.92 \times \text{Peso kg}) + 677$ >60 años: $(10.98 \times \text{Peso kg}) + 520$																												
Mifflin	$(10 \times \text{Peso en kg}) + (6.25 \times \text{Estatura cm}) - (5 \times \text{Edad años}) + 5$	$(10 \times \text{Peso}) + (6.25 \times \text{Estatura cm}) - (5 \times \text{Edad años}) - 161$																												
FAO/OMS	<table border="0"> <tr> <td>Edad años</td> <td>Kcal/día</td> </tr> <tr> <td>0 a 3 años</td> <td>$(60.9 \times \text{Peso kg}) - 54$</td> </tr> <tr> <td>4 a 10</td> <td>$(22.7 \times \text{Peso kg}) + 495$</td> </tr> <tr> <td>11 a 18</td> <td>$(17.5 \times \text{Peso kg}) + 651$</td> </tr> <tr> <td>19 a 30</td> <td>$(15.3 \times \text{Peso kg}) + 679$</td> </tr> <tr> <td>31 a 60</td> <td>$(11.6 \times \text{Peso kg}) + 879$</td> </tr> <tr> <td>> 60</td> <td>$(13.5 \times \text{Peso kg}) + 487$</td> </tr> </table>	Edad años	Kcal/día	0 a 3 años	$(60.9 \times \text{Peso kg}) - 54$	4 a 10	$(22.7 \times \text{Peso kg}) + 495$	11 a 18	$(17.5 \times \text{Peso kg}) + 651$	19 a 30	$(15.3 \times \text{Peso kg}) + 679$	31 a 60	$(11.6 \times \text{Peso kg}) + 879$	> 60	$(13.5 \times \text{Peso kg}) + 487$	<table border="0"> <tr> <td>Edad años</td> <td>Kcal/día</td> </tr> <tr> <td>0 a 3 años</td> <td>$(61 \times \text{Peso kg}) 51$</td> </tr> <tr> <td>4 a 10</td> <td>$(22.5 \times \text{Peso kg}) + 499$</td> </tr> <tr> <td>11 a 18</td> <td>$(12.2 \times \text{Peso kg}) + 746$</td> </tr> <tr> <td>19 a 30</td> <td>$(14.7 \times \text{Peso kg}) + 496$</td> </tr> <tr> <td>31 a 60</td> <td>$(8.7 \times \text{Peso kg}) + 829$</td> </tr> <tr> <td>> 60</td> <td>$(10.5 \times \text{Peso kg}) + 596$</td> </tr> </table>	Edad años	Kcal/día	0 a 3 años	$(61 \times \text{Peso kg}) 51$	4 a 10	$(22.5 \times \text{Peso kg}) + 499$	11 a 18	$(12.2 \times \text{Peso kg}) + 746$	19 a 30	$(14.7 \times \text{Peso kg}) + 496$	31 a 60	$(8.7 \times \text{Peso kg}) + 829$	> 60	$(10.5 \times \text{Peso kg}) + 596$
Edad años	Kcal/día																													
0 a 3 años	$(60.9 \times \text{Peso kg}) - 54$																													
4 a 10	$(22.7 \times \text{Peso kg}) + 495$																													
11 a 18	$(17.5 \times \text{Peso kg}) + 651$																													
19 a 30	$(15.3 \times \text{Peso kg}) + 679$																													
31 a 60	$(11.6 \times \text{Peso kg}) + 879$																													
> 60	$(13.5 \times \text{Peso kg}) + 487$																													
Edad años	Kcal/día																													
0 a 3 años	$(61 \times \text{Peso kg}) 51$																													
4 a 10	$(22.5 \times \text{Peso kg}) + 499$																													
11 a 18	$(12.2 \times \text{Peso kg}) + 746$																													
19 a 30	$(14.7 \times \text{Peso kg}) + 496$																													
31 a 60	$(8.7 \times \text{Peso kg}) + 829$																													
> 60	$(10.5 \times \text{Peso kg}) + 596$																													
Harris & Benedict	$66.473 + (13.7516 \times \text{Peso kg}) + (5.0033 \times \text{Estatura cm}) - (6.775 \times \text{Edad años})$	$655.0955 + (9.5634 \times \text{Peso kg}) + (1.8449 \times \text{Estatura cm}) - (4.6756 \times \text{Edad años})$																												
Oxford	<table border="0"> <tr> <td>Edad años</td> <td>Kcal/día</td> </tr> <tr> <td>10-18 años</td> <td>$15.6 \times \text{Peso kg} + 266 \times \text{Estatura cm} + 299$</td> </tr> <tr> <td>18-30</td> <td>$14.4 \times \text{Peso kg} + 313 \times \text{Estatura cm} + 113$</td> </tr> <tr> <td>30-60</td> <td>$11.4 \times \text{Peso kg} + 541 \times \text{Estatura cm} - 137$</td> </tr> <tr> <td>>60</td> <td>$11.4 \times \text{Peso kg} + 541 \times \text{Estatura cm} - 256$</td> </tr> </table>	Edad años	Kcal/día	10-18 años	$15.6 \times \text{Peso kg} + 266 \times \text{Estatura cm} + 299$	18-30	$14.4 \times \text{Peso kg} + 313 \times \text{Estatura cm} + 113$	30-60	$11.4 \times \text{Peso kg} + 541 \times \text{Estatura cm} - 137$	>60	$11.4 \times \text{Peso kg} + 541 \times \text{Estatura cm} - 256$	<table border="0"> <tr> <td>Edad años</td> <td>Kcal/día</td> </tr> <tr> <td>10-18 años</td> <td>$9.40 \times \text{Peso kg} + 246 \times \text{Estatura cm} + 462$</td> </tr> <tr> <td>18-30</td> <td>$10.4 \times \text{Peso kg} + 615 \times \text{Estatura cm} - 282$</td> </tr> <tr> <td>30-60</td> <td>$8.18 \times \text{Peso kg} + 502 \times \text{Estatura cm} - 11.6$</td> </tr> <tr> <td>>60</td> <td>$8.52 \times \text{Peso kg} + 421 \times \text{Estatura cm} + 10.7$</td> </tr> </table>	Edad años	Kcal/día	10-18 años	$9.40 \times \text{Peso kg} + 246 \times \text{Estatura cm} + 462$	18-30	$10.4 \times \text{Peso kg} + 615 \times \text{Estatura cm} - 282$	30-60	$8.18 \times \text{Peso kg} + 502 \times \text{Estatura cm} - 11.6$	>60	$8.52 \times \text{Peso kg} + 421 \times \text{Estatura cm} + 10.7$								
Edad años	Kcal/día																													
10-18 años	$15.6 \times \text{Peso kg} + 266 \times \text{Estatura cm} + 299$																													
18-30	$14.4 \times \text{Peso kg} + 313 \times \text{Estatura cm} + 113$																													
30-60	$11.4 \times \text{Peso kg} + 541 \times \text{Estatura cm} - 137$																													
>60	$11.4 \times \text{Peso kg} + 541 \times \text{Estatura cm} - 256$																													
Edad años	Kcal/día																													
10-18 años	$9.40 \times \text{Peso kg} + 246 \times \text{Estatura cm} + 462$																													
18-30	$10.4 \times \text{Peso kg} + 615 \times \text{Estatura cm} - 282$																													
30-60	$8.18 \times \text{Peso kg} + 502 \times \text{Estatura cm} - 11.6$																													
>60	$8.52 \times \text{Peso kg} + 421 \times \text{Estatura cm} + 10.7$																													
Cunningham	Metabolismo basal (MB) (MB) Kcal/día = $[500 + 22.0 \times \text{masa muscular magra (LBM)}]$ LBM = $[69.8 - 0.26 (\text{Peso en kg}) - 0.12 (\text{Edad años}) \times \text{Peso kg} / 73.2]$	Metabolismo basal (MB) (MB) Kcal/día = $[500 + 22.0 \times \text{masa muscular magra (LBM)}]$ LBM = $[79.5 - 0.24 (\text{Peso en kg}) - 0.15 (\text{Edad años}) \times \text{Peso kg} / 73.2]$																												

Tabla 5. Ecuaciones predictivas empleadas en los jóvenes futbolistas para estimar GER. OMS: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Organización Mundial de la Salud. IOM: "Institute of Medicine".

MÉTODOS

Diseño del Estudio

El tipo de estudio fue comparativo - experimental no aleatorio, en el cual se evaluó el Gasto Energético Basal (GEB) mediante la utilización de un dispositivo Breezing®. Los participantes se reportaron en una sola ocasión al laboratorio de pruebas de la casa club, en donde se llevó a cabo la recolección de datos mediante encuestas alimentarias, la evaluación de la masa corporal y la talla, con la finalidad de determinar los valores de la tasa metabólica en reposo a través de calorimetría indirecta. Los nutricionistas del estudio proporcionaron a los participantes las instrucciones pertinentes para la utilización del dispositivo mediante una capacitación previa a la medición final, respecto a la técnica de respiración.

Participantes

Se reclutaron cuarenta y tres jóvenes ($n = 43$) deportistas de categoría profesional, participantes de la liga de primera, Sub-20, segunda, tercera, cuarta y quinta división profesional de la federación mexicana de fútbol, pertenecientes a la casa club del FC Atlas, con promedio de edad de $X=16.2\pm 2.1$ años. Todos los participantes dieron su consentimiento informado por escrito para participar en el estudio, el cual fue aprobado por el comité de revisión institucional de la Universidad del Valle de México y la coordinación institucional del departamento de nutrición del FC Atlas.

Procedimientos

Control Dietario: A fin de reducir al máximo la posibilidad de que hubiera hábitos dietarios que confundieran los resultados, se les pidió a los participantes presentarse a la evaluación después de 4 horas de ayuno y se les solicitó contestar la historia clínica-dietética, la cual tuvo como finalidad conocer cualquier tipo de suplementos y/o medicamentos consumidos en la actualidad, consumo de bebidas estimulantes, así como hábitos dietéticos generales.

Evaluación antropométrica: Para la evaluación de las medidas antropométricas se utilizaron los protocolos estandarizados por la Asociación Internacional para los Avances de la Kinantropometría (ISAK) (33).

- **Peso corporal:** El objetivo fue determinar la masa corporal total y se utilizó una balanza digital con precisión de (200 mg) de la marca Beurer modelo BG17 con una escala de 0 a 150 kg.
- **Talla:** El objetivo fue determinar la Talla con tracción, mediante un estadiómetro de la marca seca modelo 217 con una precisión de ± 1 mm.

Evaluación del gasto energético basal: Con la finalidad de evitar cualquier posible error, se les solicitó a los participantes presentarse en el laboratorio de pruebas en ayuno y reposo durante 4 horas después de su última ingesta alimentaria. La evaluación del GEB se realizó mediante calorimetría indirecta, la cual consiste en medir el cociente respiratorio a través de la relación del intercambio gaseoso (CO_2 producido respecto al O_2 consumido). Los nutricionistas del estudio realizaron una capacitación previa a la medición final a todos los participantes respecto a la correcta utilización del dispositivo móvil Breezing®.

Molestias o Riesgos Esperados

Todos los procedimientos que se utilizaron en el estudio implicaron un riesgo “mínimo” para la salud.

Beneficios por la Aceptación del Estudio

Se otorgó al club los resultados de la presente investigación, una capacitación para el equipo interdisciplinar con respecto a la utilización del dispositivo móvil Breezing® y una credencial con especificaciones individualizadas respecto a la ingesta calórica de cada futbolista.

Todos los participantes fueron informados sobre los procedimientos de evaluación y firmaron una carta de consentimiento.

Análisis Estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el programa SPSS versión 17 para Windows. Para las variables de tipo cualitativo se utilizó frecuencia y porcentaje. Para las variables de tipo cuantitativo se realizó el Test de *Shapiro-Wilk* con la finalidad de observar la distribución de la muestra siendo no significativa por lo que se utilizaron pruebas de tipo paramétrico, utilizando como medida de tendencia central media y como medida de distribución desviación estándar (DE). Para la diferencia de medias se utilizó la prueba *t de Student* tomando como significancia estadística un valor- $p < 0.05$.

RESULTADOS

Participantes

43 jóvenes deportistas participantes de la liga de primera, Sub-20, segunda, tercera, cuarta y quinta división profesional de la federación mexicana de fútbol fueron evaluados. Dentro de la muestra de estudio se valoraron deportistas con diferentes posiciones de juego (Tabla 6).

Se observó que en relación a la media la edad fue de 16.6 años (DE 2.1), en el peso fue de 66.4 kg. (DE 8.7) en la talla de 173.3 cm. (DE 7.3) en relación al consumo calórico con CI fue de 1522.8 Kcal (DE 338.8) con Owen se encontró de 1563.7 kcal (DE 89.8) con Valencia de 1635.7 kcal. (DE 116.6) con Mifflin de 1669.8 kcal. (DE 122.6) con la ecuación de la OMS

1696.8 Kcal. (DE133.4) con HB 1734.76 (DE 144.4) con Oxford de 1804.02 kcal. (DE 160.5) y con Cunningham de 1847.5 kcal. (DE56.8) (Tabla 7).

En relación a la prueba de T Pareada se observa una diferencia de medias en relación con la prueba de CI, con la fórmula de Owen la diferencia fue de -40.9 kcal. ($p = 0.44$), CI con Valencia se encontró de -112.9 ($p = 0.04$) CI con Mifflin fue de -147.0 kcal. ($p = 0.01$) CI en relación con la ecuación de la OMS fue de -173.2 kcal. ($p = 0.003$) CI con HB fue de -211.9 Kcal. ($p = 0.0001$) CI con Oxford fue de -281.2 Kcal ($p = 0.0001$) y CI con Cunningham fue de -324.7 ($p = 0.0001$) (Tabla 8,9).

Posición de juego	Frecuencia	%
Delantero	11	25.6
Portero	2	4.7
Volante	6	14.0
Defensa	6	14.0
Lateral	4	9.3
Contención	2	4.7
Medio	4	9.3
Extremo	8	18.6
Total	43	100.0

Fuente: Instrumento de recolección

Tabla 6. Posición de juego de los jóvenes futbolistas del FC Atlas.

	Edad	Peso	Talla	CI	Owen	Valencia	Mifflin	OMS	HB	Oxford	Cunningham
Promedio	16.6	66.4	173.3	1522.8	1563.7	1635.7	1669.8	1696.0	1734.7	1804.0	1847.5
Desviación Estándar	2.1	8.7	7.3	338.8	89.8	116.6	122.6	133.4	144.4	160.5	56.8

Fuente: Instrumento de recolección

Tabla 7. Descripción de medias (H)

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Calorimetría indirecta	1522.8	43	338.8	51.6
	Owen	1563.7	43	89.8	13.7
Pair 2	Calorimetría indirecta	1522.8	43	338.8	51.6
	Valencia	1635.7	43	116.6	17.7
Pair 3	Calorimetría indirecta	1522.8	43	338.8	51.6
	Mifflin	1669.8	43	122.6	18.7
Pair 4	Calorimetría indirecta	1522.8	43	338.8	51.6
	OMS	1696.0	43	133.4	20.3
Pair 5	Calorimetría indirecta	1522.8	43	338.8	51.6
	Harris & Benedict	1734.7	43	144.4	22.0
Pair 6	Calorimetría indirecta	1522.8	43	338.8	51.6
	Oxford	1804.0	43	160.5	24.4
Pair 7	Calorimetría indirecta	1522.8	43	338.8	51.6
	Cunningham	1847.5	43	56.8	8.6

Tabla 8. Descripción de medias entre CI y EP (H). Fuente: Evaluaciones realizadas mediante el dispositivo móvil Breezing® modelo A013 con número de serie 1690615d, fórmulas de Owen, Valencia, Mifflin, OMS, Harris & Benedict, Oxford y Cunningham.

		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper	t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	Calorimetría indirecta Owen	-40.9	347.9	53.0	-147.9	66.1	-0.7	42	.44
Pair 2	Calorimetría indirecta Valencia	-112.9	355.0	54.1	-222.1	-3.6	-2.0	42	.04
Pair 3	Calorimetría indirecta Mifflin	-147.0	357.2	54.4	-256.9	-37.1	-2.6	42	.01
Pair 4	Calorimetría indirecta OMS	-173.2	360.5	54.9	-284.1	-62.2	-3.1	42	.00
Pair 5	Calorimetría indirecta Harris & Benedict	-211.9	364.1	55.5	-324.0	-99.8	-3.8	42	.00
Pair 6	Calorimetría indirecta Oxford	-281.2	370.6	56.5	-395.2	167.1	-4.9	42	.00
Pair 7	Calorimetría indirecta Cunningham	-324.7	344.8	52.5	-430.8	218.6	-6.1	42	.00

Tabla 9. Descripción de medias entre CI y EP. Fuente: Evaluaciones realizadas mediante el dispositivo móvil Breezing® modelo A013 con número de serie 1690615d, fórmulas de Owen, Valencia, Mifflin, OMS, Harris & Benedict, Oxford y Cunningham.

DISCUSIÓN

La precisión en la estimación del GER mediante el uso de las ecuaciones predictivas depende de diversas variables tales como; el sexo, IMC, edad, raza o etnicidad, entre otras (39). Se ha descrito en ellas errores de subestimación como sobrestimación, con una mayor precisión en la estimación en adultos no obesos en relación a obesos (40).

En los últimos años se han realizado diferentes estudios comparativos de las ecuaciones predictivas del GER con CI. Según Espinosa la ecuación de Harris & Benedict es un método fiable en la estimación del GER en pacientes ventilados (37). Parra-Carriedo afirma que no existe diferencia entre las EP (Harris & Benedict, Valencia y OMS) y CI en mujeres con grado de obesidad de I a III (38). Por otra parte según el estudio de Ruiz de la Fuente realizado en mujeres adultas asegura que las EP, sobrestimaron el GER en adultas jóvenes y mayores, por lo cual su uso rutinario, podría facilitar la malnutrición por exceso.

La proporción de masa muscular en las personas es determinante para la obtención del gasto energético basal, tal y como ha sido mencionado con anterioridad la superficie corporal tiende a ser mayor en la población deportista. El presente estudio ha sido realizado en su mayoría en futbolistas de divisiones inferiores, por lo cual creemos que de realizarse en su totalidad en futbolistas de primera división, la EP que más se aproxima con CI podría cambiar por el aumento de masa muscular que la mayoría de estos deportistas desarrollan en la máxima categoría.

Hasta el momento no hemos encontrado bibliografía que reporte estudios comparativos entre EP y CI en población deportista. Nuestro documento pretende ser una innovación en el campo abriendo un área de interés para futuras investigaciones. Por consiguiente, se hace necesario la realización de más investigaciones a nivel nacional donde se determine los requerimientos energéticos de nuestra población, en los diferentes grupos de edad, estados nutricionales y disciplinas deportivas que permitan finalmente la formulación de ecuaciones predictivas de mayor exactitud.

CONCLUSION

Conocer el valor del gasto energético es de suma importancia en la elaboración de los planes de alimentación de los individuos deportistas. Aplicar una ecuación es estimar los requerimientos, es decir, una aproximación; resulta importante entonces utilizar las ecuaciones adecuadas a la población que se atiende, pero más aún, realizar una medición del GEB mediante calorimetría indirecta, ya que se pueden observar diferencias significativas en los sujetos aun siendo evaluados con la fórmula de mayor semejanza. Una opción precisa y con un costo razonable para la medición del GEB en comparación con calorímetros convencionales es el dispositivo móvil Breezing®.

REFERENCIAS

1. D, L. (2010). Energy Balance and Body Weight. *En: Nelms M. Nutrition Therapy and Pathophysiology. USA: Cengage Learning.*
2. Frankenfield, D. (2006). Requerimientos Energéticos y Macro sustratos. *En M. Gottschlich, Ciencia y Práctica del Apoyo Nutricional: Programa de Estudio Basado en Casos Clínicos (págs. 50-62). México: Intersistemas.*
3. Torres, R. E., Miranda, R., & Castañón, J. (1995). Cálculo del requerimiento energético para pacientes graves en estado crítico por dos métodos utilizando el Índice de Masa Corporal (IMC). *VI Congreso Nacional de la Asociación de Alimentación Enteral y Endovenosa, 28-30.*
4. Torres, R., Castañón, J., & Miranda, R. (1996). Comparación del Gasto Energético obtenido por calorimetría indirecta y el índice de Masa Corporal. *VII Congreso Nacional de la Asociación de Alimentación Enteral y Endovenosa, 24-28.*
5. Herrera, C., & Cabrera, J. (2014). Validación del Método CNNCAD para la Predicción del Gasto Energético-Calórico por factor de Entrenamiento y Actividad Física. *PubliCe Lite, 1-11.*
6. Harris, J., & Benedict, F. (1919). A biometric study of basal metabolism in man. *Carnegie Institute of Washington.*
7. Mifflin, M., & cols, e. (1990). A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *Am J Clin Nutr, 46:875.*
8. FAO/WHO (1985). Energy and protein requirements. *World Health Organization.*
9. Manore M. & Thompson J. (2000). Sport Nutrition for Health and Performance. *Human Kinetics, IL.*
10. AND. (2012). Sports Nutrition Care Manual. *USA: Academy of Nutrition and Dietetics.*
11. Jackson, A., & Pollock, M. (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *Texas, USA: Br. J. Nutr.*
12. Estudio de validación de Breezing® (2014). Diponible en línea: <http://breezing.com/downloads/Breezing-Metabolism-Tracker-Validation-Study.pdf>
13. Esteves de Oliveira & cols. (2008). Gasto energético de adultos brasileños saludables: una comparación de métodos. *Nutr Hosp. 23:554-61.*
14. Angel LA, & Barrera Ma del P. (2007). Evaluación nutricional de adulto hospitalizado. *Bogotá. Celsus: 163-72.*
15. WHO (1998). Obesity: preventing and managing the global epidemic. *Geneva: World Health Organization.*
16. Levine JA. (2005). Measurement of energy expenditure. *Public Health Nutr; 8:1123-32.*
17. Henry CJK. (2005). Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations *Public Health Nutr. ; 8:1133-52.*
18. Aleman-Mateo H & Cols. (2006). Total energy expenditure, resting metabolic rate and physical activity level in free-living rural elderly men and women from Cuba, Chile and Mexico. *Eur J Clin Nutr; 60:1258-65.*
19. Mataix J, Martínez JA. (2006). Balance de energía corporal. *Barcelona.*
20. Mahan LK, Escott-Stump S. (2009). Dietoterapia de Krause. *Edit. Elsevier Masson. 12 a. ed. Barcelona: 22-37.*
21. Compher C, Frankenfield D, Keim N, Roth-Yousey L. (2006). Best Practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: a systematic review. *Am J Diet Assoc.; 106:881-903.*
22. Weijs PJM & Cols. (2008). Validation of predictive equations for resting energy expenditure in adult outpatients and inpatients. *Clin Nutr. 27:150-57.*
23. Harris JA, Benedict FG. (1919). A Biometric Study of the Basal Metabolism in Man. *Washington, DC: Carnegie Institution of Washington; 279.*
24. Melzer K & cols. (2007). Comparison of equations for estimating resting metabolic rate in healthy subjects over 70 years of age. *Clin Nutr. 26:498-505.*
25. Lorenzo DA & cols. (2001). Measured and predicted resting metabolic rate in Italian males and females, aged 18 ± 59 y. *European Journal of Clinical Nutrition.55: 208-214.*
26. Ferro-Luzzi A. (2005). The conceptual framework for estimating food energy Requirement *Public Health Nutrition. 8:940-52.*
27. FAO/WHO/UNU. (1985). Energy and protein requirements. *P. 220*
28. FAO/WHO/UNU. (2005). Human energy requirements. *P. 85*
29. Spears KE, Kim H, Behall KM, Conway JM. Hand-Held. (2009). indirect calorimeter offers advantages compared with prediction equations, in a group of overweight women, to determine resting energy expenditures and estimated total energy expenditures during research screening. *J am Diet Assoc; 109:836-45.*
30. Müller MJ & cols. (2004). World Health Organization equations have shortcomings for predicting resting energy expenditure in persons from a modern, affluent population: generation of a new reference standard from a retrospective analysis of a German database of resting energy expenditure. *Am J Clin Nutr.; 80:1379-90.*

31. Froehle AW. (2008). Climate Variables as Predictors of Basal Metabolic Rate: New Equations. *Am J of Human Biology*.20:510-29.
32. Vargas M & Cols. (2010). Gasto energético en reposo y composición corporal en adultos.
33. Fernández M. (2004). Análisis del gasto calórico en jugadores de futbol según la posición. *Inv. ed. No. 8*.
34. Stewart A, Marfell-Jones M, Olds T, de Ridder H. (2011). Protocolo Internacional para la valoración antropométrica. *Versión en español: Francisco Esparza-Ros*.
35. Oliver E. & cols, (1986). A reapraisal of caloric requirements in healthy women. *The American Journal of Clinical Nutrition*. No.4:1-19.
36. Mifflin & Cols. (1990). A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *Am J Clin Nutr* 46:875.
37. Espinosa Durán, J. J. (2012). Calorimetría indirecta versus Harris-Benedict para determinar gasto energético basal en pacientes ventilados (Doctoral dissertation, Universidad del Rosario).
38. Parra-Carriedo, A., Cherem-Cherem, L., Galindo-De Noriega, D., Díaz-Gutiérrez, M. C., Pérez-Lizaur, A. B., & Hernández-Guerrero, C. (2013). Comparación del gasto energético en reposo determinado mediante calorimetría indirecta estimado mediante fórmulas predictivas en mujeres con grados de obesidad I a III. *Nutrición Hospitalaria*, 28(2), 357-364.
39. Hasson R, Howe CH, Jones B, Freedson P. (2011). Accuracy of four resting metabolic rate prediction equations: Effects of sex, body mass index, age, and race/ethnicity. *J Sc Med Sport*: 14; 344-51.
40. Frankenfeld D, Roth-Yousey L, Compher C. (2005). Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: a systematic review. *J. Am Diet Assoc.*; 105(5):775-89.