



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE MEDICINA

Departamento de Pediatría, Inmunología, Obstetricia-Ginecología,
Nutrición-Bromatología, Psiquiatría e Historia de la Ciencia.

TESIS DOCTORAL:

**“Estudio del gasto energético en una población
adulta sana española: calorimetría indirecta *versus*
modelos predictivos.
Propuesta de una nueva ecuación de estimación”**

Presentada por Sandra de la Cruz Marcos para optar
al Grado de Doctora por la Universidad de
Valladolid

Dirigida por:

Dra. Beatriz de Mateo Silleras
Dra. M^a Paz Redondo del Río



Universidad de Valladolid

Doña Beatriz de Mateo Silleras, Doctora por la Universidad de Valladolid, Profesora Contratada Doctor del Área de Nutrición y Bromatología de la Universidad de Valladolid, y **Doña Paz Redondo del Río**, Doctora en Medicina y Cirugía, Profesora Contratada Doctor del Área de Nutrición y Bromatología de la Universidad de Valladolid,

CERTIFICAN QUE:

Doña Sandra de la Cruz Marcos ha realizado bajo nuestra dirección el trabajo de investigación de Tesis Doctoral titulado: “**Estudio del gasto energético en una población adulta sana española: calorimetría indirecta versus modelos predictivos. Propuesta de una nueva ecuación de estimación**” para optar al grado de Doctor.

El trabajo reúne, a nuestro juicio, las condiciones de rigor y originalidad metodológica necesarios para que pueda ser leído y defendido públicamente ante el Tribunal correspondiente.

Y, para que conste a los efectos oportunos, firmamos el presente certificado en Valladolid, a 5 de octubre de 2015.

Fdo.: Beatriz de Mateo Silleras

Fdo.: Paz Redondo del Río

*“Memoria selectiva para recordar lo bueno,
prudencia lógica para no arruinar el presente,
y optimismo desafiante para encarar el futuro.”*

(Isabel Allende)

A mis padres y a "mi" Rubén

AGRADECIMIENTOS

***“Al final todo sale bien, y si aún no ha salido bien,
es porque todavía no es el final...”***

Comienzo pidiendo disculpas, en vez de agradeciendo, y no porque no tenga nada que agradecer, sino porque no he sido capaz de encontrar al autor de esta frase; ruego me perdone por ni citarle. Sin embargo, quería abrir este epígrafe con ella porque, aunque puede parecer un poco “tonta”, para mí tiene mucho significado. Una y otra vez, ha sonado en mi cabeza cuando algo se torcía, y me ha ayudado a dar un paso atrás para coger de nuevo impulso y tratar de encontrar ese final en el que todo acaba bien... Cuatro años... más de 10 en total si contamos desde que supe que quería embarcarme en este viaje... masters, postgrados, estancia y sobre todo de TESIS... MUCHA TESIS...

Voy a comenzar por quienes, sin duda, más han sufrido, quienes siempre han estado a mi lado, apoyando cada loca idea que se me pasaba por la cabeza y que ya tenía organizada antes de siquiera planteármela en serio, levantándome cada vez que me he caído... No hay palabras para expresarlo: gracias a mis padres, verdaderos corredores de fondo y a quienes más admiro. Gracias.

A Rubén, por el día a día, por tus 10 años de santa paciencia, por estar siempre a mi lado, por sacarme una sonrisa hasta en los peores momentos... Gracias por ser mi tierra firme. Y por supuesto, a Danke, la última incorporación a nuestra familia, y quien más horas ha pasado pacientemente a mi lado mientras trabajaba en esta tesis. Gracias.

Gracias a mis directoras de Tesis, Paz y Beatriz. Trece años a vuestro lado, siempre aprendiendo y siempre luchando... Diplomatura, recetario, inspecciones de comedores, docencia, grado, masters, tesis... dos grandes personas que lo dan todo por unos alumnos y por una profesión. Paz, gracias por ese hombro que siempre está ahí, y Beatriz, ¡gracias por la energía! ¡Ese empujón que aparece cuando más se necesita! Gracias, gracias y gracias por todo lo vivido hasta hoy... y por lo que seguirá de ahora en adelante.

Gracias también al Prof. Miján, sin el que no hubiese sido posible mi estancia en Chile, y por supuesto al Prof. Galgani, por compartir conmigo su tiempo, sus conocimientos y experiencia, siempre con una palabra amable, una sonrisa... y ¡una eficiencia que asusta! Nadie me contesta tan rápido a un correo electrónico, sea la hora que sea... Muchas gracias y ¡espero esa visita camino de París!

Y como no, gracias a mis sufridoras “tesistas”, Alicia y Laura, por todos los momentos y por nuestros... ”mal de muchos... al final consuela.” Gracias equipo.

Mil gracias a mis “nutris”, que también habéis sufrido bien mi tesis... (Fernando, Gema, Laura, Natalia, “Patri” (nuestra adoptada) y Virginia... Rocío, también te incluyo), por ser como sois y compartir estos años conmigo... selección natural... ¡¡y lo que nos queda!! Gracias también a mis “Fresneros”, por aguantar, y porque a pesar de lo inmersa que estoy en mil cosas, cada vez que estamos juntos es como si no hubiese pasado el tiempo. ¡Gracias!

No quiero terminar sin recordar y agradecer a las 138 personas que se ofrecieron a participar en este estudio, y todas aquellas que me servisteis de gancho, poniendo carteles, convenciendo a gente... sin vosotros no hubiese sido posible. Gracias.

Y dado que no puedo seguir alargando estas líneas citando a todos y cada uno de los que habéis compartido, sufrido... y en momentos incluso ¡disfrutado! de este proyecto, por favor, sentiros incluidos en este agradecimiento. Muchos momentos, una verdadera montaña rusa, cambios... muchos cambios... (Siempre para mejor). No cambiaría ni un minuto, ni una vivencia, ni un mal rato, ¡mucho menos uno bueno! Porque al final soy la persona que soy por todo lo que he vivido y, en especial, por todos los que lo habéis compartido conmigo.

Gracias por ser, gracias por estar y ante todo gracias por formar parte de mí...

Sandra de la Cruz

INDICES

ÍNDICE DE CONTENIDOS

LISTADO DE ABREVIATURAS	21
1 SUMMARY / RESUMEN.....	23
1.1 Summary	25
1.2 Resumen	29
2 INTRODUCCIÓN	33
2.1 Metabolismo energético	36
2.1.1 El equilibrio energético	38
2.2 El gasto energético	39
2.2.1 Componentes del gasto energético	39
2.2.2 Determinantes del gasto energético	45
2.3 El GER como componente mayoritario del GET	46
2.3.1 Cambios en el GER a lo largo del ciclo vital.	52
2.4 Técnicas de valoración del GEB/GER.....	55
2.4.1 Calorimetría Indirecta.....	57
2.4.2 Modelos predictivos de estimación del GER	62
3 JUSTIFICACIÓN.....	67
4 OBJETIVOS.....	71
4.1. Objetivo General	73
4.2. Objetivos Específicos	73
5 MATERIAL Y MÉTODOS	75
5.1 Diseño del estudio	77
5.2 Cronograma.....	77
5.3 Muestra	78
5.3.1 Población de estudio	78
5.3.2 Selección de la muestra.....	78
5.3.3 Muestra	79
5.4 Materiales.....	79
5.5 Métodos	80

5.5.1	Protocolo del estudio (recogida de datos)	80
5.5.2	Historia clínica-anamnesis	81
5.5.3	Valoración antropométrica	81
5.5.4	Índices antropométricos derivados.....	83
5.5.5	Determinación de la Bioimpedancia	85
5.5.6	Estimación de la composición corporal.....	85
5.5.7	Determinación del GER	88
5.6	Análisis estadístico	91
6	RESULTADOS	93
6.1	Descripción de la muestra	95
6.1.1	Sujetos sanos (normopeso)	95
6.1.2	Sujetos con sobrepeso y obesidad	105
6.2	Descripción del GER.....	111
6.2.1	Descripción del GER por calorimetría indirecta.	111
6.2.2	Descripción del GER calculado mediante modelos predictivos.	118
6.3	Construcción de un nuevo modelo predictivo para la estimación del GER.	123
6.3.1	Desarrollo de la ecuación	123
6.3.2	Diagnóstico del modelo de regresión.....	125
6.3.3	Estudio del comportamiento de la ecuación en los diferentes grupos.....	127
7	DISCUSIÓN	129
7.1	Características de la muestra	131
7.2	Estudio calorimétrico y análisis del gasto registrado en la muestra.	135
7.3	Estudio de la concordancia entre calorimetría indirecta y modelos predictivos.	139
7.4	Propuesta de una nueva fórmula de estimación GER.....	142
8	CONCLUSIONS/CONCLUSIONES.....	145
8.1	Conclusions.....	147
8.2	Conclusiones.....	149
9	BIBLIOGRAFÍA	151
10	ANEXOS.....	171
	ANEXO I: Impreso de consentimiento informado de los sujetos.	173
	ANEXO II: Cuestionario de recogida de datos de los sujetos.	175
	ANEXO III: Valores descriptivos de la población.	180
	ANEXO IV: Estudio de selección de los modelos predictivos.	190
	ANEXO V: Premios y publicaciones.	197

ÍNDICE DE FIGURAS

INTRODUCCIÓN

<i>Figura 1:</i> Componentes del gasto energético.	40
<i>Figura 2:</i> Componentes tradicionales del gasto energético total.	41
<i>Figura 3:</i> Termogénesis postprandial.	43
<i>Figura 4:</i> Particiones de la variancia del GER.	47
<i>Figura 5:</i> Contribución de los diferentes órganos y tejidos a la masa corporal y al GER.	48

MATERIAL Y MÉTODOS

<i>Figura 6:</i> Cronograma de desarrollo del estudio.	77
---	----

RESULTADOS

<i>Figura 7:</i> Número de ingestas al día.	96
<i>Figura 8:</i> Ingestas realizadas al día por la muestra con normopeso.	96
<i>Figura 9:</i> Alimentos más frecuentes en los picoteos de la muestra con normopeso.	97
<i>Figura 10:</i> Consumo de cigarrillos al día de la muestra con normopeso.	97
<i>Figura 11:</i> Frecuencia de consumo de alcohol de la muestra con normopeso.	97
<i>Figura 12:</i> Nivel de actividad según el factor de actividad global de la OMS de la muestra con normopeso.	98
<i>Figura 13:</i> Nivel de actividad según el factor de actividad global de la OMS en función del sexo de la muestra con normopeso.	98
<i>Figura 14:</i> Catalogación del porcentaje de masa grasa por bioimpedancia de la muestra con normopeso respecto a la población de referencia.	101
<i>Figura 15:</i> Número de ingestas para la muestra de sujetos con $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$	106
<i>Figura 16:</i> Tipo de ingestas para la muestra de sujetos con $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$	106
<i>Figura 17:</i> Alimentos más frecuentes en los picoteos en la muestra con $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$	107
<i>Figura 18:</i> Hábito tabáquico entre los sujetos con $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$	107

<i>Figura 19:</i> Consumo de alcohol de la muestra con IMC ≥ 25 kg/m ²	108
<i>Figura 20:</i> Nivel de actividad (FA global de la OMS) de los sujetos con IMC ≥ 25 kg/m ²	108
<i>Figura 21:</i> Nivel de actividad (FA global de la OMS) en función del sexo de los sujetos con IMC ≥ 25 kg/m ²	108
<i>Figura 22:</i> Representación de la variación del GER (%) en función de las diferencias del RQ	112
<i>Figura 23:</i> Tendencia de la variación porcentual en el valor del consumo de oxígeno del calorímetro en función del consumo de oxígeno	114
<i>Figura 24:</i> GER determinado por calorimetría indirecta de los sujetos con normopeso.	115
<i>Figura 25:</i> GER determinado por calorimetría indirecta de los sujetos con normopeso por sexo	115
<i>Figura 26:</i> GER por calorimetría indirecta de los diferentes grupos de edad de sujetos con normopeso	116
<i>Figura 27:</i> GER determinado por calorimetría indirecta de los sujetos con IMC ≥ 25 kg/m ²	117
<i>Figura 28:</i> GER determinado por calorimetría indirecta de los sujetos con IMC ≥ 25 kg/m ² en función del sexo.	117
<i>Figura 29:</i> Análisis de Bland-Altman para la fórmula de De Lorenzo y la de Harris-Benedict	120
<i>Figura 30:</i> Análisis de Bland-Altman para las fórmulas de Korth y Schofield.	122
<i>Figura 31:</i> Prueba de normalidad de los residuos tipificados	126
<i>Figura 32:</i> Distribución de los residuales y de la variable Sexo.	126
<i>Figura 33:</i> Distribución de las variables Peso y Edad.	127
<i>Figura 34:</i> Gráficos de Bland-Altman para la ecuación propuesta en los sujetos con IMC > 25 kg/m ² y en la muestra total.	127

ÍNDICE DE TABLAS

MATERIAL Y METODOS

<i>Tabla 1:</i> Valoración del estado nutricional en función del porcentaje de peso habitual.....	84
<i>Tabla 2:</i> Catalogación nutricional internacional para adultos en base al IMC.....	84
<i>Tabla 3:</i> Estándares de referencia de la MG (kg) para la población caucásica adulta sana.	87
<i>Tabla 4:</i> Estándares de referencia de la MG (%) para la población caucásica adulta sana. .	87
<i>Tabla 5:</i> Estándares de referencia de la MLG (kg) para la población caucásica adulta sana.	88
<i>Tabla 6:</i> Criterios de selección de las fórmulas predictivas para la estimación del GER.....	90

RESULTADOS

<i>Tabla 7:</i> Características de la muestra con normopeso.....	95
<i>Tabla 8:</i> Parámetros antropométricos e índices derivados de los sujetos con normopeso. ..	99
<i>Tabla 9:</i> Estimación de la composición corporal de la muestra con normopeso.	100
<i>Tabla 10:</i> Descripción de la composición corporal de la muestra con normopeso en función de la edad y el sexo.	103
<i>Tabla 11:</i> Catalogación de la composición corporal de la muestra con normopeso respecto a las tablas de referencia de Kyle	104
<i>Tabla 12:</i> Antecedentes de la muestra con $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$	105
<i>Tabla 13:</i> Parámetros antropométricos e índices derivados de los sujetos con $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$	109
<i>Tabla 14:</i> Estimación de la composición corporal de los sujetos con $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$	110
<i>Tabla 15:</i> Variación del GER en función de las variaciones porcentuales de la lectura del VO_2	111
<i>Tabla 16:</i> Variación del GER en función de los posibles cambios en el RQ dentro del rango fisiológico.....	113

<i>Tabla 17:</i> Variación del GER en función de la variación en la estimación del VO ₂ y del RQ.	114
<i>Tabla 18:</i> GER determinado por CI en los sujetos con normopeso en función de la edad..	116
<i>Tabla 19:</i> Selección de fórmulas predictivas del GER ajustadas por peso y/o talla.	118
<i>Tabla 20:</i> Selección de fórmulas predictivas del GER ajustadas por MLG.....	119
<i>Tabla 21:</i> Características de las fórmulas predictivas del GER seleccionadas.	121
<i>Tabla 22:</i> Descripción del GER en los sujetos con normopeso.	122
<i>Tabla 23:</i> Descripción del GER en los sujetos con IMC≥25 kg/m ²	123
<i>Tabla 24:</i> Resumen del análisis de regresión lineal múltiple para la selección del mejor modelo predictivo a partir de todas las posibles ecuaciones para la muestra con normopeso.	124
<i>Tabla 25:</i> Análisis de regresión de la fórmula desarrollada.	124
<i>Tabla 26:</i> Comportamiento de la ecuación en las diferentes muestras del estudio.	128

LISTADO DE ABREVIATURAS

- %PH: Porcentaje de peso habitual.
- 95% IC: Intervalo de confianza del 95%.
- AF: Actividad física.
- ANOVA: Análisis de la varianza.
- ATP: Adenosintrifosfato.
- CD: Calorimetría directa.
- CCI: Coeficiente de Correlación Intraclase.
- CI: Calorimetría indirecta.
- CIC: Calorimetría indirecta circulatoria.
- CRi: Razón de covariancia.
- CV: Coeficiente de variación.
- DC: Densidad corporal.
- DM: Diabetes Mellitus.
- IMC: Índice de Masa Corporal.
- FA: Factor de actividad.
- FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Fox: Oxidación de lípidos
- GEB: Gasto energético basal.
- GER: Gasto energético en reposo.
- GET: Gasto energético total.
- Gox: Oxidación de hidratos de carbono.
- HMRO: Órganos de alta tasa metabólica.
- ICC: Índice cintura/cadera.
- IOM: Institute of Medicine.
- Kcal/d: kilocalorías por día.
- METs: Equivalentes metabólicos.
- MG: Masa grasa.
- MLG: Masa libre de grasa.
- OMS: Organización Mundial de la Salud.
- Pox: Oxidación de proteína.
- RAE: Real Academia Española de la Lengua.
- RQ: Cociente respiratorio no proteico.
- SD: Desviación estándar.
- SEE: Error estándar.
- TID: Termogénesis inducida por la dieta.
- uN₂: nitrógeno urinario.
- VCO₂: Volumen de CO₂ producido.
- VO₂: Volumen de O₂ consumido.
- VO₂max: volumen máximo de oxígeno

1 SUMMARY / RESUMEN

1.1 Summary

Introduction: The human body is a thermodynamic system which needs energy in order to maintain its functions and regular physical activity. The stability of body weight and body's energy reserves depends on adjusting energy intake (food intake) and energy expenditure (vital functions, physical activity, etc.). Maintaining the energy balance is the main objective of current health policies in Western countries.

Total energy expenditure (TEE) is one of the "arms" of the energy balance. TEE in the adult population is comprised of three major components that include the basal energy expenditure (which is the major component), thermogenesis and physical activity. An appropriate basal energy expenditure determination is essential to an adequate TEE estimation. However, the use of the reference techniques is not easy in clinical practice. Therefore, clinicians usually use predictive equations for estimating the basal energy expenditure, which are quick, cheap and simple methods. Nevertheless, their reliability depends on the right choice of the formula to be applied in each population.

Objectives: The aims of this study were to analyze the agreement between the resting energy expenditure (REE) obtained by indirect calorimetry (IC) and that obtained from prediction equations in a sample of healthy adults; to develop a new predictive equation for estimating resting energy expenditure (REE) for healthy populations, and to study the accuracy of the new predictive equation in overweight subjects.

Materials y Methods: A descriptive cross-sectional study was conducted in 95 healthy, normal-weight adults aged 19 to 65 years. A total of 39 overweight subjects (76.9% overweight and 23.1% obese) were also recruited. Clinical and nutritional histories were registered by an interviewer, and the REE was determined by using a mask indirect calorimeter (Fitmate, COSMED, Rome, Italy) following the manufacturer's indications. Body composition was analyzed with an impedance analyzer (BIA Akern-101, Florence, Italy) according with the Lukaski's protocol.

Existing biomedical literature was reviewed for selecting predictive equations. A total of 40 formulas which were developed in healthy adults, composed by weight, height, age, sex and/or body composition (FFM and FM) and whose validation criteria was the IC, were evaluated.

Finally, the equations were selected if they met the following criteria: (i) reference population similar to that of the present study (age, sex, race and BMI); (ii) an intraclass correlation coefficient (ICC) ≥ 0.7 (according to the Fleiss' criteria); and (iii) no linear trend in the Bland-Altman model.

The new equation was obtained by multiple lineal regression by using the analytical criteria of the Cp of Mallows and the adjusted R^2 . Variables included were those that showed a greater association with the REE according to the literature review: Sex, age, weight, height and body composition (fat and fat-free mass, in kilograms and as a percentage).

The variables were described as mean (standard deviation) or median (5th-95th percentiles), depending on the normal distribution (Kolmogorov-Smirnov). Both the correlation between IC and predictive models such as the accuracy of the new equation in the overweight group were evaluated by the ICC and Bland-Altman method. The Student t or Mann-Whitney tests were used to analyze the differences of the variables by gender. Statistical significance was achieved at $p < 0.05$. The statistical analysis was performed with the software SPSS 18.0.

Results: The average age in normal-weight group (47.4% male) was 42 years (range 23-63 years), and in overweight or obese individuals (56.4% men), 45.2 years (range: 23 to 65). Men showed significantly higher values for weight, height and fat-free mass (FFM), and lower fat-mass (FM) than women. BMI was also statistically higher in men, although there was no clinical relevance. Mean REE determined by IC in normal-weight subjects was 1589.1 kcal/d (312.0). Statistically significant differences between men and women in REE [1822.3 kcal/d (224.3) and 1379.3 kcal/d (216.1), respectively] were found. The average REE in the overweight group was 1750.6 kcal/d (390.7) and there were also statistically significant differences by gender [1958.3 kcal/d (324.3) males and 1481.8 kcal/d (297.2) women].

Among the predictive equations which included weight and height as independent variables, De-Lorenzo, Harris-Benedict, Schofield, and the Korth equations showed the greatest level of agreement with respect to IC. None of the equations containing body composition variables satisfied the established criteria. The best results were obtained with the Korth equation: the mean REE difference was 21.1 (178.7) kcal/day, the slope of the regression line was 0.12 (0.06) (not statistical significance), and its intersection with the vertical axis was -169.3 (103.3); ICC was 0.90 (95% CI: 0.84 to 0.93). Although the scatter of points showed a trend for the Harris-Benedict equation in the Bland-Altman plot, the ICC values showed a good agreement with the indirect calorimetry [ICC (95% CI) 0.80 (0.54-0.90)].

The model obtained using multiple linear regression included the variables: sex, weight and age, with a Mallows Cp of 2.27 and an adjusted R^2 of 0.680. The selected equation was: $[y = 1376.4 - 308 \text{ Sex (M=0; W=1)} + 11.1 \text{ Weigh (kg)} - 8 \text{ Age (years)}]$. The model satisfied the criteria of normality of the residuals, as well as the linearity and homogeneity of variances, and no subject was found influentially away. No collinearity among the variables of the model was observed.

Finally, the average REE estimated by the new formula in the overweight group was 1750.6 kcal/d (390.7) and the ICC was 0,880 (95% CI: 0,772 – 0,937).

Conclusions: The theoretical study about the variability of the Fitmate COSMED showed that this calorimeter could be used for determining REE in healthy adults. Given the large variations that can occur in the estimation of the REE with predictive models, it is considered that the equation Korth may be a suitable method for estimating REE in healthy adult subjects of Caucasian ethnicity, although the formulas of Schofield and Harris-Benedict (widely used), and that of De-Lorenzo also showed an acceptable accuracy. There was evidenced that the predictive models which included variables such as sex, age, weight and/or height are better at predicting REE in the healthy Spanish population evaluated than those which include body composition variables. A new equation, which includes sex, age and weight, is proposed for estimating REE in Spanish healthy population: $\text{REE (kcal/d)} = 1376,4 - 308 \text{ Sex (M=0; W=1)} + 11,1 \text{ Weight (kg)} - 8 \text{ Age (years)}$; (R^2 : 0,68; EE: 175,95). The equation proposed showed an acceptable accuracy in overweight subjects.

1.2 Resumen

Introducción. El organismo humano es un sistema termodinámico que necesita energía para mantener sus funciones y la actividad física habitual. Del equilibrio entre la energía ingerida (alimentación) y la gastada (mantenimiento de la vida, actividad...) depende la estabilidad de las reservas corporales y, en consecuencia, el mantenimiento del peso. Conseguir el equilibrio energético es el principal objetivo de las actuales políticas de salud para la población de los países occidentales.

Uno de los “brazos” de la balanza energética es el gasto energético total (GET), constituido en adultos por el gasto energético basal (que es el componente mayoritario), la termogénesis y la actividad física. Una correcta determinación del gasto energético basal es fundamental para una adecuada estimación del GET. Sin embargo, las técnicas de referencia empleadas en su valoración no resultan viables en la práctica clínica diaria. Por esta razón suelen aplicarse modelos predictivos, que son métodos rápidos, baratos y sencillos, aunque su fiabilidad depende fundamentalmente de la adecuada elección de la fórmula a aplicar en la población de estudio.

Objetivos. Evaluar el grado de concordancia entre el valor del gasto energético en reposo estimado por calorimetría indirecta con el predicho por los modelos teóricos más utilizados en la práctica clínica en un grupo de adultos sanos. También se planteó desarrollar un modelo teórico de predicción del gasto energético en población adulta sana, y estudiar su comportamiento en una muestra de sujetos con $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$.

Materiales y Métodos. Se realizó un estudio descriptivo transversal en el que participaron 95 sujetos voluntarios sanos de entre 19 y 65 años con normopeso según los criterios de la OMS. También se reclutaron 39 sujetos con sobrepeso (76,9%) y obesidad (23,1%). Se recogió la historia clínico-nutricional de los sujetos mediante entrevista personal y se determinó el gasto energético en reposo mediante calorimetría indirecta, con un calorímetro de mascarilla (Fitmate COSMED, Roma, Italia), siguiendo el protocolo del fabricante. Se realizó un estudio de la composición corporal con un analizador de impedancia monofrecuencia (AKERN BIA-101, Florencia, Italia), según el protocolo de Lukaski.

Para la selección de los modelos predictivos del GER se revisó la literatura biomédica. Del total de fórmulas localizadas se evaluaron 40 desarrolladas para población adulta sana que contenían como variables independientes el peso, la talla, la edad, el sexo y/o la composición corporal (MLG y MG), y cuyo criterio de validación fuera la calorimetría indirecta. Finalmente, se seleccionaron las fórmulas que cumplieron los tres criterios siguientes: (i) que la población en la que se hubiera desarrollado la ecuación fuera similar a la del presente estudio (edad, sexo, raza e IMC); (ii) que se obtuviera un coeficiente de correlación intraclase (CCI) $\geq 0,7$ (atendiendo a los criterios de Fleiss); y (iii) que no se observara ninguna tendencia lineal de la nube de puntos en el modelo de Bland-Altman.

Se utilizó la regresión lineal múltiple para la obtención del nuevo modelo predictivo, empleando como criterios analíticos la C_p de Mallows y el R^2 ajustado. Se incluyeron las variables que tras la revisión bibliográfica evidenciaron una mayor influencia en el GER: sexo, edad, peso, talla y composición corporal (MLG y MG, tanto en kilogramos como en porcentaje).

Las variables se describieron como media (desviación standard) o mediana (percentil 5-percentil 95), en función de la normalidad de su distribución (Kolmogorov-Smirnov). Tanto la concordancia entre la calorimetría indirecta y los modelos predictivos como el comportamiento de la nueva ecuación en el grupo con $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$, se evaluó mediante el CCI y el método de Bland-Altman. Se emplearon los tests t de Student o U de Mann-Whitney para analizar las diferencias de las variables analizadas en función del sexo. La significación estadística se alcanzó con $p < 0,05$. Para el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS vs18.0.

Resultados. La edad media de los sujetos con normopeso (47.4% varones) fue de 42 años (rango: 23 a 63 años), y de los individuos con sobrepeso u obesidad (56.4% varones), de 45,2 años (rango: 23 a 65 años). Los varones presentaron significativamente mayores valores de peso, talla y MLG, y menores valores de MG que las mujeres. El IMC también fue estadísticamente superior en los varones, aunque sin ninguna relevancia clínica. El GER medio estimado por CI de los sujetos con normopeso fue de 1589,1 kcal/d (312,0). Se observaron diferencias estadísticamente significativas en el gasto de varones y mujeres [1822,3 kcal/d (224,3) y 1379,3 kcal/d (216,1), respectivamente]. En el caso de la muestra con sobrepeso u obesidad el GER fue de 1750,6 kcal/d (390,7) y también se encontraron

diferencias estadísticamente significativas en función del sexo [1958,3 kcal/d (324,3) los varones y 1481,8 kcal/d (297,2) las mujeres].

Los modelos predictivos que mejor se comportaron en la muestra estudiada fueron, entre los que contenían como variables independientes el peso y la talla, los de De Lorenzo, Harris-Benedict, Korth y Schofield. Ninguna de las ecuaciones que contenía variables de composición corporal cumplió los criterios establecidos. La ecuación con la que se obtuvieron mejores resultados, respecto a los valores de la calorimetría indirecta, fue la de Korth: diferencia media en el GER de 21,1 (178,7) kcal/día, pendiente de la recta de regresión de 0,12 (0,06) no significativa, y punto de intersección con el eje de ordenadas de -169,3 (103,3); el coeficiente de correlación intraclase fue de 0,90 (IC 95%: 0,84–0,93). Aunque la fórmula de Harris-Benedict presentó cierta tendencia en el análisis de Bland-Altman, los valores del CCI reflejaron una buena concordancia con la calorimetría indirecta [CCI (IC 95%) de 0,80 (0,54-0,90)].

El modelo obtenido mediante regresión lineal múltiple incluyó las variables: sexo, peso y edad, con una Cp de Mallow de 2,27 y un R^2 ajustado de 0,680. La ecuación seleccionada fue: $[y = 1376,4 - 308 S + 11,1 P - 8 E \quad (R^2: 0,68; p < 0,001)]$, dónde: S: sexo (0 = varones y 1 = mujeres); P: peso (kg) y E: edad (años). El modelo cumplió el criterio de normalidad de los residuales, no se observó ninguna vulneración de la linealidad ni de la homogeneidad de variancias ni se encontró ningún sujeto alejado influyente. Además no se observó colinealidad entre las variables del modelo.

Finalmente, al aplicar el modelo seleccionado en la muestra de sujetos con $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$, el GER medio estimado fue de 1750,6 kcal/d (390,7), con un CCI de 0,880 (IC del 95%: 0,772 – 0,937).

Conclusiones. El estudio teórico de la variabilidad del calorímetro portable Fitmate COSMED indicó que puede utilizarse de forma fiable en la determinación del gasto energético en reposo en adultos sanos. Dadas las grandes variaciones que se pueden producir en la estimación del gasto energético en reposo en función del modelo predictivo, se considera que la ecuación de Korth puede ser un método adecuado para la estimación del GER en sujetos adultos sanos de etnia caucásica, aunque las fórmulas de Schofield y Harris-Benedict, ampliamente utilizadas, y la de De-Lorenzo, también presentaron un comportamiento aceptable. Además se evidencia que los modelos de estimación del GER que incluyen variables como el sexo, la edad, el peso y/o la talla se comportan mejor en la

predicción del GER en la población sana española evaluada que las que contienen variables de composición corporal. Se presenta un nuevo modelo de estimación del GER para población sana española fácilmente aplicable en la práctica diaria, que incluye las variables sexo, edad y peso: $GER \text{ (kcal/d)} = 1376,4 - 308 \text{ Sexo (V=0; M=1)} + 11,1 \text{ Peso (kg)} - 8 \text{ Edad (años)}$ (R^2 : 0,68; EE: 175,95). La ecuación propuesta presenta un comportamiento adecuado en sujetos con $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$.

2 INTRODUCCIÓN

2. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia la especie humana ha sufrido numerosas épocas de hambrunas a las que ha tenido que adaptarse mediante la puesta en marcha de mecanismos homeostáticos que le permitiesen obtener energía a partir de sus propias reservas. La homeostasis se define como el “conjunto de fenómenos de autorregulación que conducen al mantenimiento de la constancia en la composición y propiedades del medio interno de un organismo” (RAE) y es fundamental para la supervivencia de las especies, en especial en épocas de escasez.

En el siglo XIX, con la Revolución Industrial, se produjeron importantísimos avances en los sistemas de producción y distribución de alimentos que facilitaron, por primera vez en la Historia, la disponibilidad de alimentos en cualquier momento y lugar. Paralelamente tuvo lugar una serie de cambios en los estilos de vida derivados de la mejora de las condiciones ambientales e higiénico-sanitarias, del desarrollo de los transportes y de la generalización del confort.

La consecuencia del avance del progreso ha sido, de manera especialmente evidente desde finales del pasado siglo XX, la instauración de un estilo de vida caracterizado por la disponibilidad y abundancia de alimentos, la disminución de la actividad física y la generalización del ocio sedentario, lo que constituye un ambiente obesogénico. Este hecho, ya descrito por autores como Swinburn⁽¹⁾ o Ravussin⁽²⁾, junto con la falta de una adaptación genética que permitiese al ser humano generar mecanismos de regulación energética (“teoría del gen ahorrador”)⁽³⁾, ha favorecido el desarrollo de las patologías crónicas no transmisibles, tan prevalentes en la actualidad en los países desarrollados.

En respuesta a esta situación, la investigación en Nutrición, al igual que en el resto de Ciencias Biosanitarias, pasó de estar centrada inicialmente en el estudio de las enfermedades carenciales (malnutrición energético-proteica y déficits específicos de macro y micronutrientes), a tener como objetivo prioritario el análisis de estas enfermedades propias de la abundancia.

En la actualidad, estas patologías, en gran medida de base nutricional, entre las que destacan los problemas cardiovasculares, la diabetes (DM), el cáncer, la osteoporosis y, en la última década, la obesidad y las comorbilidades asociadas (hiperglucemia, dislipemias, aterosclerosis, hipertensión arterial o hiperuricemia, entre otras), suponen un importante problema de salud pública. Entre todas estas enfermedades la obesidad es la que mayor

atención está despertando en el momento actual, dada su elevada prevalencia⁽⁴⁾ y relación con muchas otras enfermedades, por lo que ha sido considerada como la pandemia del siglo XXI. Recientes estudios⁽⁵⁾ han estimado un incremento medio del índice de masa corporal (IMC) de 0,4 kg/m² por década desde 1980. En nuestro país los datos publicados en 2013 en la Encuesta Nacional de Salud⁽⁶⁾ reflejaron que el 53,68% de la población española mayor de 18 años, y el 27,82% de los niños entre 2 y 17 años presentaban sobrepeso u obesidad.

La obesidad es una enfermedad crónica resultado de un desequilibrio energético y definida por un exceso de grasa corporal. Los modelos de obesidad desarrollados en animales se caracterizan por signos de hiperfagia, alteraciones de la actividad nerviosa simpática y bajas tasas metabólicas y de oxidación de grasas. Estudios realizados en humanos reflejan factores metabólicos similares en sujetos susceptibles a la ganancia de peso⁽⁷⁾. Así, atendiendo al conocimiento actual, la base etiopatogénica de la obesidad tiene un espectro multifactorial, siendo la interacción entre factores genéticos y ambientales la causa fundamental de la aparición y mantenimiento del problema^(1, 2, 8). Galgani y Ravussin⁽⁷⁾ en 2010 investigaron este modelo en los indios Pima de Arizona, y observaron que, en este grupo, la obesidad estaba determinada en un 37% por los genes (hiperfagia y baja actividad), un 31% por el ambiente (ingesta excesiva), un 10% por una baja actividad física espontánea, un 12% por una baja tasa metabólica, entre el 3 y el 5% por una baja actividad del sistema nervioso simpático y en un 5% por un alto cociente respiratorio no proteico (RQ).

Los avances científicos, hoy por hoy, no permiten modificar los factores genéticos de la obesidad, pero sí es posible controlar los factores ambientales. Entre éstos destacan dos puntos clave: la alimentación y el sedentarismo⁽⁴⁾.

2.1 Metabolismo energético

La energía es la capacidad para realizar un trabajo. El ser humano requiere de un aporte continuo de energía para el funcionamiento del corazón o del sistema nervioso, para realizar el trabajo muscular o desarrollar una actividad física, para los procesos biosintéticos relacionados con el crecimiento, reproducción, reparación de tejidos y para mantener la temperatura corporal. La vida, por tanto, se basa en la transformación de energía química en otras formas de energía útiles. Todas estas reacciones bioquímicas y procesos físico-químicos que se producen en un organismo, y mediante los cuales se produce energía y se

consumen otros elementos, son lo que denominamos *metabolismo energético*. El metabolismo se rige por la primera ley de la termodinámica, según la cual “*la energía total de un sistema ni se crea ni se destruye, sino que se transforma*” y comprende dos tipos de reacciones: anabólicas y catabólicas, según requieran o produzcan energía, respectivamente. La unidad internacional de energía es el Julio, pero es más habitual utilizar la kilocaloría (kcal). Una kcal se define como la cantidad de calor necesario para elevar la temperatura de un kilogramo de agua en 1°C, y equivale a 4,184 kilojulios (kJ).

La principal forma de obtención de energía para el ser humano es la vía aeróbica, caracterizada por consumir oxígeno y producir dióxido de carbono (Nutriente + O₂ → CO₂ + H₂O + Energía). De esta manera, la energía es suministrada al organismo por medio de los alimentos que se ingieren y se obtiene mediante la oxidación (combustión) de sus nutrientes constituyentes. En este proceso la mayoría de la energía liberada es emitida en forma de calor, mientras que una pequeña parte es recogida en enlaces químicos durante la formación de adenosintrifosfato (ATP). El ATP es la “*moneda universal de energía*” y el combustible base de las células. Además, aunque el metabolismo energético es fundamentalmente aeróbico, en algunos órganos, como el músculo, se puede obtener una pequeña proporción de energía por vía anaeróbica. Por lo tanto, si mediante la utilización de los nutrientes presentes en los alimentos proveemos a nuestro organismo de energía, el perfil nutricional de la dieta puede determinar la ruta metabólica predominante en nuestro organismo.

Asumiendo que todo el oxígeno que inspiramos se destina a la producción de energía, y que todo el CO₂ producido procede de la generación de energía, el cociente respiratorio (RQ) es el índice que relaciona el volumen de CO₂ producido y el volumen de O₂ consumido (VCO₂/VO₂) por un organismo. El RQ refleja, por tanto, la utilización energética de los diferentes sustratos. El rango fisiológico del RQ se encuentra entre 0,67 y 1,2⁽⁹⁾. Tras el ayuno nocturno valores cercanos al 0,7 reflejan una mayor tendencia a la oxidación grasa, mientras que valores cercanos a 1,0 indican una mayor tendencia a la oxidación de hidratos de carbono^(10, 11). Este índice, aparte de verse influido por la composición de la dieta, también está determinado por factores como el balance energético reciente, el sexo y la herencia genética⁽⁷⁾.

La energía aportada por un determinado alimento se mide a partir del calor desprendido durante su combustión. Sin embargo, no toda la energía de un alimento está disponible para su utilización, ya que, aunque la oxidación de hidratos de carbono y grasas en el organismo es prácticamente completa, en el caso de las proteínas no es así. Esta combustión incompleta se debe a que las proteínas producen urea y amoniaco como productos finales

de su metabolismo, y, por tanto, la producción de energía *in vivo* es menor que la observada *in vitro*. Además, se debe tener en cuenta la pérdida energética que se produce durante los procesos de digestión y absorción de los alimentos⁽¹²⁾.

A nivel práctico el valor energético de un determinado nutriente se estima a partir de los factores desarrollados por Atwater en 1903, que, aunque han sido debatidos en varias ocasiones desde entonces, son ampliamente aceptados⁽¹³⁻¹⁵⁾. En base a éstos, la oxidación de 1 g de grasa genera 9 kcal, mientras que 1 g de hidratos de carbono o de proteínas aporta 4 kcal. Los estudios del grupo de Atwater también contemplan el poder calorífico del etanol, ya que, aunque no se considere un nutriente, es una importante fuente de energía, generándose 7 kcal por cada gramo de etanol consumido.

2.1.1 El equilibrio energético

El *balance energético* es la diferencia entre el ingreso de energía que se produce con la ingesta de alimentos y el gasto energético derivado de las funciones del organismo⁽¹⁶⁾. Tras la ingesta de alimentos la energía derivada de la oxidación de los nutrientes se utiliza para cubrir las necesidades energéticas del sujeto, y el exceso se acumula como energía, fundamentalmente en forma de grasa. Los lípidos son el nutriente que más kcal por gramo aporta, ocupando menor volumen, ya que, a diferencia del glucógeno, no requiere moléculas de agua para almacenarse. De esta manera la capacidad de almacenaje de energía en forma de grasa es prácticamente ilimitada.

Este proceso es el principal determinante del peso corporal, de modo que, si un sujeto ingiere mayores cantidades de alimento de las que es capaz de “gastar” —es decir, tiene un balance energético positivo—, cabe esperar que aumente su peso, al aumentar su reservorio; mientras que si la dieta del sujeto es deficitaria con respecto al gasto —balance negativo—, va a experimentar una pérdida de masa corporal al tener que movilizar las reservas energéticas para el mantenimiento de las funciones vitales⁽¹⁷⁾. El equilibrio entre la energía ingerida con los alimentos y el gasto energético diario se alcanza a través de diferentes mecanismos homeostáticos que regulan el apetito y el gasto energético, evitando grandes fluctuaciones en el peso y la adiposidad corporal a lo largo del tiempo^(18, 19). El sistema nervioso es el principal encargado de la regulación del balance energético y, por tanto, del peso corporal, mediante tres mecanismos: el sistema nervioso central controla el apetito, la saciedad y la actividad física voluntaria; el sistema nervioso autónomo regula el

gasto energético y otros aspectos del metabolismo; y el sistema neuroendocrino regula la secreción de hormonal⁽²⁰⁾.

Sin embargo, en los seres vivos este sistema es mucho más complejo, puesto que se ha observado que, además del equilibrio neto entre la energía ingerida y la gastada, el sustrato energético predominante determina, en parte, el aprovechamiento de la misma. Estudios realizados en ratas⁽²¹⁾ documentaron mayor ganancia de tejido adiposo en ratas alimentadas con dietas isocalóricas ricas en grasas que en ratas control alimentadas con dietas isocalóricas balanceadas.

Considerando lo anteriormente expuesto, la base de cualquier tratamiento nutricional para alcanzar el equilibrio energético y, por tanto, mantener un peso saludable, es el cálculo del gasto energético real, por lo que una correcta estimación del mismo es fundamental⁽²²⁾.

2.2 El gasto energético

El gasto energético total (GET), o las necesidades energéticas diarias, es la cantidad de energía que requiere un sujeto, durante 24 horas, para mantener una masa corporal y un peso adecuado constante en el tiempo. Los requerimientos de energía son individuales y dependientes de numerosas variables, como la edad, el sexo, la composición corporal, el estado nutricional, la etnia o la actividad física⁽²³⁾.

2.2.1 Componentes del gasto energético

En 1950 la FAO realizó los primeros estudios de estimación de los requerimientos energéticos⁽²⁴⁾. Desde entonces los expertos han diseñado diferentes modelos de estimación del gasto.

En la actualidad son muchas y variadas las técnicas utilizadas para el cálculo del GET, cada una con sus ventajas y limitaciones. En este sentido, uno de los modelos más completos que describen la utilización energética es el desarrollado por Tseng⁽²⁵⁾ en 2010 (Figura 1). En este trabajo se observó que una pequeña parte de la energía ingerida a través de los nutrientes se pierde por orina y heces; otra parte se utiliza para necesidades fisiológicas, tales como el crecimiento, el embarazo o la lactancia; otra parte variable se utiliza para la

realización de actividad física; y la mayor parte de la energía se utiliza en procesos metabólicos o se pierde mediante la producción de calor.

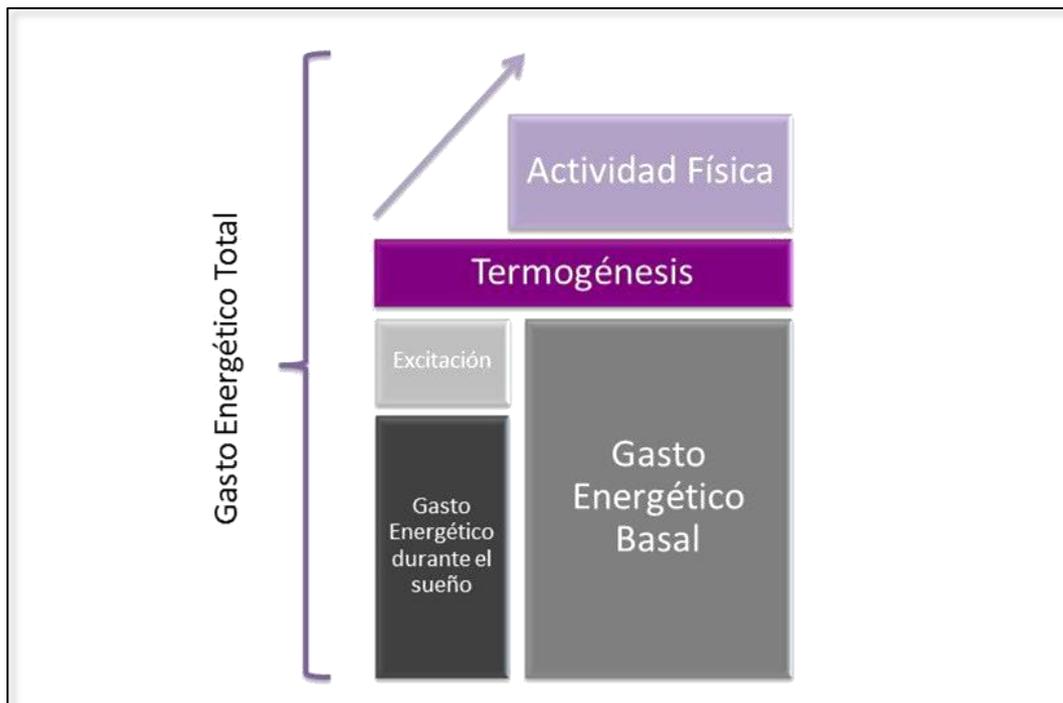
	Categoría	Ubicación	Comentarios
Consumo total de energía	Gasto energético basal	Todos los órganos	Energía utilizada para las funciones básicas de las células y órganos.
	Efecto termogénico de los alimentos	Estómago, Intestino, Hígado, Grasa blanca	Calor generado durante la digestión, absorción, procesado y almacenaje de energía.
	Efecto termogénico del ejercicio	Músculo esquelético	Calor generado en el músculo en movimiento.
	Termogénesis inducida por temblores debidos al frío	Músculo esquelético	Calor generado por el temblor inducido por el frío para el mantenimiento de la temperatura corporal.
	Termogénesis inducida por el frío sin temblor	Grasa parda, Músculo esquelético?	Calor generado para adaptarse al frío.
	Termogénesis inducida por la dieta	Grasa parda	Calor generado para disipar el exceso de energía procedente de los alimentos.
	Actividad física		
	Crecimiento		
	Reproducción		
	Orina/heces		

Energía utilizada (abarca Gasto energético basal, Efecto termogénico de los alimentos, Efecto termogénico del ejercicio, Termogénesis inducida por temblores debidos al frío, Termogénesis inducida por el frío sin temblor, Termogénesis inducida por la dieta, Actividad física, Crecimiento, Reproducción, Orina/heces)
 Energía total perdida (Calor) (abarca Efecto termogénico de los alimentos, Efecto termogénico del ejercicio, Termogénesis inducida por temblores debidos al frío, Termogénesis inducida por el frío sin temblor, Termogénesis inducida por la dieta)
 Termogénesis adaptativa (abarca Termogénesis inducida por el frío sin temblor, Termogénesis inducida por la dieta)

Adaptada de Tseng (2010)⁽²⁵⁾.

Figura 1: Componentes del gasto energético.

Dada su complejidad, a nivel práctico se sigue utilizando el modelo desarrollado en 1985 por Ferro-Luzzi⁽²⁶⁾. Según éste, en la estimación del GET de personas sanas se consideran tres componentes fundamentales: gasto energético basal o gasto energético en reposo (GEB o GER), termogénesis y actividad física. En determinadas situaciones, como durante el crecimiento, el embarazo, la lactancia o la presencia de determinadas patologías, existe un aumento de los requerimientos energéticos que se debe incluir en el modelo para la correcta estimación del GET^(27, 28) (Figura 2).



Adaptada de Ravussin and Bogardus (1992)⁽²⁹⁾.

Figura 2: Componentes tradicionales del gasto energético total.

2.2.1.1 Gasto energético basal o gasto energético en reposo.

El término de metabolismo basal fue acuñado en 1899 por Magnus-Levy, quien insistió en la importancia de utilizar unas estrictas condiciones ambientales estandarizadas en el diseño de experimentos para el estudio del metabolismo: ausencia de actividad muscular, estado post-absortivo, mínima alteración emocional, vigilia, normalidad nutricional, ausencia de enfermedad o infección y ambiente térmico neutro⁽³⁰⁾. Sin embargo, estas recomendaciones no se llevaron a la práctica hasta los trabajos de Bedale⁽³¹⁾ de los años 20. Por otra parte, en 1950 la FAO⁽²⁴⁾ propuso utilizar el gasto energético para el cálculo de los requerimientos energéticos, en lugar de emplear la ingesta de alimentos, que era lo que se hacía hasta entonces. Esta propuesta, junto con el creciente interés por el estudio de la biología y la etiología de la obesidad, consiguieron resurgir el interés por el estudio del gasto energético basal^(28, 30).

El gasto energético basal (GEB) se define como la cantidad de energía necesaria para mantener los procesos vitales⁽³⁰⁾. O, como publicó Mitchell⁽³²⁾ en 1964: “El metabolismo basal

de un animal es el mínimo gasto energético compatible con la vida”. El GEB está regulado por el sistema nervioso simpático y depende del sexo, la edad, el peso y la composición corporal del sujeto^(33, 34). El gasto energético en reposo (GER) hace referencia al gasto en 24 horas, incluyendo también cierto efecto derivado de la ingesta de alimentos.

Dada la complejidad en la medida del GEB, y a pesar de que el GER es aproximadamente entre un 8 y un 10% mayor que el GEB^(35, 36), a nivel práctico, muchos autores los consideran equivalentes, ya que las condiciones de medición del GER son similares, pero no requieren el confinamiento del sujeto en las instalaciones durante la noche previa a la medición⁽³⁷⁻⁴⁰⁾.

2.2.1.2 Termogénesis

La termogénesis hace referencia a la producción de calor en respuesta a diferentes estímulos (estrés, dieta, frío, drogas...). Retomando el modelo descrito por Tseng⁽²⁵⁾, la termogénesis puede ser clasificada en termogénesis adaptativa, efecto térmico del ejercicio y efecto térmico de los alimentos (Figura 1). La termogénesis adaptativa se define como la producción de calor en respuesta a la temperatura ambiental o la dieta. Hay tres tipos de termogénesis adaptativa: la termogénesis con temblor inducida por la exposición al frío, que tiene lugar en el músculo esquelético, la termogénesis sin temblor y la termogénesis inducida por la sobrealimentación. Estas dos últimas tienen lugar en el tejido adiposo marrón.

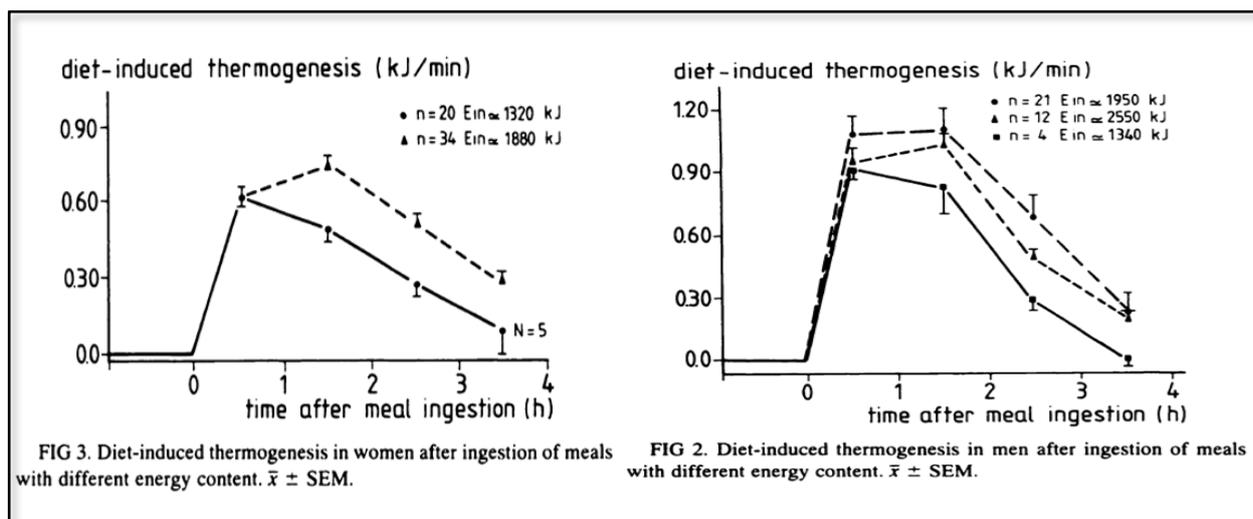
De los tres tipos de producción de calor definidos, el efecto térmico de los alimentos, también denominado *termogénesis inducida por la dieta* (TID) o termogénesis postprandial, es el principal responsable de la respuesta térmica total, representa el 60-70% de la termogénesis, y está regulado por el sistema nervioso parasimpático⁽¹⁹⁾. La TID incluye el gasto energético asociado a las reacciones derivadas de la ingesta de los alimentos, es decir, a la asimilación de sus nutrientes (absorción, transporte, metabolización, oxidación y excreción)⁽⁴⁰⁾.

Cuando los alimentos digeridos entran en el torrente sanguíneo, existe una jerarquía oxidativa. Así, primero se oxidan los sustratos energéticos que no pueden ser almacenados (etanol) o que sólo pueden serlo de forma limitada (hidratos de carbono y proteínas). En último lugar se oxidan las grasas, que son las que se almacenan más fácilmente⁽⁴¹⁾.

El efecto térmico es diferente para cada macronutriente: 20-30% para las proteínas, 5-15% para los hidratos de carbono y entre el 0 y el 3% para las grasas. El efecto térmico del etanol

no está claro, pero los estudios determinan un rango de entre el 6 y el 30%⁽⁴²⁾. Por lo tanto, dietas ricas en hidratos de carbono y proteínas conllevan mayor TID que dietas ricas en grasas. Los principales determinantes de la TID son el valor energético de la dieta y la cantidad de alcohol y proteínas consumidas⁽⁴³⁾.

Los estudios llevados a cabo por Weststrate⁽⁴⁴⁾ demostraron que, tras una ingesta de entre 300 y 600 kcal, la TID es prácticamente nula a las 4-5 horas (Figura 3). Además, después de 3 horas de medición, la mayoría de los sujetos comenzaba a intranquilizarse, pudiendo alterarse los resultados. Por lo tanto, para una correcta estimación de la TID debe determinarse primero el GER bajo condiciones estandarizadas, luego ingerir una dieta mixta “tipo” (14-15% de proteínas, 30-31% de grasas y 55% de hidratos de carbono) de entre 400 y 500 kcal, y, finalmente, determinar el gasto energético mediante una calorimetría indirecta de 3 h de duración.



Extraída de Weststrate (1993)⁽⁴⁴⁾.

Figura 3: Termogénesis postprandial.

La TID representa aproximadamente entre el 5 y el 15% del GEB requerido durante 24h y está condicionada por el tamaño y composición de la ingesta, la palatabilidad de la comida, el tiempo dedicado a la ingesta, la genética, la edad, la condición física y la sensibilidad a la insulina^(40, 45).

2.2.1.3 Gasto derivado de la actividad física

El gasto derivado de la actividad física engloba la energía gastada a lo largo del día para realizar las diferentes actividades que desarrolla un individuo. Este componente indica, por tanto, el efecto térmico que supone cualquier tipo de movimiento por encima del GEB. La actividad física (AF) es el componente más variable del GET, pudiendo incluso duplicar el GEB en sujetos activos, mientras que en individuos sedentarios este componente puede representar menos de la mitad del mismo. Es importante considerar también que un ejercicio de igual intensidad y duración supone un gasto distinto en función del peso y la composición corporal del sujeto⁽²⁶⁾.

El ejercicio físico no sólo conlleva un gasto energético en sí mismo, sino que tras la práctica deportiva se observa un aumento en el consumo de oxígeno durante períodos que pueden variar desde unos minutos hasta 24 horas, en función de la intensidad de la actividad y el grado de entrenamiento del sujeto⁽⁴⁶⁾. Esta respuesta post-ejercicio, además, parece tener efecto sobre la oxidación de sustratos, pudiendo aumentar la oxidación de las grasas y disminuir la ingesta tras la práctica deportiva⁽⁴⁷⁾.

La estimación de la AF es compleja. Al principio la única forma de estimar este componente del gasto, respetando las condiciones de vida normales del individuo, era mediante la diferencia entre el GET determinado por agua doblemente marcada y el GET medido en una cámara calorimétrica⁽²⁹⁾. En la actualidad se dispone de métodos de registro directo continuo de actividad, como podómetros y acelerómetros.

El acelerómetro es un dispositivo que mide la aceleración no gravitacional, convirtiendo la aceleración en una señal eléctrica a través de un sensor. Se determina la frecuencia y la magnitud de las aceleraciones y desaceleraciones asociadas al movimiento corporal. El dispositivo cuenta con un *software* que transforma las señales eléctricas en kilocalorías consumidas (gasto energético) mediante modelos predictivos en función de la edad, el sexo, la talla y el peso del individuo. Los más utilizados son los acelerómetros triaxiales, que estiman la intensidad y velocidad del movimiento en tres planos. Estos dispositivos están validados para condiciones de vida estándar⁽⁴⁸⁾.

El podómetro es un aparato que recoge el número de pasos. Cuenta con un sensor interno que detecta el balanceo que se produce al dar un paso. Midiendo la distancia del paso de un individuo y controlando el tiempo es posible deducir distancias, velocidades e incluso calorías consumidas. El principal problema es que, por sí solo, no permite medir intensidad

de ejercicio ni duración, y es menos exacto que el acelerómetro para discernir los pasos de otros movimientos.

Sin embargo, lo más habitual a nivel práctico es determinar este componente del gasto a partir de métodos de estimación indirectos. Para ello se calcula un factor de actividad (FA) individual en función del tipo de actividad desempeñada por el sujeto y el tiempo⁽⁴⁹⁾. Taylor y McLeod (1949)⁽⁵⁰⁾ desarrollaron una de las tablas de cálculo de factor de actividad más detalladas de las que se dispone. Partiendo del registro de las actividades que realiza el sujeto en 24 horas, se pueden calcular directamente las kilocalorías consumidas por kg de peso del sujeto y por minuto empleado en cada actividad. Sin embargo, no son las más utilizadas, ya que requieren una descripción muy pormenorizada del día a día del sujeto, lo que supone una recogida de información tediosa.

La OMS propuso en 1985⁽⁵¹⁾ un modelo de estimación factor de actividad más simple, agrupando las actividades, de modo que el registro es más sencillo. Con cualquiera de estos métodos el GET se obtiene finalmente como un múltiplo del GER ($GET = GER \times FA$). Sin duda este es el modelo más empleado en la práctica diaria.

En los últimos años se han ido desarrollando cuestionarios estructurados o semiestructurados para estandarizar el registro de la actividad física. La utilización de cuestionarios adaptados a la población de estudio es la técnica más apropiada a nivel epidemiológico, dada su fiabilidad, practicidad, bajo coste y su capacidad para no influir en la respuesta del encuestado. El más empleado en la literatura es el cuestionario GPAQ. Este cuestionario diseñado por la OMS se engloba dentro del proyecto *STEPwise*, es público y de acceso libre⁽⁵²⁾.

La actividad física también puede calcularse mediante los denominados equivalentes metabólicos (METs). Los METs representan la cantidad de energía empleada por el organismo durante la realización de una actividad física respecto al estado de reposo durante una determinada unidad de tiempo. Un MET equivale a un consumo de oxígeno de 3,5 ml por kilogramo de peso y por minuto⁽⁴⁸⁾.

2.2.2 Determinantes del gasto energético

Los primeros acercamientos a la descripción de los determinantes del gasto fueron las investigaciones realizadas por Ravussin⁽⁵³⁾ en 1986, que actualmente siguen vigentes. Sus estudios con calorimetría directa demostraron una variabilidad intraindividual de entre el 0,2

y el 0,9%. También observó que el GET depende de numerosas características físicas individuales:

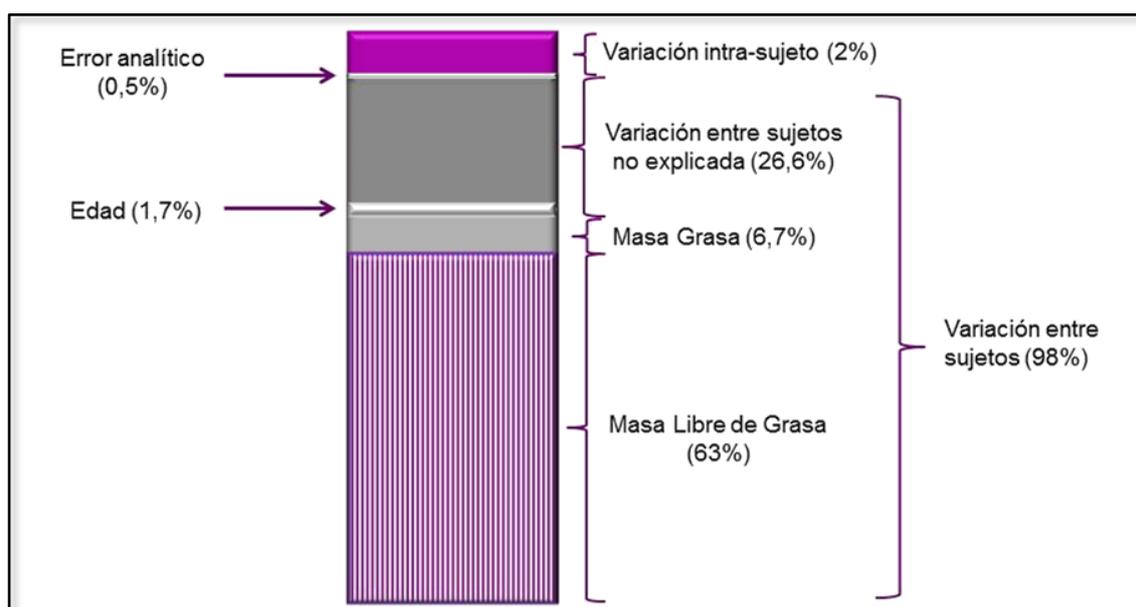
- Entre el 73 y el 82% de la variancia del GET es explicada por diferencias en el peso y la talla.
- Se encontraron relaciones estadísticamente significativas entre el GET, la masa libre de grasa (MLG) y el porcentaje graso (estimado por hidrodensitometría). También se observó una asociación lineal entre el GET y la actividad física. Sin embargo, al ajustar el gasto por MLG y nivel de actividad, la composición corporal no influyó en el GET.
- No se encontraron relaciones estadísticamente significativas con el sexo o la edad.

En resumen, los resultados mostraron que la MLG estimada por densitometría es el mejor determinante disponible del GET y explica el 81% de la variación observada entre individuos. Sin embargo, incluso ajustando por MLG, existen variaciones interpersonales considerables en el GET.

2.3 El GER como componente mayoritario del GET

El GER supone entre el 60 y el 70% del GET en sujetos sedentarios y aproximadamente el 50% en sujetos activos, por lo que es considerado el componente mayoritario⁽⁵⁴⁾. En este sentido, y teniendo en cuenta además que el GER es la principal variable de estudio de esta Tesis Doctoral, es fundamental prestar una atención especial a este apartado.

La literatura científica es controvertida a la hora de determinar la variabilidad del GER. Las evidencias que se posicionan tanto a favor como en contra de cada uno de los numerosos determinantes estudiados, en ningún caso llegan a definir el 100% de la variancia del GER. El modelo desarrollado por Johnstone⁽⁵⁵⁾ en 2005 trató de aunar los determinantes del GER hasta entonces definidos (Figura 4). Sus resultados reflejaron que la variancia de este componente del gasto, medido en 150 adultos, era en su mayoría debida a la variación entre sujetos (98%). Ésta se encuentra explicada fundamentalmente por la MLG, la masa grasa (MG) y la edad.



Adaptada de Johnstone (2005)⁽⁵⁵⁾.

Figura 4: Particiones de la variancia del GER.

Dada la falta de consenso en la definición de los determinantes del GER, y asumiendo el modelo bicompartimental de composición corporal estudiado por autores como Siri⁽⁵⁶⁾ o Keys y Brozek⁽⁵⁷⁾, partiremos del modelo desarrollado por Johnstone⁽⁵⁵⁾ para analizar los principales determinantes del GER.

Masa libre de grasa (MLG)

La relación existente entre GER y MLG se ha documentado ampliamente⁽⁵⁸⁾. Wang y colaboradores⁽⁵⁹⁾ evidenciaron la existencia de una asociación entre el GER y los denominados “*componentes metabólicamente activos*”, entendiendo como tales todos aquellos tejidos y órganos con altas tasas metabólicas. Estos autores presentaron, además, una serie de modelos, tanto a nivel corporal como de tejidos/órganos, que exploraban las relaciones observadas entre GER y MLG. Sus resultados coinciden con la hipótesis de que, en adultos, la relación entre GER/MLG sigue una relación lineal. La MLG es un compartimento muy heterogéneo, cuyos constituyentes tienen un amplio rango de tasas metabólicas (Figura 5). Así, cerebro, hígado, corazón y riñones constituyen el 60-70% del GER en adultos, mientras que únicamente suponen el 6% del peso total del cuerpo. Sin

embargo, el músculo esquelético, que supone el 40-50% del peso total, sólo representa el 20-30% del GER⁽⁶⁰⁾.

	Tissue or Organ Weight (kg*)			Tissue or Organ Weight (% body weight)			Organ Metabolic Rate (cal/kg/day)	Metabolic Rate (% total)		
	Reference male	Reference female	Child (0.5 y)	Reference male	Reference female	Child (0.5 y)		Reference male	Reference female	Child (0.5 y)
Liver	1.8	1.4	0.263	2.57	2.41	3.51	200.0	21	21	14
Brain	1.4	1.2	0.713	2.00	2.07	9.51	240.0	20	21	44
Heart	0.33	0.24	0.040	0.47	0.41	0.53	440.0	9	8	4
Kidneys	0.31	0.275	0.053	0.44	0.47	0.71	440.0	8	9	6
Skeletal muscle	28.00	17.00	1.875	40.00	29.31	25.00	13.0	22	16	6
Adipose tissue	15.00	19.00	1.50	21.43	32.75	20.00	4.5	4	6	2
Miscellaneous tissues by difference (e.g., bone, skin, intestines, glands)	23.16	18.885	3.056	33.09	32.58	40.74	12.0	16	19	24
Total	70	58	7.5	100	100	100		100 (1,680 cal/day)	100 (1,340 cal/day)	100 (390 cal/day)

*Convert kilograms to pounds by multiplying by 2.2 kg/lb.

Tomada de Elia (1992)⁽⁶⁰⁾.

Figura 5: Contribución de los diferentes órganos y tejidos a la masa corporal y al GER.

En la misma línea Javed⁽⁵⁹⁾ estudió qué parte de la variabilidad del GER se debía a las diferencias en la masa de los órganos de alta tasa metabólica (HMRO) en sujetos adultos, y si la edad, el sexo o la raza, de forma independiente, eran predictores del GER tras ajustar por HMRO. Este trabajo puso de manifiesto que, aunque la masa de estos órganos supone una mínima parte de la MLG, gran parte del GER comúnmente atribuido a otras variables, como sexo, raza e incluso edad, puede ser explicado por la variación en la masa de estos órganos⁽⁶¹⁾. Dos años más tarde, Heymsfield⁽⁶²⁾ revisó la importancia de la masa de los órganos en relación al GER, y determinó que para una correcta estimación del GER deben evaluarse los diferentes tejidos y órganos de forma individual⁽⁶²⁾.

Generalmente, considerando el estado nutricional del sujeto, la evidencia científica refleja que el gasto energético total aumenta conforme lo hace el índice de masa corporal (IMC)⁽⁶³⁾; es decir, a mayor masa, mayor gasto energético. Sin embargo, Heymsfield⁽⁶⁴⁾ en 2002 documentó una mayor relación GER/MLG, y por lo tanto una tasa metabólica relativa mayor, en sujetos de bajo peso corporal frente a aquellos que presentaban altos valores de peso y MLG. Hecho que podría ser explicado por una mayor proporción de MLG en tejidos con alta tasa metabólica.

Por otra parte, se sabe que el GER permanece reducido durante la restricción calórica prolongada, lo que podría deberse a la disminución de la masa libre de grasa asociada a la

pérdida de peso y a una mayor eficiencia metabólica derivada de la escasa ingesta de energía⁽⁶⁵⁾. Siguiendo esta línea de investigación, Bosy-Westphal⁽⁶⁶⁾ en 2009 concluyó que, tras la pérdida de peso, casi el 50% del descenso del GER es explicado por las pérdidas de MLG y MG. La variabilidad explicada por la composición corporal fue del 60% tras considerar el peso individual de los órganos.

La relación entre los diferentes tejidos que componen la MLG con el GER son difíciles de explicar, dadas las limitaciones del modelo bicompartimental asumido en estos trabajos. Cabe preguntarse si sujetos con la misma MLG pero con diferentes componente óseo o muscular podrían presentar un GER distinto.

Edad

En los primeros años de vida el metabolismo basal es el más alto de toda la vida y después va disminuyendo gradualmente (kcal/kg/min). Esto se explica básicamente por la situación anabólica predominante y el acelerado recambio de tejidos durante el período de crecimiento. Como está determinado por la masa magra, el GER es máximo durante períodos de crecimiento rápido.

Durante la etapa adulta el GER disminuye entre el 1 y el 2% por cada década, lo que se ha relacionado con la pérdida de masa muscular esquelética y de masa en los órganos vitales⁽⁶⁷⁾. Los estudios desarrollados por Speakman⁽⁶⁸⁾ en 2010 reflejaron que, en sujetos de hasta 52 años, la masa grasa y la masa libre de grasa se relacionaron positivamente con la edad, mientras que para el GER no se encontró relación estadística. A partir de los 52 años la cohorte presentó valores más bajos tanto de GER como de AF, por lo que el descenso en el gasto podría deberse a la disminución del ejercicio.

Otros trabajos han estudiado otras variables sencillas, además de la composición corporal y la edad, como el sexo, la etnia, la condición física, los condicionantes geográficos o el consumo de fármacos y/o sustancias estimulantes.

Sexo

El GER en mujeres es menor que en los varones, lo que se explica en parte por la mayor masa muscular de éstos últimos y el mayor contenido graso de las primeras⁽⁶⁵⁾. Las mujeres, que como promedio tienen menor MLG que los varones, presentan mayor ratio

GER/MLG⁽⁶²⁾. Tras un ajuste apropiado, el GER registrado en las mujeres muestra diferencias estadísticamente significativas con el GER medido en varones⁽⁶⁹⁾.

Etnia

Se han observado diferencias en el GER y el GET desde la infancia entre niños caucásicos y afroamericanos; estas diferencias se reducen tras ajustar por composición corporal⁽⁷⁰⁾. Sin embargo, se observó que los niños afroamericanos tenían un consumo de oxígeno un 15% menor que los caucásicos, con independencia de la MG y de la MLG. Esto indicaría menor capacidad aeróbica, probablemente relacionada con una distinta composición de la MLG.

Estas diferencias se mantienen en la etapa adulta, ya que hay evidencias de que las mujeres afroamericanas presentan menor GER que las caucásicas, en parte debido a una menor cantidad de MLG. Sin embargo, tras ajustar por MLG se mantuvieron las diferencias, lo que sugiere que la etnicidad está asociada con algún factor sin identificar que afecta al GER⁽⁷¹⁾.

Condición física

Respecto a la condición física del sujeto, el entrenamiento es el aspecto más estudiado en relación con el GER. Las investigaciones llevadas a cabo por Broeder⁽⁷²⁾ no reflejaron diferencias significativas en el GER entre sujetos entrenados y no entrenados. Tampoco hallaron relación entre el GER y el VO_{2max} cuando el GER se expresaba en relación a la MLG. Comparando diferentes tipos de ejercicio, el mismo grupo observó que tanto el ejercicio de fuerza como el de resistencia no se relacionaron con el GER. Sin embargo, se observó un ligero descenso de la ingesta y un aumento en el gasto en el grupo que practicó ejercicios de resistencia, lo que sugiere que este tipo de ejercicio puede ayudar a prevenir la atenuación observada en el GER durante periodos de balances energéticos negativos mediante el mantenimiento o aumento de la MLG⁽⁷³⁾.

Condicionantes geográficos

El GET ajustado por peso y edad o nivel de actividad no difiere significativamente entre los sujetos de países en desarrollo e industrializados⁽⁷⁴⁾.

- **La altitud** podría tener una relación importante con el gasto, dado que la hipoxia que se produce a gran altura aumenta la utilización de glucosa. Sin embargo, existe controversia en este aspecto. Mientras que en varones sometidos a altitudes de 4300 m se registraron aumentos del GER de entre 200 y 500 kcal/d cuando se mantenía la ingesta constante, en mujeres el incremento en el GER y el GET fue mucho menos importante^(75, 76).

Los individuos que viajan a grandes alturas experimentan un aumento en el GEB. El GEB se incrementa aproximadamente entre un 17% y un 27% en las primeras semanas tras la exposición a gran altura y poco a poco vuelve a los valores basales del nivel del mar.

El límite máximo de oxígeno se reduce cerca del 20-30% durante las primeras semanas y vuelve gradualmente a la normalidad en el transcurso de 1 año (a pesar de que no vuelve a la pre-exposición del nivel del mar de referencia)⁽⁷⁷⁾. Esta situación debe estar muy presente, ya que cada vez es más habitual entre deportistas que se trasladan a zonas de gran altitud para realizar entrenamientos en hipoxia, de cara a mejorar el rendimiento aeróbico a nivel del mar.

- **Temperatura ambiental:** la exposición a 19°C, una temperatura media-tolerable, conlleva un predecible aumento del gasto energético promovido por el incremento sostenido de las catecolaminas y la activación de los mecanismos contra-reguladores. Se ha observado que reducciones en la temperatura ambiental de 5°C producen aumentos de en torno al 6% del gasto energético, sin diferencias entre sexos. Este cambio es debido al aumento de la termogénesis sin temblor⁽⁷⁸⁾.

Ritmos circadianos y cronobiología

Los cambios circadianos del metabolismo energético fueron descritos por primera vez en 1915 por Francis G. Benedict⁽⁷⁹⁾, quien encontró que el GER de un sujeto aumentaba discretamente a lo largo del día, aunque el individuo se mantuviera en las mismas condiciones. En condiciones normales el gasto energético disminuye durante el sueño. El número de horas de luz, así como los ritmos circadianos, pueden además afectar al sueño. Una pobre calidad del sueño está asociada con un aumento del GER, un mayor RQ (aumento de la oxidación de hidratos de carbono respecto a grasas) y una activación del sistema de estrés⁽⁸⁰⁾.

Fármacos y sustancias estimulantes

En la sociedad actual el uso de fármacos y estimulantes está ampliamente extendido. Es importante tener en cuenta que el consumo de estas sustancias puede afectar al GER:

- **Fármacos:** la administración de medicamentos que afectan al sistema nervioso central puede producir un descenso medio de entre 262 y 680 kcal/d en el GER. Los fármacos sedantes y algunos agentes cardiovasculares (como el propranolol, atenolol, carvedilol y bisoprolol) pueden reducirlo entre un 4 y un 12%. Por otra parte, el tratamiento a largo plazo con la hormona de crecimiento ha demostrado aumentos del GER de hasta el 12%. La quimioterapia produce una disminución del gasto energético. Pacientes con leucemia, cáncer de mama y diversos tumores sólidos disminuyeron su gasto entre el 6% y el 11% durante la quimioterapia. La etiología no está clara y no se sabe si esta reducción es transitoria o permanente^(81, 82).
- **Estimulantes:** la cafeína y la nicotina estimulan el GER. Una ingesta de cafeína de 200 a 350 mg en varones o de 240 mg en mujeres puede incrementar el GER medio del 7 al 11% y del 8 al 15%, respectivamente. El consumo de nicotina produce un aumento del GER del 3 al 4% en varones y del 6% en mujeres⁽⁸³⁾.

2.3.1 Cambios en el GER a lo largo del ciclo vital.

El GER no es constante a lo largo de las distintas etapas del ciclo vital. Durante el primer año de vida el niño presenta los valores más elevados de GER en proporción a su tamaño, siendo aproximadamente dos veces mayor el gasto por kg que en los adultos⁽⁸⁴⁾. Esto es debido, en gran medida, a la elevada actividad metabólica de la masa celular activa y a la necesidad de producir calor para mantener la temperatura corporal, ya que su mayor superficie y menor espesor cutáneo aumentan la disipación del mismo. El cerebro, el hígado, el corazón y el riñón representan la mayoría del GER en lactantes. Holliday⁽⁸⁵⁾ analizó la tasa metabólica en relación al tamaño corporal y al peso de los órganos, y señaló que el consumo de oxígeno durante el periodo intrauterino aumentó a mayor velocidad de lo que lo hizo la masa de los órganos o el peso corporal. Tras el nacimiento el consumo de oxígeno de los órganos aumentó de forma proporcional al peso del órgano.

El metabolismo basal de los lactantes depende del sexo, la edad y el tipo de alimentación, existiendo diferencias estadísticamente significativas entre lactantes alimentados con fórmula y amamantados entre los 3 y 6 meses. Los autores atribuyen esta variabilidad

relacionada con la dieta a las diferencias en la composición corporal entre ambos grupos y no al sexo⁽⁸⁶⁾.

A medida que el tamaño corporal va aumentando, las demandas energéticas de mantenimiento y función se ven incrementadas, mientras que las debidas al crecimiento y a la producción de calor disminuyen⁽⁴⁹⁾. Es importante, por tanto, tener en cuenta los patrones de crecimiento en la infancia, ya que la mayor cantidad de energía que se va a consumir, debido en exclusiva al aumento de masa celular activa, coincide con los picos máximos de crecimiento, que se producen en la primera infancia y al comienzo de la pubertad; aunque estas variaciones, de forma general, afectan mínimamente a las necesidades totales de energía.

Durante la adolescencia confluyen crecimiento, maduración y desarrollo, lo que conlleva un incremento del gasto. El efecto sobre el GER atribuido a la edad realmente está determinado por los cambios en la composición corporal, a expensas fundamentalmente de la MLG, por lo que en este momento es cuando se observan de forma más clara las diferencias entre sexos. El patrón de crecimiento y desarrollo también es diferente: en el caso de las niñas es más prematuro y menos intenso que en los niños, cuyo “estirón” tiende a ser más tardío, más intenso y más prolongado en el tiempo.

Desde la finalización de la adolescencia y durante toda la etapa adulta el gasto en reposo presenta una fase de relativa estabilidad, produciéndose disminuciones de aproximadamente el 1-2% por cada década, como ya se comentó anteriormente⁽⁶⁷⁾.

Los numerosos cambios físicos y hormonales que se producen durante el embarazo y la lactancia afectan notablemente al gasto. Durante el embarazo, especialmente en los dos últimos trimestres, existe un aumento del metabolismo basal debido a los procesos de crecimiento y desarrollo materno y fetal, que afectan fundamentalmente al tejido no graso. La energía requerida para el desarrollo del feto y los tejidos correspondientes (placenta, útero, glándulas mamarias y tejido adiposo) puede representar un total de 80.000 kcal, lo que implica unas 320 kcal/d (no contabilizando el primer mes de gestación⁽⁴⁹⁾). El aumento del GER en la lactancia se debe, en gran parte, a la energía requerida para la producción y secreción de leche, estimándose un gasto de aproximadamente 85 kcal por cada 100 ml de leche sintetizada. Parte de esta energía necesaria para la síntesis láctea proviene del tejido adiposo depositado durante la gestación. Se estima que la cantidad energética media diaria requerida para la lactancia es de 500 kcal/d⁽⁴⁹⁾.

En la mujer, a partir del climaterio, las diferencias en el gasto respecto a los varones disminuyen debido fundamentalmente a los cambios en los compartimentos corporales (MG vs. MLG). La disminución del GER en edades avanzadas, tanto en varones como en mujeres, se atribuye fundamentalmente a una disminución de la actividad metabólica asociada a los cambios en la composición corporal: descenso de la masa celular activa y aumento del tejido adiposo⁽⁴⁹⁾.

El GER se adapta también con bastante eficacia a determinadas condiciones no fisiológicas, como situaciones de ayuno o sobreingesta, ejercicio físico intenso, estrés o determinadas patologías.

En condiciones de malnutrición se ponen en marcha mecanismos adaptativos para mantener el equilibrio energético y proteger la vida. Aunque la reducción de la actividad física voluntaria es la forma más inmediata de ahorro energético, a nivel del GER también se producen cambios. En los niños la reducción de la tasa de crecimiento como método de adaptación se traducirá en una baja talla y peso para la edad. La pérdida de peso en sí, tanto en el niño como en el adulto, produce una reducción total del GER; a partir de una pérdida de peso corporal del 10% se han descrito reducciones del GER de hasta el 40%⁽⁸⁷⁾. A nivel endocrino también se desencadenan mecanismos para el ahorro energético, como la reducción de la liberación de insulina y de T3 activa o una disminución del tono adrenérgico. Esta adaptación metabólica es más evidente en procesos de malnutrición agudos que en crónicos⁽⁸⁸⁾.

El ejercicio intenso puede producir situaciones de déficit energético similares a las anteriormente descritas. En estas situaciones debe considerarse no sólo el gasto asociado a la actividad física, sino también la respuesta post-ejercicio.

El estrés o la ansiedad son condiciones innatas al ser humano que, cuando son especialmente intensas o mantenidas en el tiempo, pueden desencadenar alteraciones a nivel hormonal que afectan al GER. La revisión realizada por Shina⁽⁸⁹⁾ recoge que situaciones de estrés crónico persistente se relacionan con alteraciones en el eje hipotálamo-pituitaria-adrenal y cambios en la expresión génica que afectan a la homeostasis de la energía y el comportamiento alimentario, lo que puede provocar hiperactividad simpática y un aumento en la respuesta del sistema nervioso autónomo, que también se relaciona con el metabolismo de la glucosa.

Por último, son numerosas las patologías que afectan al GER, desde alteraciones hormonales, como el hiper- o hipotiroidismo, situaciones que cursan con hipercatabolismo,

como sepsis, grandes quemados, y algunos tipos de cáncer, hasta enfermedades crónicas de alta prevalencia, como la obesidad.

Considerando que el GER es el componente mayoritario del GET, es fundamental poder estimarlo en la práctica clínica de la forma más precisa y sencilla posible, para determinar adecuadamente el balance energético, que es la base de cualquier tratamiento nutricional.

2.4 Técnicas de valoración del GEB/GER

“¿Qué es el fuego innato, la fuerza vital, el calor animal?” Esta pregunta, planteada ya por Platón, Aristóteles, Hipócrates y Galeno, abre un interesante y largo debate que se ha venido produciendo a lo largo de la Historia. Aunque no fue hasta hace unos 300 años cuando Crawford en Inglaterra y Lavoisier en Francia realizaron los primeros estudios sobre metabolismo energético en humanos. Demostraron que el intercambio gaseoso que se produce durante la respiración representa una combustión, muy similar a la de una vela encendida, apoyando así lo descrito en ratas por Robert Boyle 100 años antes^(90, 91).

Más tarde, científicos franceses y alemanes identificaron a los alimentos como los agentes “productores de energía”. En 1849 Regnault y Riesel fueron capaces de medir el oxígeno consumido y el CO₂ producido en la combustión de los nutrientes en una primera cámara calorimétrica de circuito cerrado. Con posterioridad la investigación se centró en el consumo de oxígeno como medida de la tasa de combustible oxidado, hasta que Harris y Benedict, Dubois y otros⁽⁹⁰⁾ introdujeron el concepto de tasa metabólica basal. Estos avances teóricos no se llevaron a la práctica hasta los estudios de Bedale⁽³¹⁾. Unos años más tarde, en la década de los 50, la FAO⁽²⁴⁾ propuso utilizar por primera vez el gasto energético para el cálculo de los requerimientos energéticos en vez de la ingesta de alimentos, como se hacía hasta entonces. Este último aspecto, junto con el creciente interés por entender la biología y la etiología de la obesidad, hicieron resurgir el interés por el estudio del GEB⁽³⁰⁾, propiciando la mejora de los equipos y técnicas de medida y aumentando notablemente su disponibilidad.

En la actualidad se dispone de diversas técnicas para determinar el gasto energético. El primer problema que se presenta cuando se quiere medir el GEB es que se trata de un concepto teórico. El gasto energético basal requiere de unas condiciones prácticamente imposibles de llevar a cabo, por lo que, como se ha comentado en apartados anteriores, en

realidad se estima el GER, aunque este componente sea ligeramente superior. El segundo obstáculo es que, en realidad, no se dispone de una técnica *gold standard*. Lo idóneo sería contar con un método que fuera rápido, económico, fácil de realizar y que se pudiera aplicar de forma universal sin importar edad, sexo o etnia. Este último punto es clave para simplificar la estimación del GER en la práctica clínica, pero es especialmente interesante, ya que utilizar una misma técnica facilitaría la comparación de los resultados entre diferentes estudios. La realidad es que la mayoría de los investigadores, partiendo de los recursos disponibles, eligen el método más idóneo para la consecución de sus objetivos, asumiendo sus propias limitaciones.

En la actualidad las técnicas más utilizadas para la determinación o estimación del GER son las siguientes:

- Calorimetría directa (CD). Es un método no invasivo que permite la determinación directa del gasto energético mediante la medición del intercambio de calor entre el sujeto y el ambiente. Esta técnica mide el calor producido por el cuerpo, así como el vapor de agua perdido mediante la respiración o el sudor. Se requiere de una cámara respiratoria, herméticamente sellada. Para la medición del GER se analizan los datos relativos a los primeros momentos de la mañana, previos a la primera ingesta del día.

Aunque es un método altamente sofisticado, que además permite cierto grado de actividad en el sujeto, y que, en general, se considera el *gold standard* para la estimación del GER, es complejo, conlleva un alto coste y para la medición del GER se requiere el confinamiento del sujeto durante 24 horas como mínimo⁽⁵⁴⁾. Su utilización en la práctica es meramente anecdótica.

- Calorimetría indirecta (CI). A falta de técnicas más precisas, es considerado el método de referencia para la medición del GER y del GEB⁽⁹⁾. Es un método no invasivo, razonablemente preciso y de alta reproductividad que, mediante el análisis del intercambio gaseoso que se produce durante la respiración, estima el GER, además de permitir cuantificar e identificar la oxidación de substratos. Sin embargo también tiene limitaciones, como son el alto coste del equipo y consumibles, su relativa complejidad y la necesidad de contar con personal entrenado para su correcto uso⁽⁵⁴⁾.
- Calorimetría indirecta circulatoria (CIC). Es un método práctico y simple que, si se utiliza con precaución, puede ser muy útil para medir el gasto cardiaco en paciente

críticos que ya tengan colocado un catéter de termodilución (Swan-Ganz) en la arteria pulmonar.

Es un método invasivo que, mediante la utilización del catéter, permite realizar una gasometría sanguínea arterial y venosa, basándose en la medición de la concentración de hemoglobina y la saturación de O₂. Por lo tanto, es posible calcular el consumo de oxígeno multiplicando la diferencia arterio-venosa de O₂ por el gasto cardiaco. El problema es que el uso del catéter puede contribuir a que se produzcan complicaciones metabólicas, que las mediciones son instantáneas y que el procedimiento tiende a subestimar el GER⁽⁵⁴⁾.

- Ecuaciones predictivas: Es el método más simple, rápido y de menor coste. Esta técnica consiste en la aplicación de fórmulas desarrolladas mediante un análisis de regresión en poblaciones específicas. Es poco exacto y tienen a sobreestimar o infraestimar el GER, incluso entre sujetos de una misma población. Sin embargo, si se utiliza apropiadamente, puede ser un buen método de predicción⁽⁵⁴⁾.

En la práctica clínica las técnicas más utilizadas son la calorimetría indirecta y las ecuaciones predictivas. Estas últimas son las que han sufrido un mayor desarrollo durante los últimos 40 años, buscando un enfoque más económico, eficiente y, en definitiva, más práctico.

2.4.1 Calorimetría Indirecta

La calorimetría se define como una técnica de “*medida del calor que se desprende o absorbe en los procesos físicos, químicos o biológicos*” (RAE). El calor desprendido por un sujeto es, por tanto, un reflejo de los procesos que se están produciendo en su interior y del coste energético de los mismos. Así, cuando hablamos de técnicas calorimétricas en la práctica clínica nos referimos a una serie de métodos de estimación del gasto energético de un sujeto, mediante la cuantificación directa o indirecta del calor que éste genera.

La calorimetría indirecta (CI) es un método no invasivo que permite estimar el gasto energético y la tasa de oxidación de sustratos energéticos a través de la medición indirecta del calor producido durante la oxidación de nutrientes, que se estima mediante la monitorización del intercambio gaseoso que se produce durante la respiración^(92, 93).

Para la correcta determinación del GEB es primordial, en la práctica, mantener unas estrictas condiciones de medición para minimizar los posibles errores durante la prueba. El

sujeto ha de permanecer despierto y tumbado en decúbito supino, tras 10-12 horas de ayuno, 8 horas de reposo físico y en un estado de relajación mental. Para evitar el estrés debido a la realización de la prueba es importante que el individuo esté familiarizado con el aparato de medición. La temperatura de la habitación debe ser tal, que el sujeto no requiera poner en marcha mecanismos de producción o disipación de calor ($22-26^{\circ}\text{C}$)⁽³⁰⁾.

Los monitores metabólicos o calorímetros miden la tasa de CO_2 producido y la tasa de O_2 consumido durante la respiración bajo condiciones estándar⁽⁹³⁾. El instrumental utilizado en la CI ha evolucionado notablemente desde sus inicios. Levine⁽⁹⁴⁾ diferencia 4 tipos de aparatos destinados a realizar CI:

- Sistemas de recolección total: se trata de una estructura en la que se recoge el aire espirado para ser analizado. Existen dos tipos:
 - o Sistema de recolección rígido (*Tissot Gassometro*): se compone de una campana de cristal invertida equipada con un ventilador de circulación interna suspendido sobre el agua. La campana se vacía de aire y el sujeto expira a través de una boquilla, haciendo que la campana se llene gradualmente con el aire espirado y se eleve progresivamente por encima de la zona marcada como “cero” en el contenedor de agua. La altura alcanzada por la campana se registra cada minuto por un máximo de 2 horas, y la composición del aire espirado es medido periódicamente desde la campana para determinar el VO_2 y el VCO_2 .
 - o Sistema de recolección flexible (*Bolsa de Douglas*): se compone de una bolsa en cuya parte superior se encuentra conectada a una válvula de tres vías por medio de unos tubos. Esta válvula permite sellar la bolsa, la entrada de aire atmosférico o de aire espirado. Primero se ha de abrir el circuito para que entre aire atmosférico, la bolsa se enrolla para expulsar su contenido y a continuación se sella. El sujeto respira a través de la boquilla y la válvula se abre para permitir que entre el aire espirado durante 10-20 minutos, momento en el que se vuelve a sellar la bolsa. El aire espirado es medido mediante un medidor de flujo de masa y en una muestra se analiza el O_2 y CO_2 , lo que permite calcular dichos gases en el volumen total espirado.
- Calorímetros de circuito abierto: en este sistema el sujeto inspira aire y luego se analizan los gases espirados. Hay dos tipos de calorímetros:

- Sistemas de circuito abierto ventilados: el sujeto inspira y expira aire de un contenedor cuya composición se ha determinado previamente. El aire espirado se extrae del dispositivo de recogida utilizando una bomba y después es mezclado utilizando un ventilador y/o cámara de mezcla. Una muestra del aire espirado se analiza para medir las concentraciones de O₂ y CO₂ y calcular la diferencia con el aire original.
 - Sistemas de circuito abierto de recogida de expiración: el sujeto inspira aire atmosférico y el espirado no vuelve a la unidad de medida. Se mide el flujo espirado y se desvían pequeñas muestras al depósito de almacenamiento de gas que se analiza al final de cada periodo de medición.
- Cámaras calorimétricas: el sujeto se coloca dentro de un contenedor sellado herméticamente. El aire presente en la cámara es analizado y el consumo de O₂ y producción de CO₂ se estima a partir de los cambios de concentraciones dentro de la cámara.
 - Calorímetros de circuito cerrado: este tipo de calorímetros se utilizaron especialmente durante la primera mitad del siglo XX. El sistema consiste en un circuito de gas respiratorio sellado en el que las concentraciones de gases se miden durante un tiempo. El aire espirado se extrae de una cámara sellada. El CO₂ y el vapor de agua son absorbidos y el oxígeno se reintroduce en la cámara. El gasto se calcula a partir de las cantidades de CO₂ absorbido y de O₂ reintroducido. Según la revisión realizada por Henry⁽³⁰⁾, este tipo de calorímetros tiende a sobreestimar el gasto debido a que: a) pequeñas fugas pueden traducirse en errores de estimación importantes; b) el oxígeno puro tiende a elevar el GEB; y c) cambios en el volumen inspirado tienden a alterar la pendiente de la lectura del espirómetro, lo que se interpreta como un aparentemente mayor valor del GEB.

En síntesis, un calorímetro dispone de un colector de gas que se adapta al sujeto, un canopio o mascarilla, y de un sistema de medición del volumen y concentración del O₂ inspirado y CO₂ espirado por el sujeto⁽⁵⁴⁾. Estas lecturas de O₂ (VO₂) y de CO₂ (VCO₂) se utilizan tanto para el cálculo del cociente respiratorio (RQ=VCO₂/VO₂), como para el cálculo del GER, mediante la utilización de la ecuación de Weir⁽⁹⁵⁾:

$$\text{GER (kcal/d)} = (3,941 \times \text{VO}_2 + 1,106 \times \text{VCO}_2 - 2,17 \times \text{uN}_2).$$

El nitrógeno urinario (uN_2) habitualmente es excluido de los cálculos, debido a que suele representar menos del 4% del gasto real, por lo que su eliminación conlleva un error del 1-2% en el cálculo del gasto energético, tanto en pacientes hospitalizados como ambulatorios⁽⁹⁶⁾. Esta pérdida de exactitud es mínima a nivel práctico y además facilita notablemente la recogida de datos, ya que la recolección de orina es compleja y no representa la producción total de nitrógeno⁽⁹⁾. Por esta razón la ecuación más utilizada es la abreviada de Weir:

$$GER \text{ (kcal/d)} = (3,941 \times VO_2 + 1,106 \times VCO_2).$$

Para calcular la oxidación de sustratos cuando no se dispone de la tasa de oxidación proteica, en sujetos sanos en estado postabsortivo se suele asumir que ésta equivale al 15% del GER⁽⁹³⁾. De esta manera, utilizando los factores de Atwater, la estimación de la oxidación de proteína (Pox) a partir del GER en KJ/d se calcula mediante la fórmula:

$$Pox \text{ (g/d)} = (0,15 \times GER)/16,74.$$

O bien, a partir del nitrógeno ureico⁽⁹⁷⁾:

$$Pox \text{ (g/d)} = 6,25 \times uN_2.$$

La oxidación de hidratos de carbono (Gox) y de lípidos (Fox) se corresponde con:

$$Gox \text{ (g/d)} = [4,55 \times VCO_2 - 3,21 \times VO_2] - 0,459 \times Pox.$$

$$Fox \text{ (g/d)} = [1,67 \times VO_2 - 1,67 \times VCO_2] - 0,307 \times Pox.$$

O bien:

$$Gox \text{ (g/d)} = [4,55 \times VCO_2 - 3,21 \times VO_2] - 2,87 \times uN_2.$$

$$Fox \text{ (g/d)} = [1,67 \times VCO_2 - 1,67 \times VO_2] - 1,92 \times uN_2.$$

En la práctica, la oxidación de sustratos se expresa en términos relativos para facilitar su comprensión, de manera que la contribución de hidratos y lípidos al GET viene dado por⁽⁹⁵⁾:

$$Gox \text{ (\%)} = (Gox \text{ (g/d)} \times 16,74 / GER) \times 100$$

$$Fox \text{ (\%)} = (Fox \text{ (g/d)} \times 37,24 / GER) \times 100$$

Si bien es cierto que la calorimetría indirecta es un método muy completo y con rangos de error bajos, los valores obtenidos son, en realidad, estimaciones indirectas que pueden estar

influidas por varios factores. Estas limitaciones inherentes a la técnica pueden deberse a las siguientes causas:

- Los modelos matemáticos utilizados son el resultado de análisis estadísticos llevados a cabo en poblaciones, lo que debe tenerse en cuenta cuando se utilizan para valoraciones individuales.
- Los supuestos fisiológicos y químicos asumidos⁽⁹⁸⁾:
 - o Todos los sustratos son completamente oxidados a $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ y todo el nitrógeno que se produce es urea. La CI provee un índice para todas las tasas de “desaparición” de sustrato, pero no da información acerca de los procesos metabólicos intermedios. Es, por tanto, incorrecto asumir que sea equivalente a la tasa de “oxidación”. La utilización de la CI para estimar la utilización de sustratos asume que los procesos ocurren a nivel de los tejidos y órganos y no en almacenes temporales de metabolitos derivados de los sustratos primarios que se producen durante la medición. Este hecho es previsiblemente adecuado en situación de equilibrio metabólico, pero no cuando no se cumpla esta condición.
 - o Existen determinadas situaciones metabólicas que pueden alterar el RQ:
 - La lipogénesis a partir de hidratos de carbono tiende a registrar RQ cercanos a 1,0, ya que durante este proceso se producen más del doble de moles de CO_2 que de O_2 .
 - La gluconeogénesis a partir de aminoácido neoglucogénicos registra RQ muy bajos, cercanos a 0,4, mientras que sobreestima la oxidación proteica al recogerse grandes cantidades de nitrógeno ureico
 - La cetogénesis es un proceso que requiere consumo de oxígeno, pero no produce CO_2 , por lo que su RQ sería igual a 0. Sin embargo, dado que los cuerpos cetónicos se producen a partir de grasas, el RQ registrado suele ser similar al de este nutriente: 0,7.
- Los factores calorimétricos que se utilizan: En este caso, al igual que con los modelos matemáticos, se utilizan aproximaciones estadísticas, por lo que en función de los factores que utilice cada calorímetro el error variará.

- Los factores técnicos: Van a venir determinados por las especificaciones propias del calorímetro (precisión y exactitud). Schadewaldt⁽⁹³⁾ documentó en 2013 la posible variabilidad entre dos calorímetros diferentes pero del mismo modelo y entre dos calorímetros de casas comerciales distintas. Sus resultados reflejaron que en ambas situaciones se registra una variabilidad considerable (entre el 1 y el 3% en simulaciones) que afectó poco al gasto, pero notablemente a la oxidación de sustratos. En el primer caso los valores medios se vieron menos afectados.

- Los factores humanos:
 - o Variabilidad debida al técnico que realiza la medida: Es debida a errores humanos que se pueden producir durante el estudio y está estrechamente relacionada con la pericia y experiencia del técnico.
 - o Variabilidad debida al sujeto medido: La variabilidad existente entre sujetos es clara, en especial si se trata de individuos con patologías. Sin embargo, también se observan variaciones en mediciones repetidas al mismo individuo en días diferentes en condiciones similares. En este sentido, estudios llevados a cabo con los dos calorímetros más validados (V-Max Encore y Deltatrac) reflejan coeficientes de variación de VO_2 entre equipos del 12,5% en ensayos interindividuales y del 7,2% en intraindividuales⁽⁹³⁾.

En general, estas fuentes de error van a afectar muy discretamente a la estimación del gasto, pero sí pueden alterar de forma importante los cálculos de la oxidación de sustratos. Por esta razón, y a pesar de estas limitaciones, la CI es comúnmente aceptada como criterio estándar para la medición del GER⁽⁹⁾.

2.4.2 Modelos predictivos de estimación del GER

Las técnicas calorimétricas, aunque se han convertido en algo habitual en la práctica clínica, requieren de una importante inversión inicial, además de ciertas limitaciones en función del paciente a valorar (hiperventilación, patologías que cursen con alteraciones metabólicas...⁽⁹⁹⁾). Los modelos de predicción vinieron a dar respuesta a la necesidad de estimar el gasto en aquellos casos en los que la calorimetría no era viable. Aparecieron como un modelo mucho más práctico, que no requiere de inversión económica, que puede

ser aplicado a cualquier persona y que es universalmente disponible. Es el método que mayor índice de error comete, pero que puede ser muy adecuado si se utiliza convenientemente⁽⁹²⁾.

Hay numerosas ecuaciones predictivas publicadas, tanto para población sana como para sujetos con patologías específicas. Es fundamental entender que cualquier modelo predictivo parte de un estudio poblacional previo en el que se ha analizado el GER de un grupo de sujetos que comparten determinadas características. A partir de los datos generados, normalmente por calorimetría indirecta, se realiza un análisis estadístico de regresión, incluyendo aquellas variables que según la bibliografía científica han demostrado ser determinantes para el gasto. De todo esto surge una fórmula que, aplicada en poblaciones similares a la de origen, permite predecir el GER que se obtendría si se realizase una CI en el sujeto. Este es un aspecto fundamental, dado que variables como la etnia o el estrés debido a una enfermedad pueden alterar notablemente los datos^(23, 71).

Las fórmulas predictivas pueden clasificarse, en función de las variables que incluyen, en dos grupos: ecuaciones que contemplan variables físicas simples (edad, peso, talla...) y ecuaciones que contienen variables de composición corporal (MLG y/o MG). A lo largo de los años se puede observar que las segundas han ido desbancando a las primeras, conforme se ha ido mejorando y simplificando el estudio de la composición corporal. Sin embargo, las ecuaciones que contemplan variables físicas simples, siguen siendo las de referencia⁽³⁹⁾.

La primera fórmula que se propuso fue desarrollada por DuBois en 1915, quien, siguiendo las tendencias actuales del momento, incluyó la superficie corporal junto con el peso y la talla. Sin embargo, la irrupción de los estudios de Harris y Benedict⁽¹⁰⁰⁾, tan solo 4 años después, provocaron que no tuviese demasiado éxito. La fórmula publicada por Harris y Benedict sigue siendo hoy día una de las más utilizadas, debido tanto a su sencillez, como al apoyo científico. Así, a pesar de que el propio Benedict afirmó que su ecuación tendía a sobreestimar el GER, en especial en mujeres jóvenes, los resultados recogidos por Frankenfield evidencian que es la que presenta mejores resultados en varones blancos con normopeso con edades comprendidas entre los 16 y 63 años, y en mujeres de 15 a 74 años⁽³⁴⁾.

Posteriormente surgieron numerosas fórmulas predictivas, entre las que destacan las presentadas por la FAO⁽²⁴⁾ en los años 50: unas sencillas ecuaciones de regresión lineal que permitían predecir el gasto únicamente teniendo en cuenta el peso del sujeto. Así mismo, destacan los trabajos llevados a cabo por el grupo de Quenouille⁽¹⁰¹⁾ en 1951, quienes

incluyeron por primera vez personas pertenecientes a los trópicos y orientaron sus investigaciones al estudio del efecto de la etnia y del clima en el GER⁽¹⁰²⁾. Aunque la ecuación desarrollada por su equipo no ha sido muy utilizada, sus resultados fueron tenidos en cuenta para el trabajo desarrollado por Schofield⁽¹⁰³⁾. Fue éste quien en 1985 desarrolló, a partir de los datos de más de 7.000 sujetos, la ecuación que a día de hoy es propuesta como modelo de estimación del GER por la OMS en su revisión sobre el cálculo de los requerimientos energéticos⁽³⁹⁾. En la actualidad es la ecuación más utilizada en la práctica clínica, aunque ha sido frecuentemente debatida por investigadores como Henry, que afirman que sobreestima el GER en determinados grupos de población, posiblemente debido a limitaciones propias de la base de datos, como es el escaso número de sujetos mayores de 60 años o el desproporcionado número de varones italianos con un metabolismo mayor por kg que la media de otros grupos étnicos, como los pertenecientes a los trópicos que quedan pobremente representados⁽³⁰⁾.

Más recientemente, en 2002, el *Institute of Medicine* (IOM) desarrolló nuevas ecuaciones⁽⁸⁸⁾. Este trabajo vino a dar respuesta a la predicción del GET en numerosas situaciones que quedaban fuera del alcance de la mayoría de modelos predictivos. Así, por ejemplo, incluye fórmulas específicas para obesidad en la etapa adulta y la infancia, o para diferentes etapas fisiológicas, como el embarazo o la lactancia, en las que hasta este momento no se había profundizado.

El estado nutricional del individuo puede afectar notablemente al GER⁽⁵⁵⁾. Sin embargo, a lo largo de la literatura lo más habitual es el uso de poblaciones mixtas para el desarrollo de las ecuaciones (normopeso, sobrepeso, obesidad...). Otra de las ecuaciones más conocidas de este tipo es la desarrollada por Mifflin St. Jeor⁽¹⁰⁴⁾ en sujetos con normopeso, sobrepeso, obesidad y obesidad mórbida. En este estudio no se tuvo en cuenta de forma específica la etnia, y había una baja representación de personas mayores; sin embargo, son numerosas las publicaciones que recomiendan su uso en individuos con obesidad⁽¹⁰⁵⁻¹⁰⁷⁾. También destaca por su uso en sujetos con obesidad la fórmula de Owen^(108, 109). Sin embargo, en este caso, la literatura es más controvertida en relación a la recomendación de su uso^(107, 110, 111). Al igual que Mifflin St. Jeor⁽¹⁰⁴⁾, Owen^(108, 109) desarrolló su ecuación en individuos con normopeso, sobrepeso y la obesidad, aunque de nuevo no había una adecuada representación de personas mayores. En relación a este último grupo, los trabajos de Frankenfield⁽¹¹²⁾ evidencian que ambas ecuaciones no son adecuadas para adultos mayores. En general, son numerosas las investigaciones que concluyen que, dados los resultados de las fórmulas predictivas actuales para con estos individuos, es necesaria la utilización de la calorimetría indirecta⁽¹¹³⁻¹¹⁹⁾.

En la actualidad, dado el incremento de la población con sobrepeso u obesidad, la tendencia es a buscar la validación de ecuaciones específicas para estas poblaciones⁽¹²⁰⁾. Sin embargo, el desarrollo de fórmulas cada vez más específicas, hace que la generalización del uso de todas ellas sea cada vez más complicada.

Puesto que los modelos predictivos son la técnica más sencilla y universal para predecir el gasto de un sujeto, lo ideal sería contar con una ecuación que, siendo válida para individuos sanos, pudiese ser utilizada también en otros estados nutricionales, como el sobrepeso o la obesidad. Esto llevaría a simplificar su uso, ya que dotar a los clínicos de una herramienta rápida y adecuada para estimar el gasto de sus pacientes, les permitiría un mejor ajuste en su planificación nutricional y, por tanto, unos mejores resultados.

3 JUSTIFICACIÓN

3. JUSTIFICACIÓN

El ambiente en el que vivimos actualmente ha cambiado nuestra forma de enfermar, tal como demuestra la evidencia científica^(1, 2). El progresivo desequilibrio entre ingesta y gasto en la población ha desencadenado un preocupante incremento de la prevalencia de patologías crónicas no transmisibles propias, hasta hace poco, de países desarrollados^(3, 4). A principios del siglo XXI la Organización Mundial de la Salud (OMS)⁽¹²¹⁾ documentó que estas enfermedades fueron responsables en 2001 de cerca del 60% de las causas de fallecimiento a nivel mundial, del 46% de la carga de morbilidad mundial y de hasta el 75% del gasto público sanitario. El deterioro de la salud de la población, junto con el enorme coste sanitario derivado de enfermedades relacionadas con la alimentación y el sedentarismo, como la obesidad, la DM, las dislipemias o la aterosclerosis, sitúan como objetivo prioritario de los gobiernos la búsqueda de tratamientos dirigidos a conseguir el equilibrio energético y nutricional. Sin embargo, los datos epidemiológicos demuestran la clara ineficacia de las actuales intervenciones terapéuticas en patologías de alta prevalencia⁽⁶⁾.

La mayoría de los trabajos que abordan el equilibrio energético concluyen que individualizar los tratamientos es la clave del éxito en el mantenimiento del balance energético. Para ello es fundamental una adecuada estimación del gasto energético, tanto para el diagnóstico, como para diseñar el tratamiento y evaluar su eficacia⁽³⁴⁾.

Las técnicas de referencia en la determinación del gasto energético son difícilmente aplicables en la práctica clínica diaria, por lo que los modelos predictivos son los métodos más ampliamente utilizados. Desde la primera ecuación propuesta por DuBois se han desarrollado numerosos modelos que pretenden estimar el gasto energético de forma rápida, barata, sencilla y, sobre todo, lo más exacta posible. Sin embargo, es evidente que, 100 años después, este ambicioso objetivo sigue siendo una utopía^(30, 120, 122-124). Tras la aceptación generalizada de ecuaciones clásicas como la de Harris-Benedict⁽¹⁰⁰⁾ o Schofield⁽¹⁰³⁾, la tendencia es desarrollar ecuaciones en grupos de población cuyas características y/o patologías limitan su aplicación en población general.

Por ello se diseñó el presente trabajo, con objeto de revisar los actuales modelos predictivos de estimación del gasto analizando el grado de concordancia entre el gasto energético determinado por calorimetría indirecta con el obtenido a partir de los modelos teóricos más utilizados en la práctica clínica en un grupo de adultos sanos. También se propone una

nueva ecuación predictiva para la estimación del gasto energético en población adulta sana española.

4 OBJETIVOS

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

- Evaluar el grado de concordancia entre el valor del gasto energético en reposo estimado por calorimetría indirecta con el predicho por los modelos teóricos más utilizados en la práctica clínica en un grupo de adultos sanos.

4.2. Objetivos Específicos

1. Estudiar y comparar el gasto energético estimado por calorimetría indirecta de un grupo de sujetos sanos y de un grupo de sujetos con $IMC \geq 25 \text{kg/m}^2$.
2. Examinar la concordancia entre la determinación del gasto energético basal por calorimetría indirecta y su cálculo a partir de modelos teóricos de estimación en un grupo de sujetos sanos.
3. Desarrollar un modelo teórico de predicción del GER en un grupo de sujetos sanos.
4. Evaluar el comportamiento del modelo teórico desarrollado en sujetos con $IMC \geq 25 \text{kg/m}^2$.

5 MATERIAL Y MÉTODOS

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 Diseño del estudio

Se ha realizado un estudio descriptivo observacional transversal en el Área de Nutrición y Bromatología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Valladolid, entre septiembre de 2011 y junio de 2013.

5.2 Cronograma

En la Figura 6 se recogen de forma gráfica las fases más importantes del estudio.



Figura 6: Cronograma de desarrollo del estudio.

5.3 Muestra

5.3.1 Población de estudio

La población objeto de estudio estuvo formada por sujetos sanos residentes de Valladolid capital y provincia, con edades comprendidas entre los 19 y 66 años en la fecha de recogida de los datos. En base a estos criterios, la población se estimó a partir de los datos facilitados por el Instituto Nacional de Estadística, a fecha 1 de mayo de 2011, siendo de 341.682 sujetos.

5.3.2 Selección de la muestra

El tamaño muestral de sujetos con normopeso, estimado para un CCI esperado de 0,850, una confianza del 95% y un error máximo del 0,10, fue de 80 individuos. Se añadió un 10% por posibles pérdidas, por lo que el tamaño necesario final fue de 88 sujetos.

Se seleccionaron consecutivamente los voluntarios que con un IMC de entre 18,5 y 24,9 kg/m², cumplieran los criterios de inclusión, procurando obtener estratos homogéneos por edad y sexo.

Los criterios de inclusión fueron:

- Sujetos sanos.
- Que den su consentimiento a participar en el estudio, cumplimentando y firmando el impreso de consentimiento informado (Anexo I).
- Que acepten cumplir con las normas del estudio.

Fueron excluidos del estudio aquellos sujetos que:

- No perteneciesen a la población de estudio.
- Presentasen algún tipo de enfermedad que pudiese afectar al metabolismo energético.
- No accediesen a participar voluntariamente.

5.3.3 Muestra

La muestra estuvo formada por 95 sujetos de entre 19 y 65 años en situación de normopeso, con la siguiente distribución por sexo y edad:

De 19 a 29,9 años: (25) 11 varones y 14 mujeres.

De 30 a 39,9 años: (20) 12 varones y 8 mujeres.

De 40 a 49,9 años: (18) 7 varones y 11 mujeres.

De 50 a 59 años: (19) 9 varones y 10 mujeres.

De 60 a 65 años: (13) 6 varones y 7 mujeres.

Con objeto de analizar el comportamiento de los diferentes modelos de estimación, también se estudiaron 39 sujetos con sobrepeso u obesidad, 22 varones y 17 mujeres, de los que el 76,9% (20 varones y 10 mujeres) presentaron sobrepeso y el 23,1% restante (2 varones y 7 mujeres), obesidad. La distribución del grupo por edad fue:

De 19 a 29,9 años: 7 sujetos.

De 30 a 39,9 años: 9 sujetos.

De 40 a 49,9 años: 7 sujetos.

De 50 a 59 años: 9 sujetos.

De 60 a 65 años: 7 sujetos.

5.4 Materiales

- *Antropometría*: se utilizaron materiales antropométricos validados:

- Peso: báscula SECA (Hamburgo, Alemania), con una precisión de 100 g.
- Talla: tallímetro SECA (Hamburgo, Alemania), con una precisión de 0,1 cm.
- Perímetros: cinta antropométrica Fiberglass, flexible y no elástica de 1 mm de precisión.
- Marcador de puntos anatómicos: rotulador Edding 1200 azul.

- Pliegues: plicómetro Holtain (Harpenden, Dyfed, UK), de presión constante de 10 g/m² y 0,2 mm de precisión.
- *Tensión arterial*: Tensiómetro automático Omron (Hoofddorp, Holanda) HEM-711 de ±3 mm de Hg de precisión.
- *Bioimpedancia*: analizador de impedancia monofrecuencia, AKERN, modelo STA/BIA (AKERN, Pontassieve Firenze, Italia), utilizando electrodos de contacto marca AKERN, modelo Biatrodes (Pontassieve Firenze, Italia) de 46 x 17 mm. El margen de error del sistema fue <1% para la resistencia y <2% para la capacitancia (1/Xc).
- *Calorimetría indirecta*: calorímetro de mascarilla Fitmate, Wellness Technology (COSMED, Roma, Italia).

5.5 Métodos

5.5.1 Protocolo del estudio (recogida de datos)

Antes de comenzar con el protocolo, se verificó que los participantes cumplieran los criterios de inclusión, fueron informados del estudio y firmaron el consentimiento informado. La duración del estudio fue de 1 día para cada voluntario.

Los sujetos debían acudir tras 10-12 horas de riguroso ayuno, sin fumar y sin haber realizado ningún tipo de ejercicio el día anterior.

Se realizaron las siguientes pruebas:

- Entrevista personal con la dietista-nutricionista, en la que se recogió la historia clínico-nutricional del voluntario.
- Exploración física, que incluyó una valoración antropométrica.
- Bioimpedancia.
- Calorimetría indirecta (calorímetro de mascarilla).

5.5.2 Historia clínica-anamnesis

Los datos de la anamnesis y de la historia clínica nutricional se recogieron en una entrevista personal realizada por el dietista-nutricionista, aplicando un cuestionario de elaboración propia que incluía los siguientes aspectos (Anexo II):

- Antecedentes familiares: antecedentes de enfermedades crónicas no transmisibles (hipertensión arterial, diabetes mellitus, dislipemias, enfermedades cardiovasculares, obesidad).
- Antecedentes personales: patologías, diagnosticadas, presentes en el momento de la evaluación, posibles alergias y/o intolerancias y tratamientos farmacológicos actuales. También se recogió la evolución del peso en la etapa adulta y el peso habitual (peso estable en los últimos 2 años).
- Hábitos alimentarios: apetito, saciedad, patrón de ingestas y picoteos.
- Hábitos tóxicos: tabaco y alcohol (frecuencia y cantidad).
- Actividad física: hábitos de actividad diaria, actividad laboral y práctica de deporte.

5.5.3 Valoración antropométrica

Todas las medidas fueron realizadas por el mismo explorador, siguiendo los protocolos del NHANES⁽¹²⁵⁾ y de la OMS⁽¹²⁶⁾. Antes de realizar cada una de las determinaciones, todos los equipos fueron calibrados siguiendo las normas de los fabricantes. Todas las medidas se determinaron por triplicado, considerando el valor de la mediana de las tres determinaciones.

Peso corporal

Los sujetos se colocaron de pie, en ropa interior y descalzos, en el centro de la plataforma de la báscula, en posición estándar erecta, con las manos en los laterales del cuero, la mirada al frente y de espaldas al registro de medida, de manera que se distribuyese el peso por igual en ambas piernas. La lectura se realizó en el momento en el que el aparato mostraba un número estable.

Talla

Los voluntarios se colocaron de pie y descalzos sobre la plataforma del tallímetro, habiendo retirado previamente todos los complementos del pelo, con las piernas juntas y la espalda recta. Los talones juntos y los dedos de los pies apuntando ligeramente hacia fuera en un ángulo de 60°. Los talones, glúteos, espalda y región occipital debían contactar con el plano vertical del tallímetro, y la cabeza debía estar colocada según el plano de Frankfort. Se deslizaba la plataforma horizontal del tallímetro hasta contactar con la cabeza del sujeto, cuando éste realizaba una inspiración profunda, con presión suficiente como para comprimir el cabello.

Perímetros

Se midieron los siguientes perímetros con los sujetos en posición antropométrica (bipedestación y relajados).

- Braquial: se determinó en el lado derecho del cuerpo, en la línea media a nivel del punto equidistante entre el acromion y el olécranon, sin comprimir los tejidos blandos, con la cinta métrica perpendicular al eje longitudinal del brazo.
- Cintura: el antropometrista se colocó en el lado derecho del sujeto. Tras palpar la zona de la cadera y localizar el hueso ilíaco derecho de la pelvis, se marcó el punto de intersección entre la línea horizontal coincidente con el borde superior lateral del hueso ilíaco derecho y la línea axilar media. La medición se realizó extendiendo la cinta métrica alrededor de la cintura, en plano horizontal y al nivel de la marca realizada comprobando que la colocación de la cinta era paralela al suelo, y que no comprimía la piel. Se consideró riesgo metabólico si el perímetro de la cintura era mayor de 94 cm en varones y de 80 cm en mujeres⁽¹²⁷⁾.
- Cadera: medido en el punto de la cadera en que la circunferencia es máxima cuando los sujetos se encuentran en bipedestación.

Pliegues

Las mediciones se realizaron con los sujetos en posición antropométrica, en el lado derecho del cuerpo, colocando el plicómetro perpendicular al sentido del pliegue.

- Bicipital: el pliegue se tomó paralelo al eje longitudinal del brazo en la parte anterior del bíceps en el punto medio entre el acromion y el olecranon, con la articulación del hombro en leve rotación externa y con el codo extendido.
- Tricipital: determinado en la parte posterior del tríceps, en la línea media entre el acromion y el olécranon, paralelo al eje longitudinal del brazo. Misma posición que en el caso anterior.
- Subescapular: se midió en la espalda, en el punto inmediatamente inferior al ángulo de la escápula. El pliegue se debe tomar colocando el lipocalibre oblicuo, formando 45° con la línea horizontal (columna vertebral) y siguiendo las líneas de pliegues de la piel.
- Suprailíaco: se determinó por encima de la cresta ilíaca, en el eje perpendicular entre la axila y la cadera. El lipocalibre se debe posicionar en dirección oblicua, a 45°.
- Abdominal: el pliegue se midió a 5 cm del ombligo, paralelo al eje longitudinal del cuerpo.

Tensión arterial

Se determinó de acuerdo al protocolo de la Guía Española de Hipertensión Arterial⁽¹²⁸⁾, en el brazo derecho, con el paciente relajado, sentado, garantizando el reposo 5 minutos antes de la medida, retirando las prendas de ropa del brazo sin que lo compriman, ajustando el manguito sin holgura, colocando el centro de la marca del manguito de modo que coincida con la arteria braquial. Se tomaron dos medidas, separadas entre ellas un minuto. En caso de que se obtuviera una variación mayor de 5 mm de Hg entre ellas, se tomó una tercera. Se ha empleado el valor promedio de las medidas.

5.5.4 Índices antropométricos derivados

Porcentaje de peso habitual (%PH): se calculó mediante la fórmula:

$$\%PH = [\text{Peso actual (kg)} / \text{Peso habitual (kg)}] \times 100$$

Se consideró como peso habitual el peso estable mantenido en los últimos cinco años. Para su catalogación, se siguió la siguiente clasificación reflejada en la Tabla 1:

Tabla 1: Valoración del estado nutricional en función del porcentaje de peso habitual.

Catalogación nutricional	% Peso Habitual
Obesidad (en función de situación previa)	>120%
Sobrepeso (en función de situación previa)	110 – 120%
Normalidad	96 – 109%
Desnutrición leve	85 – 95%
Desnutrición moderada	75 – 84%
Desnutrición grave	<75%

Modificado de: Planas, M, et al.⁽¹²⁹⁾

Índice de masa corporal (IMC) (en kg/m²): este parámetro se considera de mayor interés epidemiológico como indicador de la adiposidad. Se calculó a partir de la fórmula de Quetelet⁽¹³⁰⁾:

$$\text{IMC (kg/m}^2\text{)} = \text{Peso (kg)} / [(\text{Talla})^2 \text{ (m}^2\text{)}]$$

La catalogación del IMC, se realizó siguiendo la clasificación de la OMS de 2004 (Tabla 2).

Tabla 2: Catalogación nutricional internacional para adultos en base al IMC.

Clasificación	IMC (kg/m ²)
Desnutrición	< 18,50
Desnutrición severa	<16,00
Desnutrición moderada	16,00 – 16,99
Desnutrición leve	17,00 – 18,49
Normalidad nutricional	18,50 – 24,99
Sobrepeso	25,00 – 29,99
Obesidad	≥30,00
Obesidad tipo I	30,00 – 34,99
Obesidad tipo II	35,00 -39,99
Obesidad tipo III	≥40,00

Modificada de OMS⁽¹³¹⁾

Índice cintura/cadera (ICC): calculado a partir de la relación entre el perímetro de la cintura y el perímetro de la cadera, del modo:

$$\text{ICC} = \text{Perímetro de la cintura (cm)} / \text{Perímetro de la cadera (cm)}$$

Se consideró riesgo metabólico si el ICC era mayor o igual a 0,90 en varones y a 0,85 en mujeres⁽¹³²⁾.

5.5.5 Determinación de la Bioimpedancia

Los análisis se realizaron a primera hora de la mañana, en ayunas, después de que los sujetos hubieran orinado. Todas las bioimpedancias fueron realizadas por el mismo explorador.

El método de medida se estandarizó de acuerdo al protocolo de Lukaski⁽¹³³⁾: el paciente permaneció tumbado en decúbito supino sobre una superficie plana de material no conductor, con los brazos ligeramente separados del cuerpo (formando aproximadamente un ángulo de 30° con el mismo), con las piernas separadas de tal forma que los tobillos distasen al menos 20 cm, e idealmente sin contacto entre los muslos. Los pacientes permanecieron vestidos, a excepción de zapatos y calcetines, y se despojaron de cualquier objeto metálico que llevaran.

Se colocó uno de los electrodos señal (por los que se introduce la corriente) en la muñeca (en la línea media entre los procesos estiloides) y otro en el tobillo (en la línea media entre los maleolos). El segundo set de electrodos (detectores, los que recogen el voltaje) se colocaron a 5 cm de los electrodos señal en las líneas metacarpofalángica y metatarsfalángica, respectivamente. Antes de la aplicación de los electrodos, se limpió la piel con alcohol. Las medidas se tomaron entre la muñeca y el tobillo ipsilateral, en el lado derecho del cuerpo.

5.5.6 Estimación de la composición corporal

4.5.6.1. Estimación de la composición corporal por antropometría

A partir del sumatorio de los pliegues bicipital, tricipital, subescapular y suprailíaco se calculó la densidad corporal (DC), aplicando las ecuaciones de Durnin y Womersley⁽¹³⁴⁾:

Varones (17-19 años): $DC = 1,1620 - 0,0630 \log \Sigma \text{ pliegues}$

Varones (20-29 años): $DC = 1,1631 - 0,0632 \log \Sigma \text{ pliegues}$

Varones (30-39 años): $DC = 1,1422 - 0,0544 \log \Sigma \text{ pliegues}$

Varones (40-49 años): $DC = 1,1620 - 0,0700 \log \Sigma \text{ pliegues}$

Varones (> 50 años): $DC = 1,1715 - 0,0779 \log \Sigma \text{ pliegues}$

Mujeres (17-19 años): $DC = 1,1549 - 0,0678 \log \Sigma \text{ pliegues}$

Mujeres (20-29 años): $DC = 1,1599 - 0,0717 \log \Sigma \text{ pliegues}$

Mujeres (30-39 años): $DC = 1,1423 - 0,0632 \log \Sigma \text{ pliegues}$

Mujeres (40-49 años): $DC = 1,1333 - 0,0612 \log \Sigma \text{ pliegues}$

Mujeres (> 50 años): $DC = 1,1339 - 0,0645 \log \Sigma \text{ pliegues}$

Para el cálculo del porcentaje de masa grasa se utilizó la fórmula de Siri⁽⁵⁶⁾:

$$MG (\%) = [(4,95 / \text{Densidad Corporal}) - 4,5] 100$$

El porcentaje de masa libre de grasa se estimó mediante la diferencia:

$$MLM (\%) = 100 - MG (\%)$$

5.5.6.2. Estimación de la composición corporal por Bioimpedancia

A partir de los datos generados durante el análisis de la impedancia, se calculó la composición corporal de los pacientes, utilizando la ecuación de Kyle⁽¹³⁵⁾.

$$MLG = (-4,104) + [0,518 (T^2 / R)] + (0,273 P) + (0,130 Xc) + (4,229 S)$$

Dónde: MLG: masa corporal libre de grasa (kg); T: altura (cm); R: resistencia (Ω); Xc: reactancia (Ω); P: peso (kg); y S: sexo (1 para los varones y 0 para las mujeres).

5.5.6.3. Catalogación de los sujetos en base a su composición corporal

La clasificación de los sujetos teniendo en cuenta su composición corporal se realizó siguiendo los valores recogidos por el estudio de Kyle (2001)⁽¹³⁶⁾ para población caucásica sana del oeste de Europa⁽¹³⁶⁾. Los valores se recogen en las Tablas 3, 4 y 5.

Tabla 3: Estándares de referencia de la MG (kg) para la población caucásica adulta sana.

Sexo y edad		Media	SD	Percentiles				
				p5	p25	p50	p75	p95
Varones	15–24 años	11,6	4,3	6,8	8,5	11,0	13,9	20,1
	25–34 años	14,0	5,0	5,7	10,5	13,2	17,0	22,9
	35–44 años	15,2	5,6	7,1	11,1	14,8	18,5	25,0
	45–54 años	15,4	5,5	7,0	11,2	15,1	18,7	25,0
	55–64 años	17,0	6,3	7,8	11,9	16,8	21,2	26,9
	65–74 años	18,6	5,1	7,9	13,7	17,6	22,7	30,8
Mujeres	15–24 años	15,6	4,5	9,5	12,6	15,0	18,2	24,1
	25–34 años	15,8	5,0	8,7	12,4	15,3	18,5	24,4
	35–44 años	15,9	5,3	8,9	12,3	15,2	18,8	25,4
	45–54 años	17,2	6,0	8,7	13,1	16,8	20,5	25,6
	55–64 años	20,5	6,3	11,2	16,1	20,4	24,2	31,3
	65–74 años	23,7	7,3	11,5	18,1	23,0	28,3	36,3

Modificada de Kyle (2001)⁽¹³⁶⁾

Tabla 4: Estándares de referencia de la MG (%) para la población caucásica adulta sana.

Sexo y edad		Media	SD	Percentiles				
				p5	p25	p50	p75	p95
Varones	15–24 años	16,2	4,5	9,3	13,1	16,0	18,7	24,4
	25–34 años	18,5	4,8	11,0	15,2	18,2	21,9	26,8
	35–44 años	19,7	5,3	11,0	16,1	19,5	23,2	28,1
	45–54 años	20,3	5,1	11,8	16,5	20,3	23,8	28,7
	55–64 años	22,1	6,0	12,0	17,7	22,8	26,4	30,6
	65–74 años	24,0	5,2	14,6	19,8	24,2	27,6	32,6
Mujeres	15–24 años	26,4	6,6	19,0	23,0	26,3	29,7	34,9
	25–34 años	26,4	4,8	17,7	22,8	26,5	29,8	35,4
	35–44 años	26,6	5,4	17,8	22,7	26,4	29,9	35,9
	45–54 años	27,7	5,6	18,0	23,3	27,9	32,0	36,5
	55–64 años	32,1	6,0	21,4	28,3	32,5	36,0	40,5
	65–74 años	35,3	5,8	24,4	31,4	36,0	39,9	44,4

Modificada de Kyle (2001)⁽¹³⁶⁾

Tabla 5: Estándares de referencia de la MLG (kg) para la población caucásica adulta sana.

Sexo y edad	Media	SD	Percentiles					
			p5	p25	p50	p75	p95	
Varones	15–24 años	58,5	5,4	49,4	54,7	58,6	62,4	67,5
	25–34 años	60,2	5,5	51,3	56,5	60,3	63,6	69,2
	35–44 años	60,3	5,8	51,4	56,5	59,8	63,7	70,7
	45–54 años	58,6	5,1	51,4	55,3	58,1	61,6	67,7
	55–64 años	58,2	5,5	50,4	54,0	58,1	61,6	67,7
	65–74 años	57,3	5,8	48,9	53,2	56,9	61,1	66,4
Mujeres	15–24 años	42,6	4,1	36,2	39,9	42,4	45,0	49,9
	25–34 años	42,9	4,1	36,9	39,9	42,6	45,5	49,6
	35–44 años	42,8	4,0	36,3	40,0	42,6	45,4	49,5
	45–54 años	43,3	4,7	36,2	40,2	43,2	45,7	50,7
	55–64 años	42,3	4,6	35,7	38,7	42,2	44,8	50,8
	65–74 años	41,9	5,1	34,0	38,4	42,3	45,5	49,8

Modificada de Kyle (2001)⁽¹³⁶⁾

5.5.7 Determinación del GER

La determinación del gasto energético en reposo se realizó mediante calorimetría indirecta y a través de modelos predictivos.

5.5.7.1. Calorimetría indirecta

Se utilizó el calorímetro de mascarilla FitMate^{GS} (Cosmed, Roma, Italia). Es un calorímetro indirecto portátil de circuito abierto, que permite la determinación del consumo de O₂ pero no de la producción de CO₂, y que, por tanto, no permite calcular el cociente respiratorio (RQ) ni estimar la oxidación de sustratos. A partir del consumo de O₂, utilizando un valor de RQ promedio estándar (RQ=0,85), calcula el gasto energético, aplicando la ecuación de Weir abreviada⁽⁹⁵⁾.

$$\text{GER (kcal)} = [1.106 \times \text{VCO}_2 \text{ (litros)} + 3,941 \times \text{VO}_2 \text{ (litros)}]$$

El equipo realiza un autocalibrado durante 20 segundos antes de cada medición. Un flujómetro de turbina digital bidireccional de 18 mm de diámetro, localizado en la salida de la mascarilla, mide el volumen de ventilación por minuto, con un rango de ventilación de 0 a 50 l/min, una resistencia de flujo menor a 0.7 cmH₂O/l/s@ 3l/s y una precisión del ±2%. Un analizador de oxígeno tipo GFC (celda galvánica) mide la fracción de oxígeno en los gases

expirados, con un rango de medición de 0 a 25% y una precisión de $\pm 0.02\%$. El equipo dispone de sensores que miden la temperatura y la presión.

Los participantes en el estudio acudieron al centro en ayunas de 10-12 h, sin haber realizado ningún tipo de actividad física intensa en las últimas 24 horas. Se aconsejó a los sujetos fumadores que se abstuvieran de fumar durante ese período. Se controló la temperatura de la habitación, que fue constante y de 22°C. Los sujetos se colocaron en una camilla, en decúbito supino y con la cabeza ligeramente incorporada. Inicialmente se realizaron determinaciones útiles de 15 minutos, durante los cuales se hace un registro cada 30 segundos. En los casos en los que se produjo algún error durante la medida, se dejaron 10 minutos de descanso y se repitió el procedimiento. Se tomó como registro válido aquel en el que no se hubieran detectado errores.

5.5.7.1.1. Estudio de la variabilidad del Fitmate

Puesto que la variable principal del trabajo fue el gasto energético en reposo, se realizó un estudio de la variabilidad del equipo de calorimetría indirecta empleado para su estimación en el grupo total (sujetos con normopeso y con $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$).

- Se analizó el coeficiente de variación (CV) entre sujetos de las variables “consumo de oxígeno”, “concentración media de oxígeno en el aire expirado”, “variación registrada durante la medida para la ventilación” y “variación registrada durante la medida del consumo de oxígeno”.
- Puesto que el equipo empleado trabaja con un RQ constante de 0,84, se evaluaron las posibles variaciones del GER en función de los distintos valores posibles de RQ dentro del rango fisiológico (entre 0,7 y 1,0).
- Por otro lado, se estudió la variación del GER en función de los posibles errores en la estimación del consumo de oxígeno, dentro de los márgenes de precisión del equipo.
- Finalmente, se analizó si existía una asociación entre la variable “consumo de oxígeno” y la “variación registrada durante la medida del consumo de oxígeno”, mediante regresión lineal.

5.5.7.2. Modelos predictivos

Las fórmulas predictivas son el modo más sencillo y barato para la estimación del GER, lo que hace que también sea el más utilizado en la práctica clínica. Existen numerosas fórmulas predictivas diferentes, aunque muchas de ellas se han desarrollado en pequeñas poblaciones y presentan baja reproductibilidad. La OMS, en su informe de 2004, se decantó por aplicar el modelo de Schofield⁽³⁹⁾.

5.5.7.2.1 Selección de los modelos de estimación del GER

Con objeto de escoger los modelos predictivos más adecuados para la población de estudio, se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica. Se localizaron un total de 55 fórmulas predictivas, de las cuales, se mantuvieron las que se basaban en el peso, la talla, la edad, el sexo y/o la composición corporal (MLG y MG), excluyéndose todas las que tenían en cuenta otros parámetros como la superficie corporal. También fueron excluidas las fórmulas desarrolladas para pacientes con patologías y/o niños y aquellas cuya validación se realizó a partir de otras fórmulas, aceptándose solo las que utilizaron la calorimetría indirecta.

Finalmente, fueron 40 las ecuaciones que se estudiaron de forma analítica, seleccionándose los mejores modelos en base a los criterios recogidos en la Tabla 6. La aceptación de la fórmula requería del cumplimiento de los tres criterios.

Tabla 6: Criterios de selección de las fórmulas predictivas para la estimación del GER.

Coeficiente de correlación intraclase	Siguiendo los criterios de Fleiss ⁽¹³⁷⁾ se seleccionaron aquellas fórmulas que obtuvieron un $CCI \geq 0,7$.
Prueba de Bland Altman	Se seleccionaron aquellos modelos para los que no se observara ninguna tendencia lineal de la nube de dispersión de puntos (pendiente de la relación lineal entre la media y la diferencia próxima a cero).
Población	La población en la que se desarrolló la ecuación fue similar a la del presente estudio (edad, sexo, raza e IMC)

5.5.7.2.2 Construcción de un nuevo modelo predictivo para la estimación del GER

Una vez analizado el comportamiento de las ecuaciones seleccionadas mediante revisión bibliográfica, se planteó el desarrollo de una nueva fórmula predictiva para estimar el gasto energético en reposo. Para ello se incluyeron en el modelo las variables que más frecuentemente forman parte de las fórmulas predictivas del GER: sexo, edad, peso, talla y composición corporal (masa libre de grasa y masa grasa, tanto en kilogramos como en porcentaje).

La fórmula se obtuvo mediante regresión lineal múltiple, utilizando como criterios analíticos la Cp de Mallows y el R^2 ajustado.

Finalmente se verificó estudió el comportamiento de la ecuación seleccionada en la muestra total. También se analizó su comportamiento en el grupo con $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$, aplicando los dos primeros criterios descritos en la Tabla 6.

5.6 Análisis estadístico

La normalidad de la distribución de las variables se evaluó con los *tests* de Kolmogorov-Smirnov y de Shapiro Wilk. La homogeneidad de varianzas se analizó con el *test* de Levene. Las variables normales cuantitativas se describieron como media (intervalo de confianza al 95%, -95% IC-; o desviación estándar -DS-) y las no paramétricas como mediana (percentil 5–percentil 95). Las variables cualitativas y los recuentos se describieron como frecuencia absoluta y relativa (n, %).

Las comparaciones de las variables cuantitativas de 2 muestras independientes (variables antropométricas, de composición corporal y GER) en función del sexo se realizaron con los *tests* T-Student, para variables con distribución normal, y U de Mann-Whitney, en el caso de las variables no paramétricas. Las comparaciones de las variables cuantitativas de muestras pareadas (variables de composición corporal por antropometría *versus* BIA y GER por calorimetría *versus* fórmulas predictivas) se evaluaron mediante la t-Student para medidas repetidas o la W de Wilcoxon, en función de la normalidad de las variables. La comparación de más de 2 medias independientes (variables antropométricas, de composición corporal y GER en función de la edad) se analizó mediante el análisis de la varianza (ANOVA) en el caso de variables paramétricas o el *test* de Kruskal-Wallis, si las variables no seguían una distribución normal. La comparación de más de 2 medias de muestras pareadas (variables

de composición corporal por antropometría *versus* BIA y GER por calorimetría *versus* fórmulas predictivas en función de la edad) se estudió mediante el ANOVA de medidas repetidas o la prueba de Friedman, en función de la normalidad de las variables.

En el estudio de la variabilidad del calorímetro, la relación entre el consumo de oxígeno y la variación del GER se analizó mediante regresión lineal.

La concordancia entre los distintos métodos se evaluó cuantitativamente mediante el coeficiente de correlación intraclase y su intervalo de confianza al 95% (IC 95%), y cualitativamente mediante el análisis de Bland-Altman.

El nuevo modelo predictivo para la estimación del GER se obtuvo mediante regresión lineal múltiple, empleando como criterios analíticos la Cp de Mallows y el R² ajustado.

El nivel de significación estadística se estableció en $p < 0,05$ para todos los análisis efectuados

6 RESULTADOS

6. RESULTADOS

6.1 Descripción de la muestra

6.1.1 Sujetos sanos (normopeso)

6.1.1.1. Características de la muestra

La edad media de los participantes en el estudio fue de 42 años (rango: 23 a 63 años). Todos estaban sanos en el momento en que se incorporaron al estudio. La Tabla 7 muestra las principales características recogidas en la anamnesis.

Tabla 7: Características de la muestra con normopeso.

	Varones (n=45)	Mujeres (n=50)	TOTAL (n=95)
Edad (años)	41,6 (13,0)	42,3 (13,7)	42,0 (23,0–63,2) [†]
Tensión sistólica (mm de Hg)	122,0 (104,3–171,4) [†]	111,0 (94,7–138,2) [†]	115,0 (96,8–160,4) [†]
Tensión diastólica (mm de Hg)	89,1 (14,1)	79,3 (8,3)	81 (10,8)
Alergias ambientales	26,7%	30,0%	28,4%
Alergias alimentarias	6,7%	2,0%	4,2%
Alergias a fármacos	4,4%	6,0%	5,3%

Las variables cuantitativas se expresan como media (SD).

[†]Mediana (p5–p95).

Respecto a la historia dietética (ver Anexo III), el 15,8% de los voluntarios reconoció haber seguido una dieta hipocalórica en alguna ocasión. La mayoría de los sujetos no presentó alteraciones en el ciclo hambre-saciedad, aunque el 22% de los participantes refirió tener apetito siempre, incluso después de comer, y un 7% no se saciaba nunca.

El patrón de ingestas de la muestra evaluada se refleja en la Figura 7. La mayoría de los voluntarios realizaba 4 ingestas al día; casi todos desayunaban y cenaban (96% y 98%,

respectivamente), alternando almuerzos y meriendas y el 100% de ellos comía a medio día (Figura 8). Casi la mitad de la muestra (44,7%) reconoció realizar algún picoteo entre las principales colaciones de los grupos de alimentos reflejados en la Figura 9.

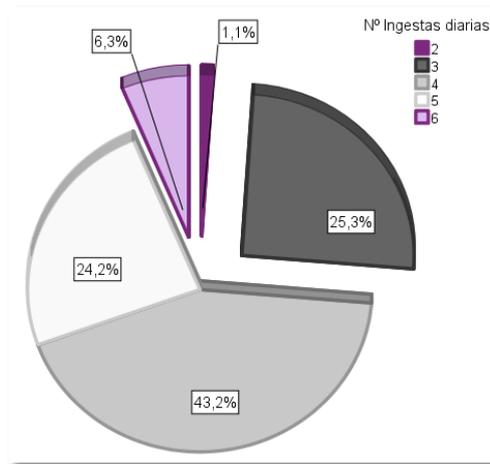


Figura 7: Número de ingestas al día.

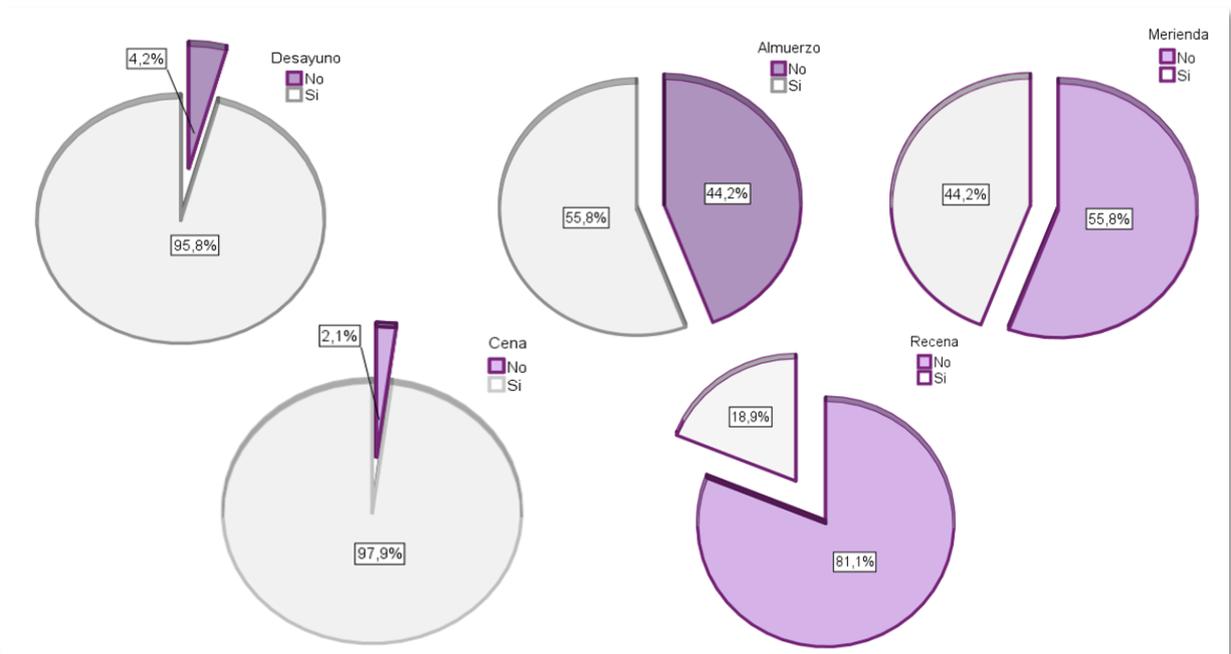


Figura 8: Ingestas realizadas al día por la muestra con normopeso.

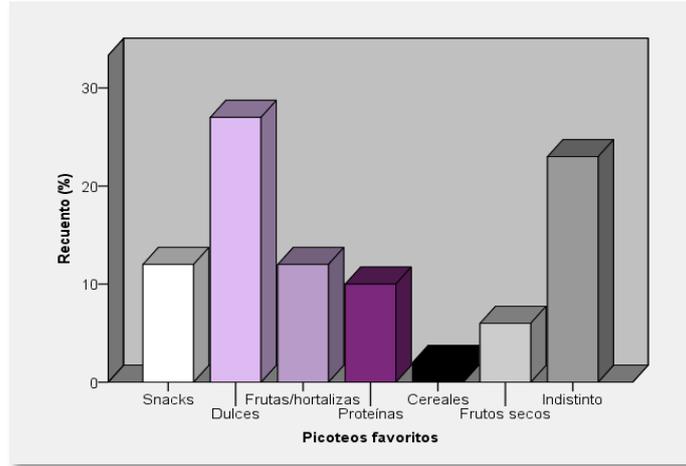


Figura 9: Alimentos más frecuentes en los picoteos de la muestra con normopeso.

En cuanto a los hábitos tóxicos, el 21,1% de los individuos eran fumadores (Figura 10), y sólo el 11,6% de los sujetos eran abstemios, aunque la mayoría de los voluntarios que declararon beber alcohol, lo hacía de forma ocasional (50,6%) (Figura 11).

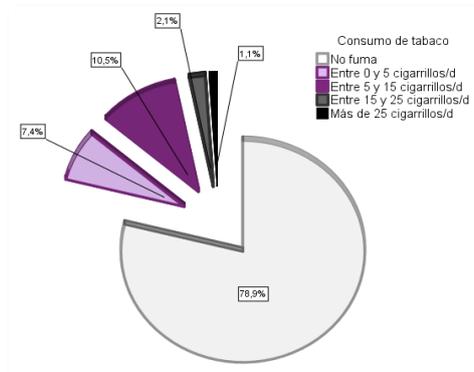


Figura 10: Consumo de cigarrillos al día de la muestra con normopeso.

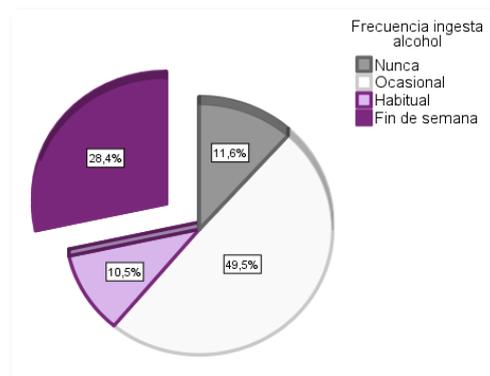


Figura 11: Frecuencia de consumo de alcohol de la muestra con normopeso.

Por último, respecto a la actividad física realizada por los participantes en el estudio, destaca que el 81,1% eran sedentarios, tal como se indica en las Figuras 12 y 13.

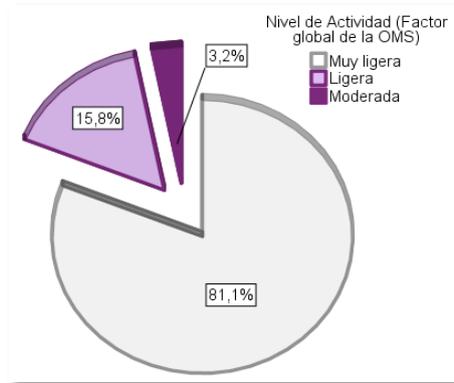


Figura 12: Nivel de actividad según el factor de actividad global de la OMS de la muestra con normopeso.

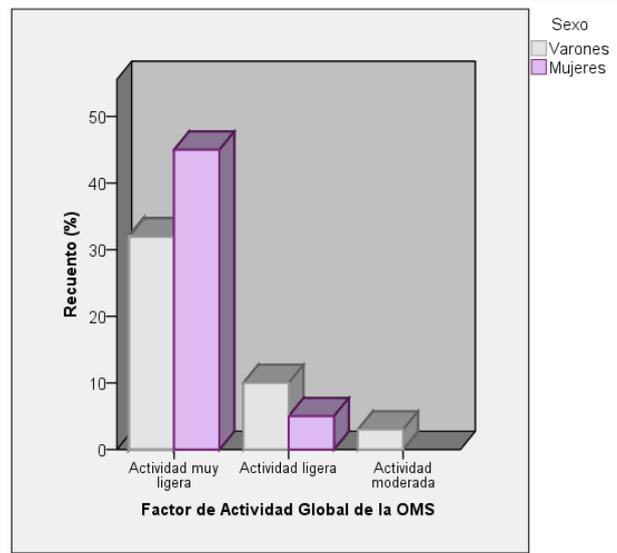


Figura 13: Nivel de actividad según el factor de actividad global de la OMS en función del sexo de la muestra con normopeso.

6.1.1.2. Catalogación nutricional y estimación de la composición corporal

El IMC medio fue de 22,16 kg/m² (1,9), siendo en todos los casos catalogado como normalidad nutricional. Sin embargo, al analizar el porcentaje de peso habitual se observó

que, aunque los valores medios indicaban normopeso, el percentil 95 situó al 5% de los sujetos en los límites del sobrepeso. Existen diferencias significativas en función del sexo para todos los parámetros antropométricos e índices derivados (Tabla 8).

Tabla 8: Parámetros antropométricos e índices derivados de los sujetos con normopeso.

PARÁMETROS ANTROPOMÉTRICOS E ÍNDICES DERIVADOS			
	Varones (n=45)	Mujeres (n=50)	TOTAL (n=95)
Peso actual (kg)	70,4 (7,3)*	58,7 (5,8)	64,3 (8,7)
% Peso habitual	98,5 (5,6)*	98,9 (93,4–107,1) [†]	100,0 (93,2–110,5) [†]
Talla (cm)	175,1 (6,8)*	163,0 (6,1)	168,7 (155,6–183,1) [†]
IMC (kg/m ²)	22,9 (1,7)*	22,1 (1,4)	22,2 (1,9)
Perímetro cintura (cm)	84,0 (6,0)*	75,7 (6,7)	79,6 (7,6)
Índice cintura/cadera	0,88 (0,06)*	0,79 (0,07)	0,84 (0,72–0,94) [†]

Resultados expresados como media (SD). [†]Mediana (p5–p95).

*p<0.05 varones vs mujeres.

El riesgo cardiovascular se estudió a partir del perímetro de la cintura y del índice cintura/cadera. Los datos medios de dichos indicadores indicaron ausencia de riesgo cardiovascular en el grupo [perímetro de la cintura: 79,7 cm (7,6); índice cintura/cadera: 0,84 (0,72–0,94)].

En cuanto a los valores individuales, sólo una mujer presentó riesgo cardiovascular atendiendo al valor del perímetro de la cintura (88,9 cm), mientras que, teniendo en cuenta los valores del ICC, 11 mujeres y 12 varones mostraron riesgo.

Para completar la catalogación nutricional de los sujetos se procedió al cálculo de su composición corporal mediante antropometría y bioimpedancia. No se encontraron

diferencias estadísticamente significativas en función del método empleado en la estimación de la composición corporal (antropometría *versus* BIA). Obviamente, los varones presentaron significativamente mayores valores de MLG (kg y %) y menores valores de MG (kg y %) que las mujeres (Tabla 9).

Tabla 9: Estimación de la composición corporal de la muestra con normopeso.

		COMPOSICIÓN CORPORAL		
		Varones (n=45)	Mujeres (n=50)	TOTAL (n=95)
Antropometría	MLG	(kg) 54,4 (5,9)*	38,6 (3,5)	46,0 (34,2 – 63,9) [†]
	MLG	(%) 77,2 (5,4)*	65,6 (3,8)	73,2 (8,0)
	MG	(kg) 16,2 (4,6)*	20,3 (3,1)	16,9 (4,8)
	MG	(%) 22,8 (5,4)*	34,4 (3,8)	26,8 (8,0)
Bioimpedancia	MLG	(kg) 56,4 (4,3)*	40,4 (3,2)	46,2 (36,9 – 62,2) [†]
	MLG	(%) 79,7 (70,7 – 93,2)* [†]	69,2 (4,9)	74,6 (7,8)
	MG	(kg) 14,0 (5,7)*	18,2 (4,3)	16,2 (5,1)
	MG	(%) 20,3 (6,8 – 29,3)* [†]	30,8 (4,9)	25,4 (7,8)

Resultados expresados como media (SD). [†]Mediana (p5 – p95).

*p<0.05 varones vs mujeres.

Los datos antropométricos de la muestra estratificada por sexo y edad se reflejan en la Tabla 10. Aunque se observaron diferencias significativas globales en función de los grupos de edad para el peso, el perímetro de la cintura y el índice cintura/cadera, los valores no muestran una tendencia clara. Sin embargo, sí se encontró un mayor aumento en el IMC en los varones a partir de los 50 años y en las mujeres a partir de los 60 años, que no alcanzó la significación estadística.

La composición corporal de la muestra en función de la edad y el sexo, estimada por antropometría y bioimpedancia, se expone en la Tabla 11. Se observaron diferencias significativas en todas las variables de composición corporal estimadas por antropometría en los distintos grupos de edad, pero sólo para la masa libre de grasa (kg) estimada por BIA.

En la tabla 12 se recoge la catalogación de la composición corporal de los diferentes grupos de edad en relación a la población de referencia. La Figura 14 muestra la catalogación del porcentaje de masa grasa (estimado por BIA) de la muestra evaluada respecto a la población caucásica sana de referencia.

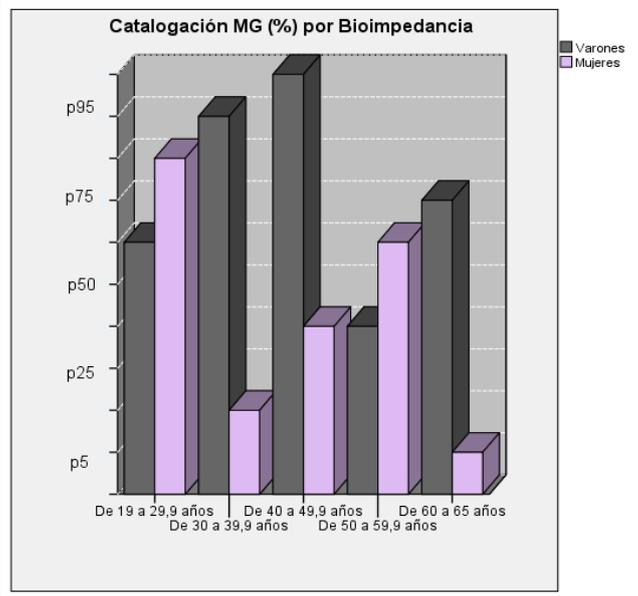


Figura 14: Catalogación del porcentaje de masa grasa por bioimpedancia de la muestra con normopeso respecto a la población de referencia.

Tabla 10: Descripción de la muestra con normopeso en función de la edad y el sexo.

PARÁMETROS ANTROPOMÉTRICOS E ÍNDICES DERIVADOS

	De 19 a 29,9 años			De 30 a 39,9 años			De 40 a 49,9 años			De 50 a 59 años			De 60 a 65 años		
	Varones (n=11)	Mujeres (n=14)	Total (n=25)	Varones (n=12)	Mujeres (n=8)	Total (n=20)	Varones (n=7)	Mujeres (n=11)	Total (n=18)	Varones (n=9)	Mujeres (n=10)	Total (n=19)	Varones (n=6)	Mujeres (n=7)	Total (n=13)
Peso actual (kg)*	70,8 (8,1)	59,2 (7,3)	64,3 (9,6)	71,2 (7,8)	60,2 (3,7)	66,8 (8,4)	66,1 (4,9)	60,4 (4,5)	62,6 (5,3)	72,6 (7,5)	56,8 (7,1)	64,3 (10,8)	69,6 (6,6)	56,4 (3,5)	62,5 (8,4)
% Peso habitual	99,8 (76,7 – 104,5) [†]	100,0 (93,1 – 103,4) [†]	99,8 (81,7 – 104,4)[†]	99,6 (4,2)	100,7 (97,1 – 101,4) [†]	100,6 (30,0 – 39,0)[†]	96,4 (5,8)	102,4 (4,2)	100,1 (5,6)	98,6 (4,7)	99,7 (4,4)	99,2 (4,5)	99,3 (6,4)	104,7 (7,1)	102,2 (7,1)
Talla (cm)	178,3 (4,2)	164,1 (6,5)	170,3 (9,0)	176,3 (8,3)	166,6 (4,1)	172,4 (8,4)	172,4 (5,1)	165,1 (5,2)	167,9 (6,2)	174,8 (6,9)	159,8 (6,3)	166,9 (10,0)	170,4 (7,4)	157,9 (3,6)	163,7 (8,4)
IMC (kg/m ²)	22,2 (1,6)	21,9 (1,6)	22,0 (1,6)	22,9 (1,6)	21,5 (19,8 – 22,4) [†]	22,4 (1,5)	22,3 (2,1)	22,2 (1,2)	22,2 (1,6)	23,8 (1,6)	22,2 (1,8)	22,9 (1,8)	23,9 (0,5)	22,6 (0,9)	23,2 (1,0)
Perímetro cintura (cm)*	81,54 (4,35)	72,8 (6,5)	76,6 (7,1)	82,66 (4,14)	77,5 (7,5)	81,5 (68,2 – 87,7)[†]	81,41 (7,31)	75,5 (5,6)	77,8 (6,8)	87,36 (6,51)	79,9 (63,0 – 80,0)*	83,1 (7,9)	89,00 (5,28)	74,9 (5,0)	81,4 (8,8)
ICC*	0,8 (0,1)	0,75 (0,05)	0,80 (0,01)	0,9 (0,0)	0,81 (0,07)	0,84 (0,05)	0,9 (0,1)	0,79 (0,07)	0,82 (0,07)	0,9 (0,1)	0,85 (0,04)	0,87 (0,05)	0,9 (0,1)	0,79 (0,07)	0,86 (0,09)

Resultados expresados como media (SD). [†]Mediana (p5 – p95). *p<0,05 entre grupos de edad.

Tabla 10: Descripción de la composición corporal de la muestra con normopeso en función de la edad y el sexo.

		COMPOSICIÓN CORPORAL															
		De 19 a 29,9 años			De 30 a 39,9 años			De 40 a 49,9 años			De 50 a 59 años			De 60 a 65 años			
		Varones (n=11)	Mujeres (n=14)	Total (n=25)	Varones (n=12)	Mujeres (n=8)	Total (n=20)	Varones (n=7)	Mujeres (n=11)	Total (n=18)	Varones (n=9)	Mujeres (n=10)	Total (n=19)	Varones (n=6)	Mujeres (n=7)	Total (n=13)	
Antropometría	MLG	(Kg)	60,02 (6,02)	42,26 (4,08)	50,07 (10,24)	57,85 (5,97)	42,60 (2,71)	51,75 (9,06)	51,56 (3,59)	39,87 (2,74)	44,42 (6,59)	54,01 (4,59)	36,08 (3,25)	44,58 (9,96)	51,00 (3,08)	35,77 (2,59)	42,80 (8,35)
		(%)	84,95 (3,21)	71,72 (4,01)	77,54 (7,61)	81,31 (2,56)	70,92 (4,58)	77,16 (6,23)	78,19 (5,61)	66,16 (4,25)	70,84 (7,63)	74,65 (5,38)	63,90 (3,35)	68,99 (6,99)	73,46 (2,81)	63,38 (2,22)	68,03 (5,76)
	MG	(Kg)	10,79 (3,08)	16,91 (4,06)	14,22 (4,74)	13,38 (2,65)	17,58 (3,50)	15,06 (3,61)	14,55 (4,27)	20,52 (3,65)	18,20 (4,82)	18,61 (5,22)	20,67 (4,13)	19,69 (11,35 – 26,25)**	18,63 (3,58)	20,67 (1,78)	19,49 (12,97 – 23,51)**
		(%)	15,05 (3,21)	28,28 (4,02)	22,46 (7,61)	18,69 (2,56)	29,08 (4,58)	22,84 (6,23)	21,81 (5,62)	33,84 (4,25)	29,16 (7,62)	25,35 (5,38)	36,10 (3,35)	31,01 (6,99)	26,54 (2,81)	36,62 (2,22)	31,97 (5,76)
Bioimpedancia	MLG	(Kg)	57,34 (3,30)	40,75 (3,18)	48,05 (8,98)	57,92 (5,11)	42,44 (3,04)	51,73 (8,89)	53,46 (3,36)	41,00 (2,83)	45,85 (6,91)	56,82 (4,12)	38,80 (3,38)	47,81 (9,96)	54,42 (4,56)	38,21 (2,30)	45,69 (9,06)
		(%)	81,63 (7,07)	69,44 (6,49)	74,81 (9,05)	81,62 (4,79)	70,62 (4,71)	77,22 (7,21)	81,14 (6,43)	68,06 (4,58)	73,14 (8,37)	78,66 (7,00)	69,92 (3,96)	74,29 (7,12)	78,25 (2,31)	67,78 (3,047)	72,61 (6,03)
	MG	(Kg)	13,47 (6,26)	18,42 (5,92)	16,25 (6,45)	13,31 (4,06)	17,74 (3,46)	15,08 (4,34)	12,65 (4,97)	19,39 (3,77)	12,78 (16,50)	15,80 (6,31)	16,97 (3,88)	16,39 (5,11)	15,21 (2,62)	18,22 (2,35)	16,83 (2,84)
		(%)	18,37 (7,07)	30,56 (6,49)	25,19 (9,04)	18,38 (4,79)	29,38 (4,71)	22,78 (7,21)	18,86 (6,43)	31,94 (4,58)	26,86 (8,37)	21,34 (7,00)	30,08 (3,96)	25,71 (7,12)	21,75 (2,31)	32,22 (3,05)	27,39 (6,03)

Resultados expresados como media (SD). †Mediana (p5 – p95). *p<0,05 entre grupos de edad.

Tabla 11: Catalogación de la composición corporal de la muestra con normopeso respecto a las tablas de referencia de Kyle⁽¹³⁶⁾.

		COMPOSICIÓN CORPORAL									
		De 19 a 29,9 años		De 30 a 39,9 años		De 40 a 49,9 años		De 50 a 59 años		De 60 a 65 años	
		Varones (n=11)	Mujeres (n=14)	Varones (n=12)	Mujeres (n=8)	Varones (n=7)	Mujeres (n=11)	Varones (n=9)	Mujeres (n=10)	Varones (n=6)	Mujeres (n=7)
Antropometría	(kg)	p50	p50	p5	>p95	<p5	>p95	p5-25	p25	<p5	>p95
	MLG	(%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	(kg)	p25-50	p50-75	p50	p25-50	p50-75	p25-50	p25-50	p50-75	p50-75	p25-50
	MG	(%)	p25-50	p50-75	p75	p5-25	>p95	p5-25	p50	p50-75	p75-95
Bioimpedancia	(kg)	p25-50	p25-50	<p5	>p95	<p5	>p95	p5-25	p25-50	<p5	>p95
	MLG	(%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	(kg)	p50-75	p75	p50-75	p25-50	p50-75	p25-50	p25-50	p50-75	p25-50	p25
	MG	(%)	p50-75	p75-95	p95	p5-25	>p95	p25-50	p25-50	p50-75	p75

6.1.2 Sujetos con sobrepeso y obesidad

6.1.2.1. Características de la muestra

La edad media de los sujetos de la muestra con IMC por encima 25 kg/m² fue de 45,2 años (rango 23-65). Aunque el 41,0% de los participantes refirió alguna enfermedad, ninguna de las recogidas (fundamentalmente problemas traumatológicos) era incompatible con la participación en el estudio. La Tabla 13 muestra las principales características de los voluntarios.

Tabla 12: Antecedentes de la muestra con IMC ≥ 25 kg/m².

ANTECEDENTES			
	Varones (n=22)	Mujeres (n=17)	TOTAL (n=39)
Edad (años)	42,6 (13,5)	48,7 (11,8)	45,2 (13,0)
Tensión sistólica (mm de Hg)	127,1 (16,2)	116,1 (17,7)	122,3 (17,5)
Tensión diastólica (mm de Hg)	88,0 (69,6 – 168,8) [†]	79,8 (9,8)	85,0 (68,0 – 111,0) [†]
Alergias ambientales	9,1%	29,4%	17,9%
Alergias alimentarias	9,1%	0,0%	5,1%
Alergias a fármacos	9,1%	5,9%	7,7%

Las variables cuantitativas se expresados como media (SD). [†]Mediana (p5 – p95).

El 38,5% de voluntarios con sobrepeso u obesidad reconocieron haber seguido una dieta hipocalórica en alguna ocasión, especialmente las mujeres (64,7%). En el momento del estudio ninguno de los sujetos realizaba ninguna dieta (Anexo III).

La mayoría de los sujetos no presentó alteraciones en el ciclo hambre-saciedad; sin embargo, el 25,6% de los participantes refirió tener hambre en cualquier momento del día, incluso después de comer, y un 12,8% dijo no saciarse nunca.

El número de ingestas diarias que realizaban los sujetos se refleja en la Figura 15. En este caso, a diferencia del grupo sano, la mayoría de sujetos realizaba 5 ó 6 ingestas al día; casi todos desayunaban y cenaban (92,3 y 94,9% respectivamente), y era más frecuente el almuerzo (70,6%) que la merienda (41,2%), sobre todo en el caso de las mujeres (Figura 16).

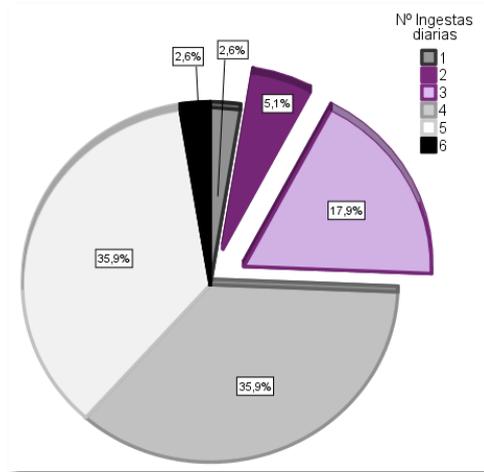


Figura 15: Número de ingestas para la muestra de sujetos con IMC ≥ 25 kg/m².



Figura 16: Tipo de ingestas para la muestra de sujetos con IMC ≥ 25 kg/m².

El 64,1% de los voluntarios reconoció picar entre horas, práctica más frecuente en las mujeres (70,6%) (Figura 17).

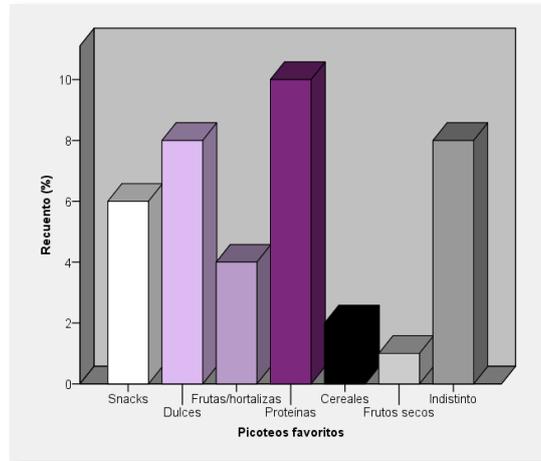


Figura 17: Alimentos más frecuentes en los picoteos en la muestra con IMC ≥ 25 kg/m².

En cuanto a los hábitos tóxicos, el 7,7% de los individuos eran fumadores, siendo mayor el porcentaje de mujeres fumadoras que el de varones (11,8% y 4,5% respectivamente) (Figura 18). Respecto al consumo de alcohol, aunque el 18% de los sujetos se declaró abstemio, al preguntar específicamente sobre la frecuencia del consumo de bebidas alcohólicas, el 20,5% declaró no consumirlas nunca. Del resto, la mayoría afirmaron consumir alcohol de forma ocasional o durante el fin de semana (43,6% y 20,5%, respectivamente) (Figura 19).

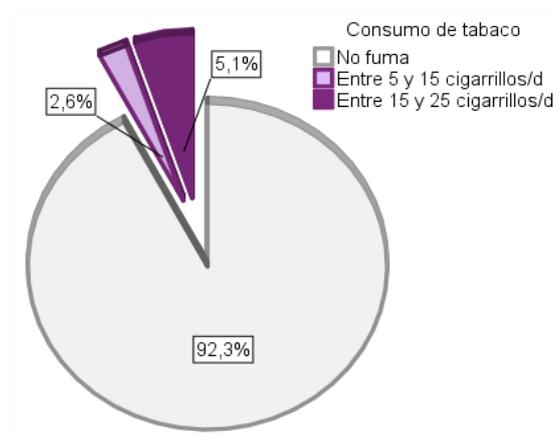


Figura 18: Hábito tabáquico entre los sujetos con IMC ≥ 25 kg/m².

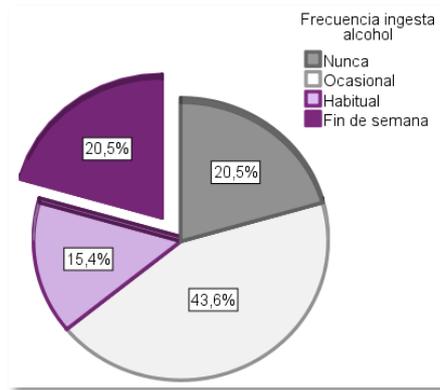


Figura 19: Consumo de alcohol de la muestra con IMC ≥ 25 kg/m².

Por último, en cuanto a la actividad física diaria, la mayoría de los sujetos eran sedentarios (82,1%) (Figuras 20 y 21)

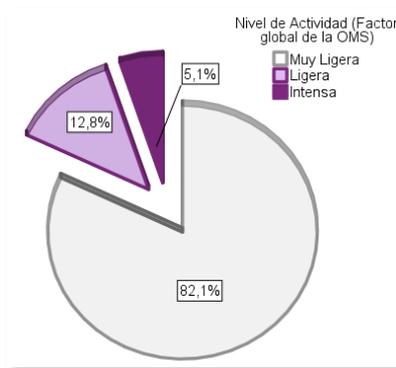


Figura 20: Nivel de actividad (FA global de la OMS) de los sujetos con IMC ≥ 25 kg/m²

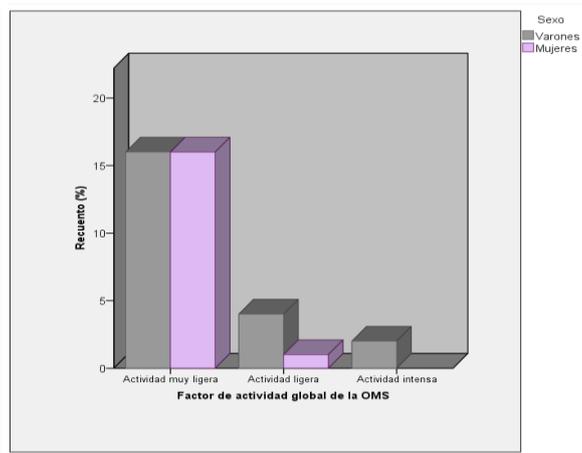


Figura 21: Nivel de actividad (FA global de la OMS) en función del sexo de los sujetos con IMC ≥ 25 kg/m².

5.1.2.2. Catalogación nutricional y estimación de la composición corporal

Las variables antropométricas e índices derivados se describen en la Tabla 14. El IMC medio fue de 26,7 kg/m² (25,2–34,1), observándose diferencias estadísticamente significativas entre ambos sexos. El valor medio para el grupo de varones fue de 26,5 kg/m² (25,3–32,3), mientras que el de las mujeres se situó por encima [29,4 kg/m² (3,4)]. Individualmente, todos los sujetos presentaron sobrepeso, excepto 7 mujeres y 2 varones, que eran obesos.

Tabla 13: Parámetros antropométricos e índices derivados de los sujetos con IMC≥25 kg/m².

PARÁMETROS ANTROPOMÉTRICOS E ÍNDICES DERIVADOS			
	Varones (n=22)	Mujeres (n=17)	TOTAL (n=39)
Peso actual (kg)	84,2 (10,7)	77,5 (12,5)	81,3 (11,9)
% Peso habitual	101,6 (90,6–140,7) [†]	109,6 (9,7)	103,5 (90,7–129,6) [†]
Talla (cm)	176,4 (7,7) [*]	162,2 (5,8)	170,2 (9,9)
IMC (kg/m ²)	26,5 (25,3–32,3) ^{*,†}	29,4 (3,4)	26,7 (25,2–34,1) [†]
Perímetro cintura (cm)	93,2 (5,2)	88,7 (10,6)	91,2 (8,2)
ICC	0,91 (0,05) [*]	0,80 (0,06)	0,86 (0,08)

Resultados expresados como media (SD).[†]Mediana (p5–p95).

*p<0.05 varones vs mujeres.

En lo que respecta al riesgo cardiovascular, observamos que, atendiendo al perímetro de la cintura, en promedio, los varones no presentan riesgo cardiovascular [93,2 cm (5,2)], pero sí las mujeres [88,7 cm (10,6)]. Sin embargo, si catalogamos en función del ICC, el resultado es el contrario: los varones presentan riesgo cardiovascular [0,91 (0,05)], mientras que las mujeres no [0,80 (0,06)].

El análisis de la composición corporal en este grupo no evidenció diferencias significativas entre la valoración por antropometría y por bioimpedancia. Como se esperaba, hubo diferencias estadísticamente significativas en los parámetros de composición corporal en función del sexo (Tabla 15).

Tabla 14: Estimación de la composición corporal de los sujetos con IMC ≥ 25 kg/m².

		COMPOSICIÓN CORPORAL		
		Varones (n=22)	Mujeres (n=17)	TOTAL (n=39)
Antropometría	MLG	(kg) 62,8 (9,7)*	45,9 (6,3)	54,7 (39,1–75,8) [†]
	MLG	(%) 74,6 (5,7)*	59,6 (4,8)	68,0 (9,2)
	MG	(kg) 21,3 (5,1)*	31,7 (7,8)	25,8 (8,2)
	MG	(%) 25,44 (5,7)*	40,39 (4,8)	32,0 (9,2)
Bioimpedancia	MLG	(kg) 61,4 (6,2)*	46,4 (5,9)	54,9 (9,6)
	MLG	(%) 73,2 (5,0)*	60,3 (4,3)	67,6 (8,0)
	MG	(kg) 21,0 (15,7–43,6) ^{*†}	31,1 (7,4)	26,2 (15,9–44,5) [†]
	MG	(%) 26,8 (5,0)*	39,7 (18,1)	32,4 (8,0)

Resultados expresados como media (SD). [†]Mediana (p5–p95).

*p<0.05 varones vs mujeres.

La catalogación del porcentaje de MG respecto a la población de referencia, tomando como grupo de edad la media de la muestra de voluntarios del estudio (40 – 59 años), se situó entre los percentiles 75 y 95 para los varones y por encima del 95 para las mujeres.

6.2 Descripción del GER.

6.2.1 Descripción del GER por calorimetría indirecta.

6.2.1.1 Estudio de la variabilidad del calorímetro.

El análisis teórico de la variación del calorímetro, estimado a partir de los valores medios de VO_2 obtenidos en la muestra total, indicaron que variaciones inferiores al 5% en la medida del VO_2 se tradujeron en variaciones del GER de aproximadamente 81 kcal/d; para variaciones del 10% el error aumentó el doble en la estimación del GER: 164 kcal/d (Tabla 16).

Tabla 15: Variación del GER en función de las variaciones porcentuales de la lectura del VO_2 .

Er VO_2 (%)	VO_2 (ml/min)	V CO_2 * (ml/min)	GER (kcal/d)	VarGER [†] (kcal/d)
-20	187,5	157,5	1305,7	325,7
-10	211,0	177,2	1468,9	162,5
-5	222,7	187,1	1550,5	80,9
-2	229,7	193,0	1599,4	31,9
-1	232,1	194,9	1615,8	15,6
0	234,4	196,9	1632,1	0,7
1	236,8	198,9	1648,4	17,0
2	239,1	200,8	1664,7	33,4
5	246,1	206,8	1713,7	82,3
10	257,9	216,6	1795,3	163,9
20	281,3	236,3	1958,5	327,1

Er VO_2 : Porcentaje de error en la medida del VO_2 .

VO_2 : Promedio de consumo de oxígeno medido por calorimetría indirecta.

V CO_2 : Promedio estimado de producción de CO_2 a partir de: RQ=0,84 / Equivalente metabólico de oxígeno = 4,835 (correspondiente a una Oxidación de HCO del 46,87% y de grasas del 53,13%).

VarGER: Variación del GER en función de la variación del RQ.

*Calculado a partir del VO_2 y el RQ. †Calculado a partir de la media de VO_2 registrada en la muestra.

Atendiendo a los posibles errores del RQ no proteico prefijado por el calorímetro (0,84), se observó que, dentro del rango considerado fisiológicamente normal (0,71–1,00)⁽¹¹⁾, las variaciones que se pueden producir en el GER son de entre 58,7 y 71,9 kcal/d (Figura 22). Es decir, las variaciones máximas del GER, dentro del rango estudiado, debidas a posibles errores en la predeterminación del RQ del aparato, son del 4,5% (Tabla 17).

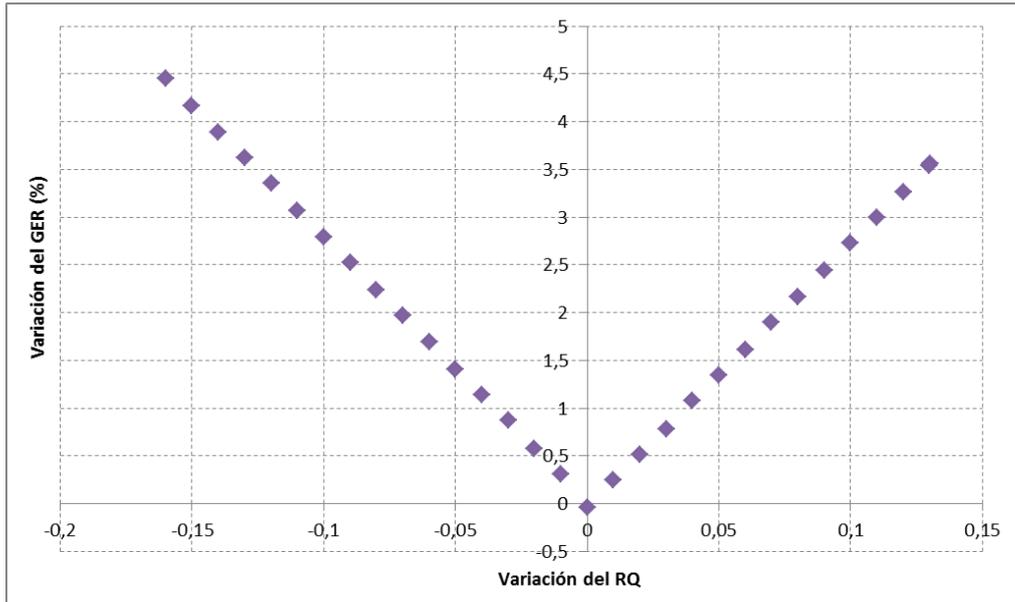


Figura 22: Representación de la variación del GER (%) en función de las diferencias del RQ.

La Tabla 18 muestra los resultados del análisis conjunto de ambas posibles fuentes de error. Se observó que, a partir del GER medio determinado por calorimetría indirecta en la muestra total, la variación del VO_2 media registrada y una variación teórica del 1% en el equivalente metabólico correspondiente al RQ predefinido por el calorímetro, el posible error medio en la muestra fue de 205,0 kcal/d. Este error puede aumentar en función del RQ real del sujeto, dado que el rango fisiológico puede suponer variaciones superiores a las consideradas en este caso.

Tabla 16: Variación del GER en función de los posibles cambios en el RQ dentro del rango fisiológico

RQ	OxdHCO* (%)	OxdLIP* (%)	VarGER [†] (kcal/d)	VarGER [†] (%)
0,71	0,0	100,0	58,0	3,6
0,71	0,1	99,88	57,7	3,5
0,72	3,8	96,2	53,3	3,3
0,73	7,5	92,5	48,9	3,0
0,74	11,2	88,8	44,5	2,7
0,75	14,9	85,1	39,8	2,4
0,76	18,5	81,5	35,4	2,2
0,77	22,1	77,9	31,0	1,9
0,78	25,7	74,3	26,3	1,6
0,79	29,3	70,7	21,9	1,3
0,80	32,8	67,2	17,5	1,1
0,81	36,4	63,6	12,8	0,8
0,82	39,9	60,1	8,4	0,5
0,83	43,4	56,6	4,0	0,3
0,84	46,9	53,1	-0,7	-0,0
0,85	50,3	49,7	5,1	0,3
0,86	53,8	46,2	9,5	0,6
0,87	57,2	42,8	14,2	0,9
0,88	60,6	39,4	18,6	1,1
0,89	64,0	36,0	23,0	1,4
0,90	67,3	32,7	27,7	1,7
0,91	70,7	29,3	32,1	2,0
0,92	74,0	26,0	36,5	2,2
0,93	77,3	22,7	41,2	2,5
0,94	80,6	19,4	45,6	2,8
0,95	83,9	16,1	50,0	3,1
0,96	87,1	12,9	54,7	3,4
0,97	90,4	9,6	59,1	3,6
0,98	93,6	6,4	63,5	3,9
0,99	96,8	3,2	67,88	4,2
1,00	100,0	0,0	72,60	4,5

VarRQ: Variación del RQ.

Eq.O2: Equivalentes metabólicos de oxígeno.

OxdHCO: Porcentaje de oxidación de hidratos de carbono.

OxdLIP: Porcentaje de oxidación de lípidos.

VarGER: Variación del GER en función de la variación del RQ.

*Extraído de Elia 1988(11).

[†]Calculado a partir del VO₂ medio de la muestra.

Tabla 17: Variación del GER en función de la variación en la estimación del VO_2 y del RQ.

Calorimetría						
GER (kcal/d)	VO_2 (ml/min)	Var. VO_2 (%)	Var.GER $_{VO_2}$ (kcal/d)	RQ $_C$	Var.GER $_{RQ}$ (kcal/d)	Var. GER [RQ + %Var VO_2] (kcal/d)
1631,4	234,4	11,6	188,6	0,8	16,3	205,0

GER: Valor medio del GER en la muestra.

VO_2 : Valor medio de consumo de oxígeno registrado en la muestra.

Var. VO_2 : Porcentaje de variación media en la lectura del VO_2 durante las mediciones, registrada para la muestra.

Var.GER $_{VO_2}$: Variación media del GER para el error medio porcentual de la lectura del VO_2 registrado con el calorímetro.

RQ $_C$: RQ predefinido por el calorímetro (Equivalente metabólico de oxígeno = 4,835).

Var.GER $_{RQ}$: Variación del GER para un error del 1% en el equivalente metabólico correspondiente al RQ predefinido por el calorímetro.

Var.GER: Variación del GER para un error del 1% en el equivalente metabólico + el porcentaje de variación del VO_2 registrado.

Para concluir con el estudio de la variabilidad del calorímetro, se evaluó la posible existencia de relación entre el VO_2 y la variabilidad en la lectura del aparato de dicho parámetro, con el fin de analizar si el nivel de error del aparato pudiera estar influido por la cantidad de oxígeno consumido. Si esto ocurriera, el error del equipo dependería de la masa corporal o del IMC, entre otras variables.

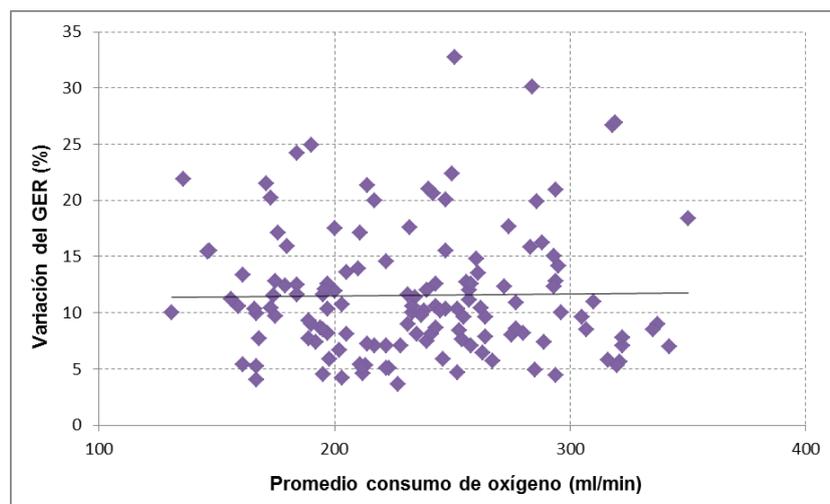


Figura 23: Tendencia de la variación porcentual en el valor del consumo de oxígeno del calorímetro en función del consumo de oxígeno.

La dispersión de la nube de puntos de la relación entre ambas variables, reflejada en la Figura 23, y el análisis de regresión lineal ($R^2 = -0,006$; $p > 0,05$) no mostraron ningún tipo de asociación entre el consumo de oxígeno de los sujetos y la variabilidad de la lectura del VO_2 del calorímetro.

6.2.1.2. GER por calorimetría en los sujetos con normopeso.

El GER medio estimado por calorimetría indirecta de los sujetos con normopeso fue de 1589,1 kcal/d (312,0). Se observaron diferencias estadísticamente significativas en el gasto de varones y mujeres [1822,3 kcal/d (224,3) y 1379,3 kcal/d (216,1), respectivamente] (Figuras 24 y 25).

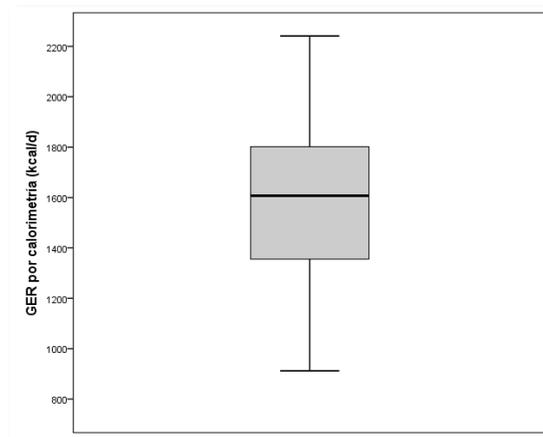


Figura 24: GER determinado por calorimetría indirecta de los sujetos con normopeso.

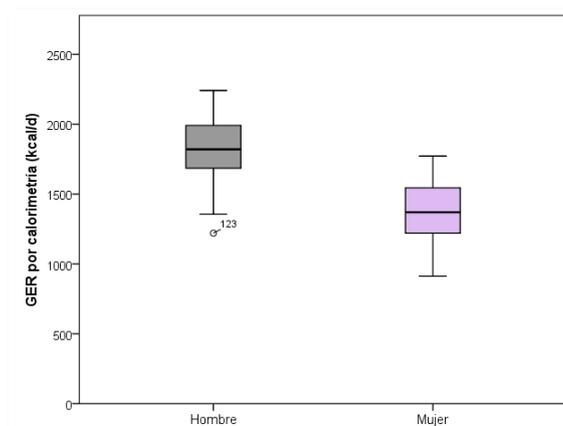


Figura 25: GER determinado por calorimetría indirecta de los sujetos con normopeso por sexo.

La Tabla 19 muestra los resultados del GER obtenido por calorimetría indirecta en función de los distintos grupos de edad de los sujetos con normopeso.

Tabla 18: GER determinado por CI en los sujetos con normopeso en función de la edad.

GER DETERMINADO POR CALORIMETRÍA INDIRECTA			
	Varones (n=11)	Mujeres (n=14)	Total (n=25)
De 19 a 29,9 años	1955,8 (202,6)	1504,6 (215,0)	1703,2 (307,2)
De 30 a 39,9 años	1861,0 (183,5)	1498,0 (1162,0- 1575,0) [†]	1702,6 (265,4)
De 40 a 49,9 años	1886,9 (158,3)	1377,6 (185,4)	1575,6 (307,1)
De 50 a 59 años	1694,6 (194,9)	1264,2 (177,8)	1468,1 (285,4)
De 60 a 65 años	1616,2 (258,0)	1197,9 (183,7)	1390,9 (302,9)

Resultados expresados como media (SD). [†]Mediana (p5–p75).

El GER y por tanto el consumo de oxígeno, registraron valores bastante similares en los dos primeros grupos [1703,2 kcal/d (307,2) y 1702,6 kcal/d (265,4), respectivamente], pero se reducen progresivamente (algo menos de 100 kcal/d por década) a partir de los 40 años. Únicamente se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes grupos de edad para el GER y el consumo de oxígeno (Figura 26).

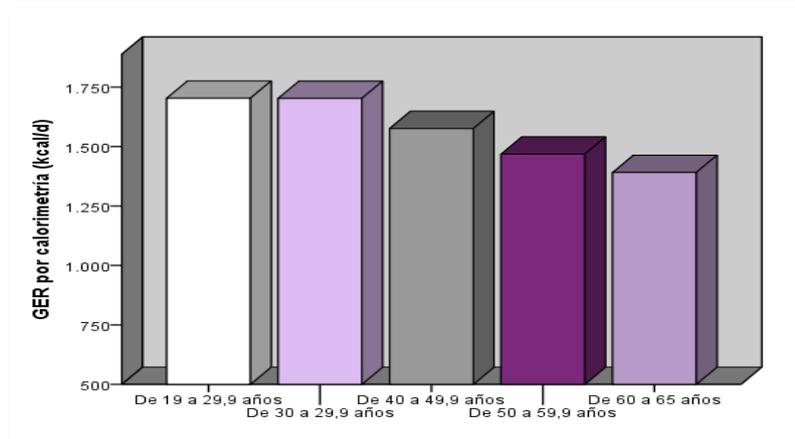


Figura 26: GER por calorimetría indirecta de los diferentes grupos de edad de sujetos con normopeso

6.2.1.3. GER por calorimetría indirecta en sujetos con $\text{IMC} \geq 25 \text{ kg/m}^2$.

El GER medido por calorimetría indirecta fue significativamente mayor en varones [1958,3 kcal/d (324,3)] que en mujeres [1481,8 kcal/d (297,2)]. Además, los valores medios del GER de los sujetos con $\text{IMC} \geq 25 \text{ kg/m}^2$ fueron mayores que los de los sujetos con normopeso [1750,6 kcal/d (390,7) frente a 1589,1 kcal/d (312,0), respectivamente] (Figuras 27 y 28).

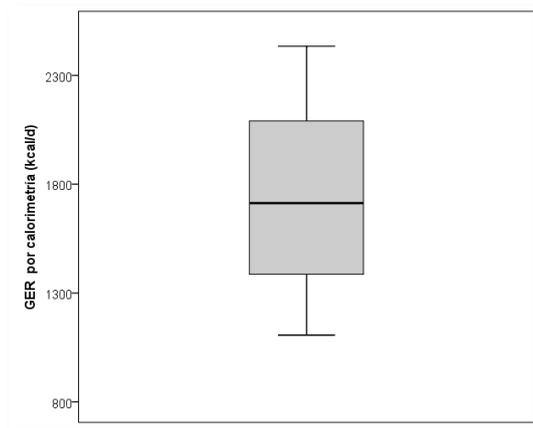


Figura 27: GER determinado por calorimetría indirecta de los sujetos con $\text{IMC} \geq 25 \text{ kg/m}^2$.

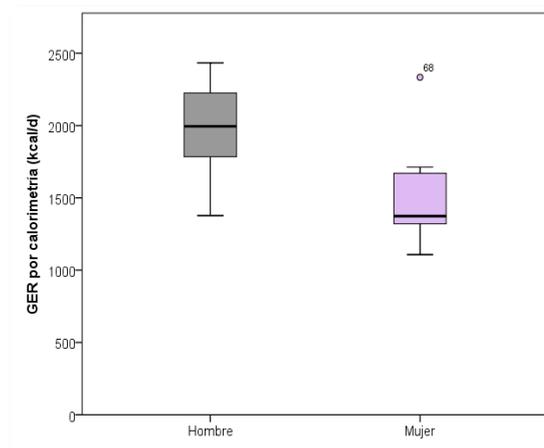


Figura 28: GER determinado por calorimetría indirecta de los sujetos con $\text{IMC} \geq 25 \text{ kg/m}^2$ en función del sexo.

6.2.2 Descripción del GER calculado mediante modelos predictivos.

6.2.2.1 Selección de los modelos predictivos.

Atendiendo a los criterios analíticos de la Tabla 6, las fórmulas que mejor se ajustaron a la muestra estudiada fueron la de De Lorenzo⁽¹³⁸⁾, la de Harris-Benedict⁽¹⁰⁰⁾, la de Korth⁽¹³⁹⁾ y la de Schofield^(39, 103) de las que contenían como variables de ajuste el peso y la talla. Ninguna de las ecuaciones que contenía variables de composición corporal cumplió los criterios establecidos (Tablas 20 y 21).

Tabla 19: Selección de fórmulas predictivas del GER ajustadas por peso y/o talla.

	ICC≥0,7*	B-A†	Muestra‡	Aceptado
Bernstein et al. (1983)(140)	-	-	+	-
Cunningham (1980)(141)#	+	-	+	+
Cunningham (1991)(37)#	+	-	+	-
De Lorenzo et al. (2001)(138)	+	+	+	+
Harris-Benedict (1919)(100)	+	-	+	+
Henry (P) – Oxford (2005)(30)	+	-	+	-
Henry (P,T) – Oxford (2005) ⁽³⁰⁾	+	-	+	-
Korth et al (2007)(139)	+	+	+	+
Liu (2001)(142)	+	+	-	-
Livingston and Kohlstadt (2005)(143)	+	+	-	-
Mifflin (1990)(104)	+	-	+	-
Müller (2004)(144)	+	-	-	-
Owen (1986, 1987)(108, 109)	-	-	+	-
Schofield (P) (1985)-WHO 2001(39, 103)	+	-	+	-
Schofield (P,T)-WHO 2001(39, 103)	+	+	+	+
Siervo (2003)(145)	-	-	+	-
University of Memphis (2004)(146)	-	-	+	-
FAO/OMS (P) (1985)(51)	+	-	+	-
FAO/OMS (P,T) (1985)(51)	+	-	+	-

“+”: cumple el criterio. “-“: no cumple el criterio.

*Coeficiente de correlación intraclassa $\geq 0,7$ (Criterios de Fleish: buena correlación).

†Análisis de Bland-Altman.

‡Población y muestra similares a las de nuestro estudio.

#La MLG se obtiene a partir del peso de los sujetos mediante la utilización de una ecuación.

Tabla 20: Selección de fórmulas predictivas del GER ajustadas por MLG.

	ICC \geq 0,7*	B-A [†]	Muestra [‡]	Aceptado
Bernstein et al. (1983)(140)	-	-	+	-
Elia (1992)(147)	+	-	+	-
Garby et al. (1988)(148)	-	-	-	-
Garrow and Webster (1985) ⁽¹⁴⁹⁾	-	+	+	-
Heshka et al (1990)(150)	+	-	+	-
Jensen et al. (1988)(151)	+	-	-	-
Johnstone et al. (2006)(152)	+	-	+	-
Kashiwazaki et al. (1988)(153)	+	-	-	-
Korth et al (2007)(139)	+	-	+	-
Luke & Schoeller (1992)(154)	+	-	-	-
McNeill et al (1987)(155)	-	-	-	-
Mifflin (1990)(104)	-	-	+	-
Müller (2004)(144)	-	-	-	-
Nelson et al. (1992)-1(156)	-	-	-	-
Nelson et al. (1992)-2(156)	-	-	-	-
Nelson et al. (1992)-3(156)	-	-	-	-
Owen (1986, 1987)(108, 109)	+	-	+	-
Ravussin et al (1982)(157)	+	-	+	-
Ravussin et al (1986)(53)	+	-	+	-
Ravussin et al (1989)(158)	+	-	+	-
Van der Ploeg and Withers (2002)(159)	-	-	+	-

"+": cumple el criterio. "-": no cumple el criterio.

*Coeficiente de correlación intraclassa \geq 0,7 (Criterios de Fleish: buena correlación).

†Análisis de Bland-Altman.

‡Población y muestra similares a las de nuestro estudio.

Los resultados del análisis de las 45 fórmulas predictivas que cumplían los criterios de inclusión se recogen en el Anexo IV. La fórmula de Harris-Benedict presentó cierta tendencia en el análisis de Bland-Altman, sin embargo, dado su extendido uso y la buena concordancia que reflejaron los valores del CCI con la calorimetría indirecta [CCI (IC 95%) de 0,80 (0,54-0,90)] hizo que se mantuviese en el análisis.

Los resultados indican que, en la muestra estudiada, el comportamiento de las fórmulas que contienen el peso y la talla es, en general, mejor que el de las que contienen variables de composición corporal.

La Tabla 22 recoge las características de las fórmulas seleccionadas. La ecuación con la que se obtuvieron mejores resultados, respecto a los valores de la calorimetría indirecta, fue la de Korth⁽¹³⁹⁾: diferencia media en el GER de 21,1 kcal/d (178,7), pendiente de la recta de regresión de 0,12 (0,06) no significativa, y punto de intersección con el eje de coordenadas de -169,3 (103,3); el coeficiente de correlación intraclase fue de 0,90 (IC 95%: 0,84–0,93).

Las Figuras 29 y 30 muestran los gráficos de Bland-Altman para las fórmulas seleccionadas para los sujetos con normopeso.

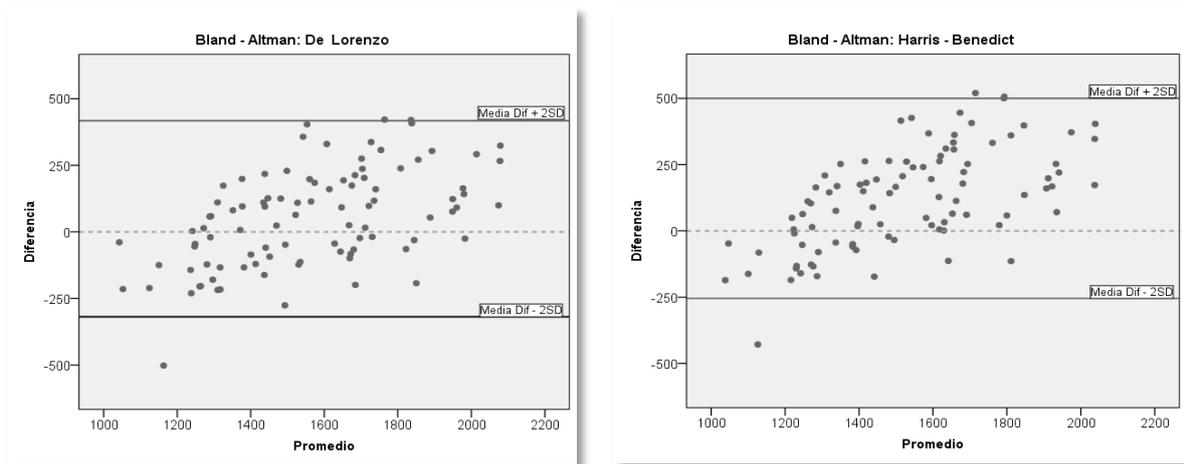


Figura 29: Análisis de Bland-Altman para la fórmula de De Lorenzo y la de Harris-Benedict

Tabla 21: Características de las fórmulas predictivas del GER seleccionadas.

	n	Características antropométricas de los sujetos	Ecuación		Dif. Media (SD)	R ²	Bland - Altman			CCI			
			Varones	Mujeres			b (SEE)	p	a (SEE)	p	CCI	IC (95%)	p
DeLorenzo et al. (2001)(138)	127V, 193M (18-59)	IMC: 17-40 (media 27) kg/m ²	53.284P + 20.957T - 23.859E + 487 (kJ/d)	46.322P + 15.744T - 16.66E + 944 (kJ/d)	50,4 (183,5)	0,27	0,39 (0,06)	≤0,001	-551,14 (100,85)	≤0,001	0,86	(0,79-0,91)	≤0,001
Harris-Benedict (1919)(100)	136V (19-63) 103M (15-74)	P: 34,6-94,5 kg T: 149-178 cm	66.47 + 13.75P + 5.0T - 6.76E (kcal/d)	655.0955 + 9.5634P + 1.8496T - 4.6756E (kcal/d)	122,8 (188,7)	0,36	0,46 (0,06)	≤0,001	-583,95 (98,20)	≤0,001	0,80	(0,54-0,90)	≤0,001
Korth et al (2007)(139)	50V, 54M (21-68)	IMC: 26 (18-41) kg/m ²	41.5P + 35.0T + 1107.4Sex - 19.1E - 1731.2 (kJ/d)		21,1 (178,7)	0,03	0,12 (0,06)	0,064	-169,32 (103,29)	0,105	0,90	(0,85-0,93)	≤0,001
Schofield (P,T)-WHO 2001(39, 103)	7173 V y M (incluye niños)	P: 3-84 kg	18 – 30 años: 0.063P - 0.042T + 2.953 (MJ/d) 30 – 60 años: 0.048P - 0.011T + 3.67 (MJ/d) >= 60 años: 0.038P + 4.068T - 3.491 (MJ/d)	18 – 30 años: 0.057P + 1.148T + 0.411 (MJ/d) 30 – 60 años: 0.034P + 0.006T + 3.53 (MJ/d) >= 60 años: 0.033P + 1.917T + 0.074 (MJ/d)	107,6 (190,7)	0,31	0,44 (0,07)	≤0,001	-560,51 (102,22)	≤0,001	0,82	(0,62-0,90)	≤0,001

En todos los casos seleccionados la medición del GER se realizó mediante calorimetría indirecta.

Análisis estadístico del Bland Altman (R²: R² corregida; b: pendiente de la recta de regresión; a: intersección de la recta de regresión con el eje de Y; SEE: error standard; p: nivel de significación).

Análisis de concordancia (CCI: coeficiente de correlación intraclase; IC 95%: intervalo de confianza al 95%; p: nivel de significación).

IMC: índice de masa corporal (kg/m²); P: peso (kg); T: talla (cm); E: edad (años); Sex: sexo (V=1, M=0); MLG: masa libre de grasa (kg); MG: masa grasa (kg); (1 kcal=4.1855 kJ).

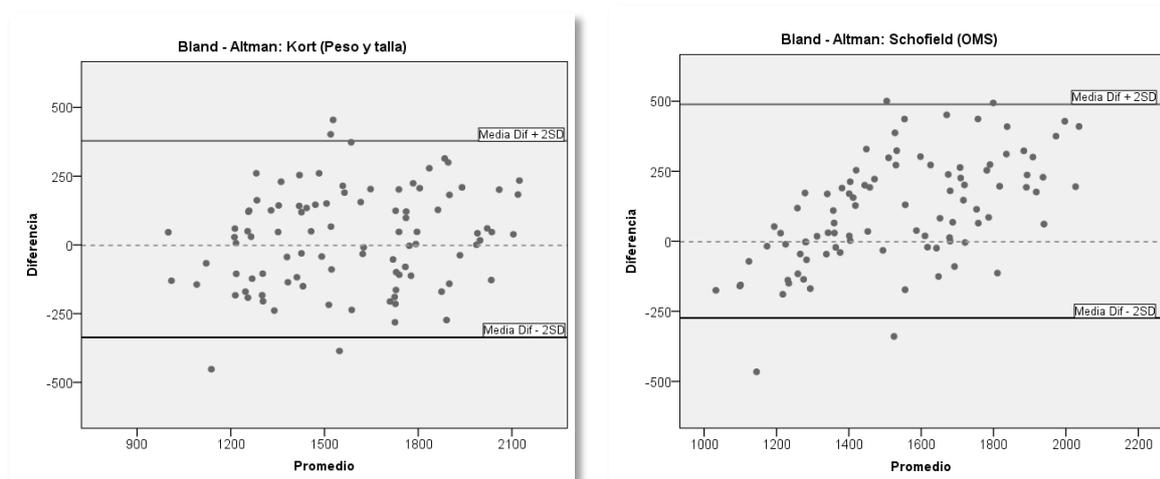


Figura 30: Análisis de Bland-Altman para las fórmulas de Korth y Schofield.

6.2.2.2 GER mediante modelos predictivos en sujetos con normopeso.

Todos los modelos predictivos seleccionados infraestimaron el gasto en este grupo, obteniéndose una diferencia máxima de aproximadamente 180 kcal/d con la ecuación de Schofield. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas para todas las fórmulas, excepto para la de Korth. Al estratificar la muestra en función del sexo, dichas diferencias se observan en el caso de los varones para las fórmulas de De Lorenzo, Harris-Benedict y Schofield; en el caso de las mujeres sólo se mantienen para Harris-Benedict y Schofield (Tabla 23).

Tabla 22: Descripción del GER en los sujetos con normopeso.

GER (kcal/d)	Varones (n=45)	Mujeres (n=50)	TOTAL (n=95)
Calorimetría	1822,3 (224,3)	1379,3 (216,1)	1589,1 (312,0)
De Lorenzo	1720,7 (153,1)*	1374,9 (114,5)	1538,7 (218,9)*
Harris-Benedict	1628,7 (161,1)*	1320,3 (100,6)*	1446,3 (203,4)*
Korth	1799,6 (1625,1–2068,3) [†]	1338,4 (134,0)	1538,3 (1161,5–2015,4) [†]
Schofield	1667,6 (133,4)*	1314,0 (1163,9–1475,3)* [†]	1402,6 (1178,5–1830,2)* [†]

Resultados expresados como media (SD). [†]Mediana (p5–p95).

*p<0.05 calorimetría vs fórmula predictiva.

6.2.2.2 GER mediante modelos predictivos en sujetos con $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$.

Los resultados de la estimación del GER por calorimetría indirecta y empleando los diferentes modelos predictivos seleccionados se reflejan en la Tabla 24.

En este grupo sólo se observaron diferencias significativas entre el GER de referencia (calorimetría indirecta) y el calculado mediante la fórmula de Harris-Benedict, tanto para la muestra total, como para los varones.

Tabla 23: Descripción del GER en los sujetos con $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$.

GER (kcal/d)	Varones (n=45)	Mujeres (n=50)	TOTAL (n=95)
Calorimetría	1958,3 (324,3)	1481,8 (297,2)	1750,6 (390,7)
De Lorenzo	1904,2 (238,1)	1562,3 (164,2)	1755,2 (268,7)
Harris-Benedict	1817,8 (251,0)*	1469,1 (133,0)	1566,5 (1324,7– 2046,6)*.†
Korth	1966,1 (210,7)	1489,1 (169,5)	1758,2 (306,7)
Schofield	1845,3 (226,0)	1451,5 (113,4)	1673,6 (269,8)

Resultados expresados como media (SD). †Mediana (p5–p95).

* $p < 0.05$ calorimetría vs fórmula predictiva.

6.3 Construcción de un nuevo modelo predictivo para la estimación del GER.

6.3.1 Desarrollo de la ecuación

La muestra seleccionada para la construcción de la nueva fórmula fueron los 95 sujetos con normopeso. El análisis de regresión lineal múltiple generó 255 modelos diferentes. La Tabla 25 resume el análisis estadístico de selección del mejor modelo predictivo a partir de todas las posibles ecuaciones.

Finalmente, el modelo elegido fue el que incluyó las variables: sexo, peso y edad, con una Cp de Mallow de 2,27 y un R^2 ajustado de 0,680 (Tablas 25 y 26).

Tabla 24: Resumen del análisis de regresión lineal múltiple para la selección del mejor modelo predictivo a partir de todas las posibles ecuaciones para la muestra con normopeso.

Número de variables	Variables	Cp*	R^2 (Ajust.)
3	Sexo, Peso, Edad	2,27	,680
4	Sexo, Peso, Talla, Edad	3,17	,680
4	Sexo, Edad, MLG, MG	3,61	,678
4	Sexo, Peso, Edad, MLG	3,61	,678
4	Sexo, Peso, Edad, MG	3,61	,678
5	Sexo, Peso, Edad, MLG, MG	3,61	,678
4	Sexo, Peso, Edad, MLGp	3,63	,678
3	Sexo, Peso, Edad	2,27	,680
4	Sexo, Peso, Edad, MGp	3,63	,678
5	Sexo, Peso, Edad, MLGp, MGp	3,63	,678
...
...
1	Edad	154,51	,132
1	MG	187,24	,016

*Cp de Mallow

Tabla 25: Análisis de regresión de la fórmula desarrollada.

Modelo	Coeficientes ^a					IC del 95,0% para B	
	B (ES)	Beta	t	Sig.			
(Constante)	1376,4 (212,5)		6,48	<0,001	954,3	1798,5	
Sexo	-308,0 (48,7)	-0,49	-6,32	<0,001	-404,8	-211,2	
Peso (kg)	11,1 (2,8)	0,31	3,94	<0,001	5,5	16,6	
Edad (años cumplidos)	-8,0 (1,4)	-0,34	-5,83	<0,001	-10,7	-5,3	

a. Variable dependiente: Calorimetría (kcal/d).

La fórmula resultante fue:

$$y = 1376,4 - 308 S + 11,1 P - 8 E \quad (R^2: 0,68; p < 0,001)$$

Dónde: S: sexo (0 para los varones y 1 para las mujeres); P: peso (kg) y E: edad (años cumplidos).

6.3.2 Diagnóstico del modelo de regresión

Para la detección de valores alejados e influyentes de los parámetros del modelo, se analizaron las siguientes características:

- Distancia de Cook: no se considera ningún sujeto influyente, dado que la distancia máxima de Cook es 0,073 (ningún valor es mayor de 1).
- DFBETA tipificado: para que se considere que un sujeto es influyente sobre la estimación de un determinado coeficiente de regresión, DFBETA debe ser mayor de $2/\sqrt{n}$ (en nuestro caso mayor de 0,21). Se han encontrado 9 posibles sujetos influyentes.
- DFAJUSTE tipificado: un sujeto es influyente cuando $DFFIT_i$ es mayor de $\sqrt{4(p+1)/n}$ (donde p =número de variables) (en nuestro caso, mayor de 0,41). Hay 6 posibles sujetos influyentes.
- Razón de covariancia (CRi): un sujeto influye negativamente sobre la matriz de covariancias de los coeficientes de regresión estimados si CRi es menor de $1 - [3(p+1)/n]$, y mejorará la precisión del conjunto de parámetros estimados si es mayor de $1 + [3(p+1)/n]$; en nuestro caso empeora la precisión si es menor de 0,87, y la mejora si es mayor de 1,13. En el modelo estimado hay 1 sujeto que empeora la precisión y 4 que la mejoran
- Número mínimo de casos: $n > 10p$ (en nuestro caso más de 30 sujetos).

Por otra parte, el modelo cumplió el criterio de normalidad de los residuales (Figura 31). No se observó ninguna vulneración de la linealidad ni de la homogeneidad de variancias (Figuras 32 y 33).

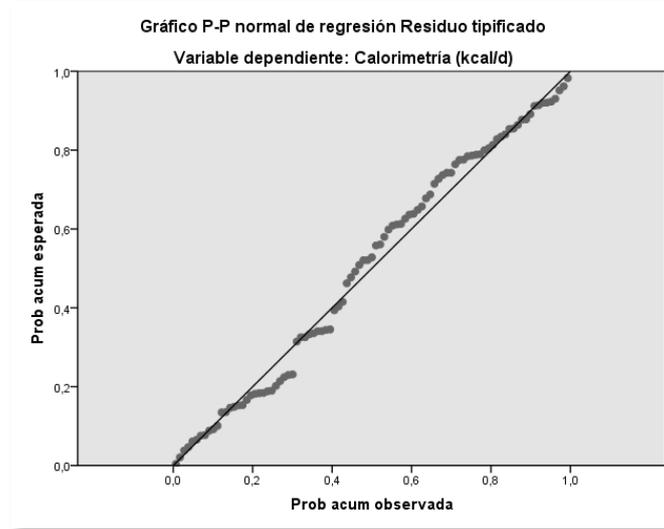


Figura 31: Prueba de normalidad de los residuos tipificados.

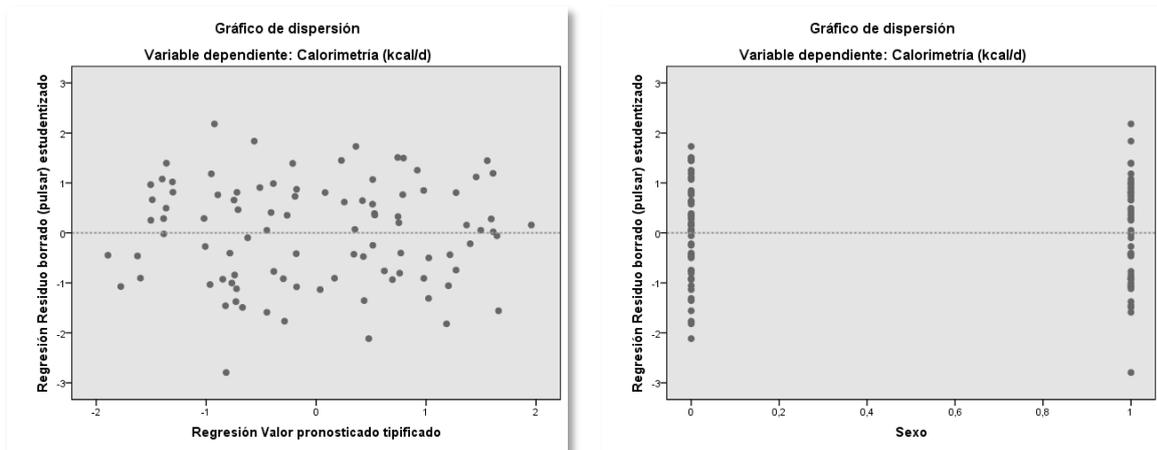


Figura 32: Distribución de los residuales y de la variable Sexo.

No se ha observado colinealidad entre las variables del modelo. Se rechaza, por tanto, la posibilidad de que las estimaciones de los coeficientes de regresión sean inestables.

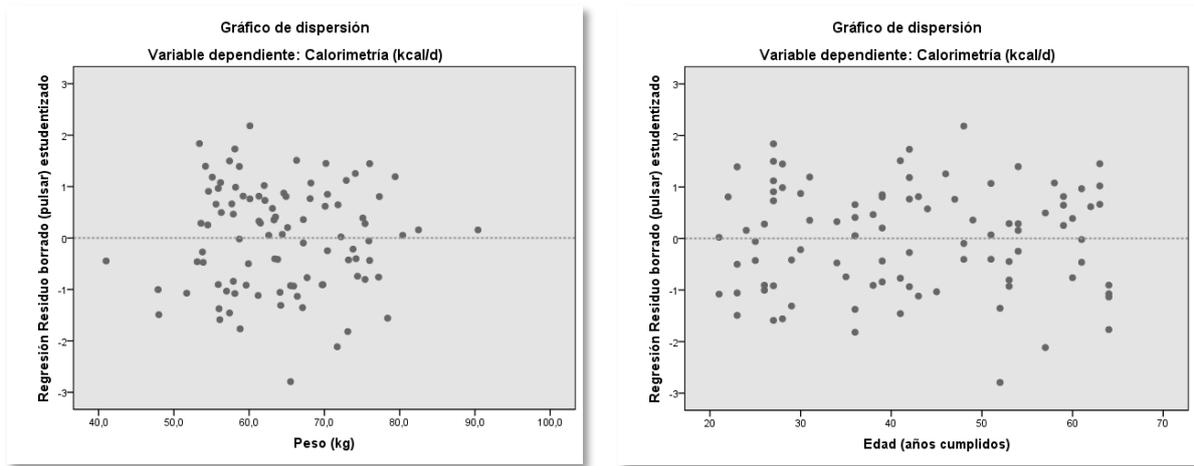


Figura 33: Distribución de las variables Peso y Edad.

En resumen, los resultados de las técnicas de exploración de los problemas que pueden afectar al análisis de la regresión y determinar si los supuestos del modelo parecen razonables se consideran positivos, por lo que se acepta que el modelo de regresión múltiple estimado cumple adecuadamente las condiciones de aplicación.

6.3.3 Estudio del comportamiento de la ecuación en los diferentes grupos

La Tabla 27 y Figura 34 muestran los resultados del estudio de concordancia entre el GER determinado por calorimetría y el GER estimado con la nueva fórmula predictiva propuesta, tanto en los sujetos con $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$, como en la muestra total.

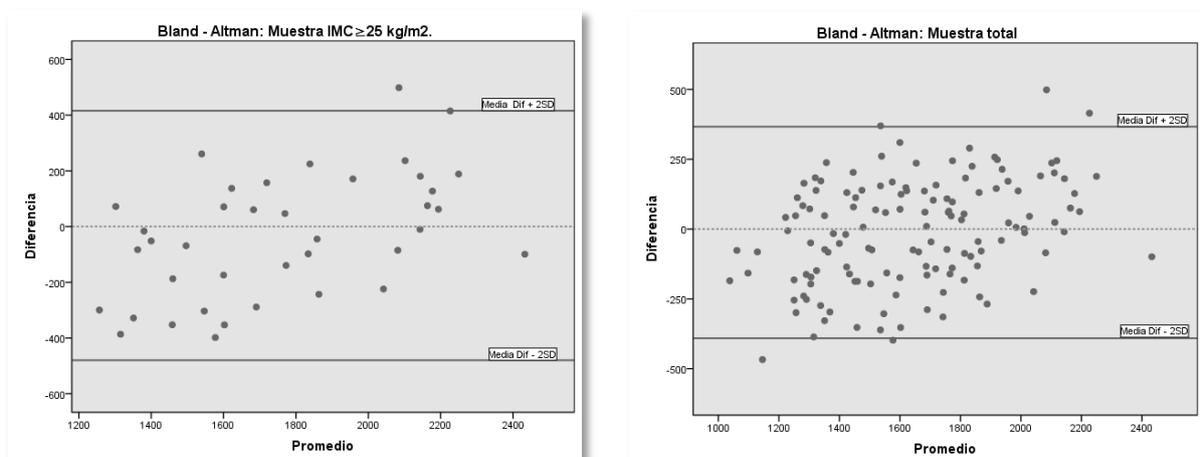


Figura 34: Gráficos de Bland-Altman para la ecuación propuesta en los sujetos con $IMC > 25 \text{ kg/m}^2$ y en la muestra total.

El comportamiento de la fórmula con los dos grupos fue adecuado, ya que los gráficos de Bland-Altman no presentaron ninguna tendencia en la nube de puntos (Figura 34), las diferencias medias fueron pequeñas y las pendientes del análisis de regresión también. Los resultados del estudio de concordancia avalan los resultados anteriores (Tabla 27).

Tabla 26: Comportamiento de la ecuación en las diferentes muestras del estudio.

Muestra	n	Dif. Media (SD)	Bland – Altman					Estudio de concordancia		
			R2*	b (SEE)	p	a (SEE)	p	CCI	IC (95%)	p
IMC \geq 25 kg/m ²	39	-32,0 (223,9)	0,23	0,35 (0,10)	0,001	-646,37 (177,40)	0,001	0,88	(0,77 - 0,94)	<0,001
TOTAL	134	-11,1 (188,9)	0,12	0,22 (0,05)	<0,001	-375,88 (86,06)	<0,001	0,90	(0,86 - 0,93)	<0,001

*R2 corregida.

7 DISCUSIÓN

7. DISCUSIÓN

7.1 Características de la muestra

Para el presente trabajo se seleccionó una muestra de sujetos adultos sanos de étnica caucásica de Castilla y León. La elección de este grupo de estudio estuvo motivada, por una parte, porque hasta la fecha no se han realizado muchos estudios de determinación del gasto energético en los que se incluyera población sana española⁽¹⁰⁶⁾; y, por otra, por el llamativo aumento en los últimos años de la prevalencia e incidencia de obesidad en nuestro país⁽¹⁶⁰⁻¹⁶²⁾.

La muestra de estudio inicial estuvo formada únicamente por sujetos con un índice de masa corporal compatible con la normalidad nutricional. Sin embargo, dado el actual problema de sobrepeso y obesidad en nuestro medio, se decidió incluir otro grupo con IMC por encima de 25 kg/m² sin comorbilidades metabólicas asociadas.

En cuanto a los sujetos con normopeso, la muestra evaluada es comparable con la media poblacional española descrita por el INE en 2011⁽¹⁶³⁾: edad media de 42,82 años (rango 23 a 63 años), y con las muestras empleadas en estudios de desarrollo y validación de fórmulas predictivas para la estimación del gasto, cuyos rangos de edad suelen ir desde los 18-20 años hasta los 60-70.

La mayoría de trabajos de estimación del gasto energético generalmente no ofrecen resultados acerca de los hábitos alimentarios y tóxicos de los sujetos estudiados, puesto que no parecen tener un importante efecto sobre el gasto^(25, 53, 55). Sin embargo, sí que se ha considerado incluirlos en el presente trabajo porque definen mejor las características de la población diana a la que poder extrapolar los resultados.

En este sentido, los hábitos dietéticos de los sujetos evaluados fueron similares a los de la población analizada por Mesas y su grupo entre 2008 y 2010⁽¹⁶⁴⁾: 4 ingestas diarias, incluyendo el desayuno en la casi totalidad de la muestra (sólo el 0,7% de los sujetos de Mesas y el 4,2% de los de este estudio no desayunaba), con colaciones a media mañana o media tarde (82,7% y 74,7%, respectivamente).

En lo que respecta a los hábitos tóxicos, el 21,1% de los individuos estudiados eran fumadores (mayoritariamente entre 5 y 15 cigarrillos al día). Los datos de la Encuesta Nacional de Salud de 2013⁽⁶⁾ reflejan que el 32,7% de los adultos de entre 25 y 64 años afirmaba consumir tabaco de forma habitual u ocasional. Por otra parte, el 11,6% de los

sujetos evaluados se consideró abstemio, mientras que el 50,6% declaró consumir alcohol de forma ocasional. En la Encuesta Nacional de Salud anteriormente mencionada el 29,9% de la población de entre 25 y 64 años se declaró abstemia, y el 23,39%, bebedores ocasionales. Estos datos reflejan que los participantes en el estudio, en general, fumaban menos, pero consumían más bebidas alcohólicas que la población de referencia. Estas diferencias podrían ser explicadas por algunos sesgos, como la falta de aleatorización en la muestra o el efecto Hawthorne.

El 81,1% de los sujetos reclutados eran sedentarios; únicamente el 3,2% presentó un nivel de actividad moderado. Según los datos registrados por el INE⁽⁶⁾, el 43,8% de los encuestados se consideraban sedentarios. Conviene tener en cuenta la técnica de recogida de datos, ya que en este estudio la actividad diaria se evaluó mediante cuestionarios analizados por un entrevistador entrenado, mientras que el caso de la Encuesta Nacional de Salud se basa únicamente en la percepción del propio sujeto. Es decir, realmente se está comparando un dato basado en la valoración subjetiva del individuo con un dato objetivo, extraído de las actividades reales del sujeto a lo largo de una semana. Por tanto, aunque esta diferencia en el nivel de actividad no se considera relevante.

El IMC medio de la muestra estudiada fue de 22,16 kg/m². En la literatura existen grupos de estudio muy diferentes en base a su catalogación nutricional. Los trabajos clásicos, como el de Harris-Benedict⁽¹⁰⁰⁾ o el de Schofield⁽¹⁰³⁾, se realizaron con sujetos con valores medios de IMC dentro de la normalidad nutricional; sin embargo, en la mayoría de los trabajos posteriores se incluyen individuos con diferentes catalogaciones nutricionales. Así, fórmulas como las de Bernstein⁽¹⁴⁰⁾, Cunningham⁽¹⁴¹⁾, DeLorenzo⁽¹⁶⁵⁾, Heshka⁽¹⁵⁰⁾ o Johnstone⁽¹⁵²⁾, reclutaron individuos desde el normopeso hasta la obesidad.

Algunos autores han considerado otros aspectos de la valoración nutricional, como la estabilidad en el peso, en el comportamiento de los modelos predictivos. Ruiz⁽¹⁰⁷⁾ observó que la precisión de los resultados en la estimación del gasto podía variar antes y después de la pérdida de peso. En estudios similares, Thomas⁽¹⁶⁶⁾ y Luke & Schoeller⁽¹⁵⁴⁾, propusieron distintos métodos aplicables durante la pérdida de peso. Sin embargo, los participantes en el presente trabajo mantuvieron un peso estable en los últimos dos años.

La composición corporal es una de las variables que en mayor medida afectan al gasto^(53, 55, 58). Para su estudio se empleó el modelo bicompartimental debido a su bajo error de estimación, que Lohman⁽¹⁶⁷⁾ cuantificó en torno al 4% al estimar la MG en jóvenes. Para su análisis se siguieron dos de las técnicas más utilizadas en la práctica clínica: antropometría

y bioimpedancia (BIA). La antropometría, tal y como indican Alonso y Redondo⁽¹⁶⁸⁾, presenta la ventaja de la sencillez de recogida y la interpretación de los datos. Sin embargo, también refieren que tanto la precisión, como la reproductividad de la medición son bajas en relación con otros métodos. Las técnicas eléctricas (BIA), aunque con sus limitaciones, se consideran adecuadas para estudios epidemiológicos, ya que pueden proporcionar estimaciones válidas sobre el estado nutricional de la población⁽¹⁶⁸⁾, razón por la que se empleó como método de referencia para la evaluación de la composición corporal en nuestros sujetos. Cabe destacar, sin embargo, que a pesar de las limitaciones de la antropometría, en nuestro trabajo no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ambas técnicas, lo que sigue la línea de autores como de De Mateo⁽¹⁶⁹⁾, Loftin⁽¹⁷⁰⁾ o Norgan⁽¹⁷¹⁾.

Como era de esperar, las mujeres analizadas en esta Tesis presentaron menor porcentaje de masa libre de grasa que los varones: 69,2% (4,9) *versus* 79,7% (Rango 70,7 – 93,2), respectivamente.

El IMC de la muestra, estratificado por edad, reflejó que en el caso de los varones permaneció estable hasta los 50 años, para aumentar progresivamente casi dos puntos en el último estrato de edad. En las mujeres, por el contrario, el IMC aumentó lenta y progresivamente desde los 30 años de edad, pero siempre dentro de la normalidad nutricional.

La catalogación de los sujetos mediante su IMC supone la evaluación del individuo conforme a su peso y talla. Sin embargo, cuando se atiende a su composición corporal dicha catalogación puede variar notablemente. Teniendo en cuenta que con la edad la composición corporal cambia, mantener los mismos puntos de corte de la normalidad nutricional del IMC para sujetos jóvenes y mayores puede inducir a errores en la catalogación: con la edad aumenta el porcentaje de masa grasa y se reduce la masa libre de grasa y el agua corporal total. Por este motivo, aunque el IMC no discrimina compartimentos corporales, autores como Winter⁽¹⁷²⁾ o Sorkin⁽¹⁷³⁾ propusieron modificar los límites del normopeso del IMC para la edad avanzada.

En los voluntarios varones evaluados el porcentaje de masa libre de grasa se mantuvo estable hasta los 50 años, reduciéndose ligeramente a partir de entonces. Esta tendencia se observó en las mujeres a partir de los 40 años. Speakman⁽⁶⁸⁾ documentó una asociación positiva entre la MG y la MLG con la edad hasta los 52 años. Los trabajos de Kyle describieron resultados similares⁽¹³⁶⁾ (Tablas 3,4 y 5).

Tomando como referencia los valores de % de MG de Kyle (Tabla 4), los varones catalogados como normopeso se situaron, como promedio, entre los percentiles 75 y 95; mientras que las mujeres estaban cerca del percentil 25. Aunque en ambos casos la población estudiada presenta valores normales de masa grasa, las mujeres tenían una composición corporal más “saludable” que los varones. Estos resultados coinciden con los observados en otros trabajos^(135, 140, 149).

Por otra parte, a medida que pasan los años, no sólo cambia la composición corporal, sino también la distribución de la grasa. Así, los resultados del estudio NHANES⁽¹⁷⁴⁾ mostraron que la circunferencia de la cintura aumentaba con la edad hasta los 70 años. Lahti-Koski⁽¹⁷⁵⁾, siguiendo la misma línea de investigación, cuantificó dicho incremento en 2,7 cm para varones y 4,3 cm para mujeres durante un seguimiento de 15 años. En el presente trabajo, se ha observado esta tendencia en los varones, pero no en las mujeres. Este hecho parece indicar que las mujeres voluntarias probablemente se cuidaban más que la media (lo que corrobora también su menor %MG), aunque presentaron valores normales en todos los índices nutricionales.

Respecto a los sujetos con IMC mayor de 25 kg/m², el 77% presentó sobrepeso y el 23% restante, obesidad. La media de edad de estos individuos fue de 45,2 años (rango 23-65), ligeramente superior a la de los sujetos con normopeso. El 41% de los sujetos de este grupo refirió padecer problemas de salud; sin embargo, no fueron rechazados debido a que, en su mayoría, eran problemas traumatológicos, que aunque podían afectar a la actividad física y, por tanto al GET, no tenían ninguna influencia sobre el GER. El 38,5% de los sujetos afirmó haber seguido una dieta hipocalórica en alguna ocasión, especialmente las mujeres. Este hecho es algo habitual, y así lo reflejan los resultados del estudio llevado a cabo por Rodríguez-Rodríguez en 2009⁽¹⁷⁶⁾ en el que el 44,9% de los encuestados refirió haber seguido dietas hipocalóricas, especialmente las mujeres. Los sujetos con sobrepeso u obesidad como media realizaban 5-6 ingestas al día, mientras que los que presentaban normopeso únicamente realizaban 4. A pesar de que el número de ingestas fue mayor en el segundo grupo de estudio, el porcentaje de sujetos que no desayunaban también fue mayor (7,7%). La relación existente entre este patrón alimenticio y la prevalencia de obesidad ha sido ampliamente referenciada^(177, 178), por lo que cabe sospechar que las 5-6 ingestas registradas, a pesar de coincidir con las recomendaciones^(179, 180), no siguen un adecuado reparto energético a lo largo del día.

En cuanto a los hábitos tóxicos, se observa que en este grupo el porcentaje de fumadores fue menor (7.7%), distanciándose notablemente de la media española (32,7%). De entre los

sujetos reclutados con sobrepeso u obesidad fue mayor la proporción de abstemios (20,5%), situándose más cerca de la media española (29,9%) que los sujetos con normopeso; sin embargo, los que afirmaron consumir alcohol, lo hacían con una frecuencia mayor. Al igual que en el caso de la muestra inicial, la mayoría de los sujetos con sobrepeso u obesidad presentaron un nivel de actividad muy bajo, considerándose un 82,1% de la muestra sedentario.

Es interesante el estudio de la composición corporal en este grupo, puesto que el hecho de catalogar a los sujetos en base al IMC puede llevar a que un individuo con un gran componente muscular se incluya en la categoría del sobrepeso o, incluso, de la obesidad. Estas categorías, por definición, se corresponden con un exceso de MG. Debido a que el músculo es un tejido activo, al contrario que la MG, el GER de un sujeto con un gran componente graso será menor que el GER de un sujeto con un gran componente muscular. Las diferencias en la composición corporal debidas al sexo también se observaron en este grupo [varones: 73,2% MLG (5,0) *versus* mujeres: 60,3% MLG (4,3)]. El %MG en los varones correspondió con el percentil 95 de la población de Kyle⁽¹³⁶⁾, y por encima de este valor en el caso de las mujeres.

7.2 Estudio calorimétrico y análisis del gasto registrado en la muestra.

La calorimetría indirecta es una técnica sencilla, inocua, rápida y relativamente económica que, en la práctica clínica, se considera como método de referencia⁽⁹⁾. La mayoría de los modelos de estimación del GER se desarrolla utilizando la CI como criterio de validación, si bien es cierto que la precisión de esta técnica puede verse afectada por cambios en el protocolo de medición o en el equipo^(30, 98, 181, 182).

El calorímetro Deltatrac es, quizá, el equipo más ampliamente utilizado, ya que es el más completo y preciso, aunque su elevado coste y compleja maniobrabilidad hacen que su uso se destine fundamentalmente a la investigación. En el estudio de Cooper⁽¹⁸³⁾ se compararon 5 equipos distintos, incluido el Deltatrac, y se observaron diferencias estadísticamente significativas con todos ellos. Sin embargo, el coeficiente de variación (CV) del intercambio gaseoso del Deltatrac fue tan solo del 3%, mientras que los del resto de equipos estuvieron entre el 4,8% y el 10,9%. En otros trabajos, en los que se analizó el comportamiento de distintos calorímetros *in vitro* se observaron CV para el VO₂ en el caso del Deltatrac de

0.56±0.36% y de 0.88± 3.1% para el Vmax Encore⁽¹⁰¹⁾; y, en cuanto a la estabilidad de los calorímetros, el Deltratac también mostró CV menores que otros equipos. Por otra parte, Cadena⁽¹⁸⁴⁾ analizó la influencia de la posición del sujeto durante la calorimetría, y consideró un CV del 10% como límite tolerable para admitir que la lectura sea fiable en sujetos sanos, lo que coincide con los resultados de los trabajos de Cooper⁽¹⁸³⁾ y Compher⁽⁸³⁾.

El calorímetro empleado en este trabajo es un calorímetro de mascarilla ampliamente utilizado en la práctica clínica (Fitmate, Cosmed). Este tipo de equipamiento es más práctico y económico, por lo que su uso está cada vez más extendido. Se ha demostrado una adecuada validez del Fitmate cuando se compara con otros calorímetros de canopio, así como en las mediciones test-retest. El reciente trabajo de Lupinsky⁽¹⁸⁵⁾ evidenció que este calorímetro, comparado con el Deltratac-II, es válido para estimar el GER en sujetos sin ventilación mecánica. Vandarakis⁽¹⁸⁶⁾ obtuvo el mismo resultado en adultos sanos al comparar el Fitmate con el calorímetro previamente validado Quark CPET. Estos mismos hallazgos han sido documentados con otros calorímetros⁽¹⁸⁷⁾.

En el presente estudio se han encontrado coeficientes de variación de la estimación del VO₂ ligeramente superiores a los ya comentados. Esta variabilidad podría explicarse, en parte, porque el tiempo de reposo previo a la medición no haya sido suficiente, tal como describió Compher⁽⁸³⁾, o a la falta de familiarización de los sujetos con la mascarilla, como indicó Henry⁽³⁰⁾, o al tiempo total de registro, a pesar de haber seguido estrictamente el protocolo recomendado por el fabricante.

Algunos estudios han sugerido que la prolongación del tiempo de determinación podría mejorar la precisión y exactitud del GER medido cuando no existe un entrenamiento previo del sujeto, puesto que se ha visto una tendencia a la hiperventilación durante los primeros minutos del registro. Sin embargo, también se ha observado que con determinaciones demasiado prolongadas se pueden obtener lecturas erróneas debidas al agotamiento del sujeto^(30, 181, 182, 188). Estos efectos se documentaron fundamentalmente con el uso de mascarillas. Sin embargo, otros autores no han encontrado diferencias en el GER determinado empleando un canopio o una mascarilla^(181, 189, 190). Los trabajos llevados a cabo por Schutz⁽⁹⁸⁾ indicaron que, para que una medición del gasto sea válida en sujetos sanos, se debe contar con ventilación pulmonar estable, ausencia de fallos en el sistema de recolección de gases, suficiente duración de la medición, adecuada calibración del aparato, chequeo del instrumental mediante la infusión de gas o la aplicación de test de combustión de gases a intervalos regulares, cálculos (VO₂, VCO₂) bajo condiciones estándar, comprobar que la corrección de Haldane está incorporada en el cálculo del VO₂ y ausencia de cambios

significativos en el *pool* de bicarbonato y urea⁽⁹⁸⁾. Tratando de asegurar estos aspectos, en el presente trabajo se siguió estrictamente el protocolo recomendado por el fabricante para su uso y mantenimiento.

Partiendo de la correcta aplicación de las condiciones que requiere el uso de la calorimetría indirecta, Schadewaldt⁽⁹³⁾ profundizó en las posibles fuentes de variabilidad en la medición del GER por CI. En su trabajo se analizaron los siguientes aspectos: 1) variabilidad entre dos modelos de calorímetros diferentes; 2) variabilidad en las lecturas del mismo calorímetro (valoración *in vitro*); 3) variabilidad entre dos calorímetros diferentes, pero del mismo modelo; 4) variabilidad intra-individuo con el mismo calorímetro. Los autores, en base a sus resultados, propusieron la necesidad de realizar una calibración *in vitro* del calorímetro con un flujómetro en cada determinación, con objeto de tratar de reducir al mínimo las distorsiones encontradas en los 4 focos de variabilidad definidos.

Teniendo en cuenta todos estos aspectos y las múltiples posibles fuentes de error en la lectura del calorímetro, en el presente trabajo se planteó un análisis pormenorizado del comportamiento del Fitmate utilizado. Así, se realizó un estudio teórico de las posibles desviaciones en las lecturas del calorímetro y de cómo éstas repercutían en el valor del GER estimado. Considerando que el calorímetro utilizado únicamente mide el VO_2 y toma como referencia un RQ no proteico constante de 0.84, en la primera fase del estudio se evaluó el efecto de los posibles errores en la lectura del VO_2 realizada por el Fitmate. Se observó que errores de entre el $\pm 1\%$ y el $\pm 10\%$ en el VO_2 se traducían en una variación máxima de aproximadamente 164 kcal/d en el valor medio del GER determinado en la muestra. Por otra parte, puesto que el calorímetro utilizado no permite el cálculo del RQ, sino que estima el gasto a partir de un equivalente metabólico teórico (RQ no proteico constante de 0.84), también se evaluó el efecto de las posibles variaciones en el RQ sobre el GER estimado. Atendiendo al rango fisiológico del RQ, las variaciones debidas a un RQ mal estimado pueden provocar variaciones en el GER de aproximadamente 65 kcal/d, o, lo que es lo mismo, errores del 4,5% del GER. Puesto que los errores estudiados pueden tener un efecto acumulativo, se procedió a analizar el posible error en la estimación del GER provocado por errores en el VO_2 y en el RQ. Para ello se tomaron como referencia los rangos de oxidación de sustratos determinados por Elia y Livesey en 1988^(10, 11). Los resultados reflejaron un error medio de 205 kcal/d.

Por otra parte, Schadewaldt⁽⁹³⁾ también demostró que se obtienen mayores CV cuando el flujo de gases es menor. Esto podría explicar el mayor CV observado en la muestra analizada, si se hubiera encontrado una asociación lineal entre la variabilidad del consumo

de O₂ y el peso y la catalogación nutricional de los sujetos, que determina, al menos en parte, el flujo de gases, lo que no ocurrió, ya que el error de lectura se distribuyó por igual en toda la cohorte estudiada.

El tratamiento analítico teórico realizado permite comprender fácilmente las posibles fuentes de error que podrían afectar a la determinación del gasto con este tipo de equipos. Sin embargo, no se han encontrado estudios que apliquen un tratamiento matemático similar. No obstante, Gasic⁽¹⁹¹⁾ evidenció que la calorimetría indirecta proporciona suficiente precisión en la estimación del GER, sobre todo en períodos de tiempo cortos, aunque cuestionó el uso de esta técnica para la evaluación de la utilización metabólica de sustratos. Por tanto, se considera que la determinación del VO₂ realizada con el Fitmate es adecuada para los objetivos del presente estudio.

El GER estimado por calorimetría indirecta en la muestra de sujetos con normopeso fue de 1589 kcal/d. Estudios de validación de ecuaciones predictivas en los que se estima el GER en población con normopeso, como los llevados a cabo por Redman⁽¹⁹²⁾, Müller⁽¹⁴⁴⁾ o Weijs⁽¹⁰⁶⁾, documentan valores medios en sus muestras de 1407,6 kcal/d (202), 1583.5 kcal/d (77,4) y 1331 kcal/d (150), respectivamente. Los resultados del presente estudio son muy similares a los encontrados en el trabajo de Müller.

Está ampliamente aceptado el hecho de que el GER varía en función del sexo. Sin embargo, no está claro si el GER sigue estando afectado por el sexo si se ajusta por la MLG. Autores como Johnstone⁽⁵⁵⁾ o Gallagher⁽⁶⁵⁾ afirman que el sexo no tiene efecto sobre el GER si se corrige su valor por la MLG. Sin embargo, los trabajos de Heymsfield⁽⁶²⁾ o Ravussin⁽⁶⁹⁾ sostienen que, a pesar de las diferencias en la MLG entre varones y mujeres, una vez corregidas éstas, las diferencias entre sexos siguen estando presentes. En los sujetos evaluados también se observaron diferencias estadísticamente significativas en el GER en función sexo (varones: 1822,3 kcal/d; mujeres: 1379,3 kcal/d). Aunque los resultados de este estudio no permiten demostrar ninguna de las dos posturas, lo cierto es que el análisis multivariante incluyó en el modelo propuesto de estimación del gasto el sexo, y no la composición corporal. Las diferencias encontradas en el GER en función del sexo fueron mayores que en otros trabajos (443 kcal/d versus 290 kcal/d⁽¹⁹²⁾), pero similares a otros estudios^(100, 104, 142). Las menores diferencias encontradas fueron con la muestra de De Lorenzo⁽¹³⁸⁾, probablemente debido a que su población de estudio procedía de Italia, por lo que las semejanzas pueden ser mayores que con otros grupos.

El GER en función de la edad desciende por cada década, tanto en varones como en mujeres, excepto entre los 40 y 50 años en los varones, que se mantiene estable. Los estudios llevados a cabo por Keys evidenciaron que el GER tiende a disminuir entre el 1 y el 2% por cada década⁽⁶⁷⁾. En nuestro caso, las diferencias resultaron algo mayores: 4,5% en los varones y 5,5% en las mujeres por cada década.

El valor del gasto en reposo de la muestra de sujetos con $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$ fue de 1750,6 kcal/d (390,7), mayor que en la muestra con normopeso, como ya se ha documentado⁽¹⁹³⁾. El valor medio del GER en estos sujetos fue mayor que el descrito en otros trabajos de validación de ecuaciones, como el llevado a cabo por Weijts⁽¹⁰⁶⁾ [sobrepeso: 1452 kcal/d (184); obesidad: 1614 kcal/d (184)], pero más reducidos que el registrado por Ravussin⁽⁶⁹⁾ (1813.3 kcal/d \pm 83.8). El GER de los varones con IMC mayor de 25 kg/m^2 fue de 1958,3 kcal/d (324,3), y de 1481,8 (297,2) en las mujeres.

7.3 Estudio de la concordancia entre calorimetría indirecta y modelos predictivos.

En los últimos años se ha observado un importante incremento del número de modelos predictivos del GER desarrollados en distintas poblaciones. Sin embargo, existe gran variabilidad en el comportamiento de las distintas ecuaciones en función de diversas características de los sujetos (sexo, etnia, edad, IMC, composición corporal, etc.)⁽³⁴⁾, y no hay un consenso sobre qué modelo es más preciso en población sana. Por ello, y de cara a seleccionar las ecuaciones más adecuadas para describir el gasto en nuestros sujetos, en este apartado se compara el GER obtenido por calorimetría indirecta en la muestra con el estimado a partir de los modelos de estimación del GER más utilizados.

Mediante una exhaustiva revisión de la literatura biomédica para este estudio se evaluaron 40 ecuaciones predictivas desarrolladas en población adulta sana que incluían como variables independientes el peso, la talla, la edad, el sexo y/o la composición corporal (MLG y MG), y cuyo criterio de validación hubiera sido la calorimetría indirecta. De todas ellas se seleccionaron aquellas que se hubieran obtenido a partir de poblaciones con características similares a las de la muestra de este trabajo (edad, sexo, raza). De los modelos de estimación que incluían variables de composición corporal se excluyeron las fórmulas en las que la MLG o la MG fuera un parámetro derivado de variables antropométricas (peso, IMC),

y no medido directamente o estimado indirectamente. Finalmente fueron 5 las fórmulas seleccionadas en base a los criterios estadísticos establecidos ($CCI \geq 0,7$ y ausencia de tendencia lineal de la nube de puntos del modelo de Bland-Altman).

La fórmula de Korth⁽¹³⁹⁾ proporcionó los mejores resultados en base a criterios gráficos y analíticos. El buen comportamiento de este modelo puede deberse a la similitud de la muestra con la que se diseñó la ecuación y la del presente trabajo: en ambos casos se analizaron adultos sanos de origen caucásico con edades similares. La muestra de Korth incluyó sujetos con sobrepeso y obesidad, por lo que su IMC medio fue mayor y el porcentaje de MLG, menor. Y en la muestra estudiada se observó que, aunque los sujetos presentaron IMC dentro de la normalidad nutricional, los porcentajes de MG de algunos de ellos fueron algo elevados, lo que hace que ambas poblaciones sean similares en cuanto a composición corporal.

Aunque para el resto de las ecuaciones seleccionadas se obtuvieron valores de CCI elevados y estadísticamente significativos, todas ellas presentaron cierta tendencia positiva en la nube de puntos del gráfico de Bland-Altman.

La población italiana con la que De Lorenzo⁽¹⁶⁵⁾ desarrolló su ecuación estaba formada por un mayor número de mujeres que de varones, y de más edad. Estas características podrían explicar las pequeñas diferencias observadas. Igual que el modelo de Koth, la ecuación de De Lorenzo también incluyó sujetos con sobrepeso y obesidad.

La fórmula de Schofield⁽¹⁰³⁾ tuvo un comportamiento razonablemente adecuado, con valores de CCI de 0,82 (0,62-0,90). A pesar de que este modelo se desarrolló a partir de una de las muestras de mayor tamaño, algunos autores critican su representatividad, ya que indican que contiene un desproporcionado número de sujetos italianos, y una escasa presencia de sujetos de origen tropical⁽³⁰⁾. En su trabajo Henry⁽³⁰⁾ indica que la fórmula de Schofield tiende a sobreestimar el gasto, dadas las características de la muestra utilizada para el desarrollo del modelo (que contenía un elevado número de sujetos con alto GER). Sin embargo, en nuestra muestra el modelo lo infraestima, igual que se ha documentado en otros estudios^(113, 114, 165, 194).

La primera fórmula con reconocimiento internacional para la estimación del GER fue la de Harris-Benedict⁽¹⁰⁰⁾. Sin embargo, aunque a día de hoy aún se puede considerar el modelo predictivo de mayor uso en la práctica clínica, la literatura pone en franca controversia su aplicación. Douglas⁽¹⁹⁵⁾ o Parra-Carriedo⁽¹⁹⁶⁾ documentaron que su eficacia puede verse afectada tanto por la etnia, como por la evolución ponderal del sujeto. Daly⁽¹²³⁾ evidenció que

en pacientes sanos puede llegar a sobreestimar el gasto entre un 10 y un 15%. Frankenfield⁽³⁴⁾ observó que el modelo sobreestimaba el GER en la mayoría de los 25 estudios que analizó. Sin embargo, también se ha constatado que el valor del GER pronosticado con este modelo es menor que el gasto medido en entre un 7 y un 21% de los sujetos con normopeso y sobrepeso, y hasta en el 65% de los sujetos obesos⁽³⁴⁾. Los resultados del presente estudio siguen esta última tendencia, ya que el modelo de Harris-Benedict, aunque presenta un comportamiento razonablemente adecuado, tal como indica el CCI, tiende a infraestimar el gasto de los sujetos evaluados.

Todos los modelos evaluados infraestimaron el GER, respecto al determinado por CI, lo que se contradice con la mayoría de los estudios publicados⁽³⁴⁾. Sin embargo, esta tendencia también se ha observado en algunos trabajos^(113, 114, 138, 194). No es probable que estas diferencias se deban a las características de la muestra estudiada, ya que, aunque la mayoría de los modelos se ha obtenido en sujetos sanos y con sobrepeso y obesidad, en nuestro estudio, como ya se ha comentado, se ha observado un porcentaje de masa grasa elevado. Otra posible justificación son las limitaciones discutidas en el epígrafe 7.1 a cerca del calorímetro utilizado: tiempo de determinación y uso de mascarilla^(30, 181, 182).

Aplicando los criterios de inclusión y estadísticos definidos en el estudio no ha podido seleccionarse ninguna fórmula basada en variables de composición corporal. Por tanto, nuestros resultados indican que las ecuaciones que contienen el peso y/o la talla se comportan mejor para la estimación del GER. Se ha observado que, en los últimos años, se tiende a desarrollar ecuaciones de estimación del GER a partir de la MLG, puesto que, tal y como apuntan Nelson⁽¹⁵⁶⁾ y Mifflin⁽¹⁰⁴⁾, esta variable es uno de los mejores predictores del GER. Sin embargo, algunos autores⁽¹³⁹⁾ evidencian que la técnica utilizada para determinar o estimar la composición corporal afecta tanto a la pendiente, como a la intersección de la recta de regresión de la asociación entre el GER y la MLG. Así, se ha observado que los modelos que no incluyen variables de composición corporal presentan menor variabilidad y, por tanto, mejor comportamiento⁽¹³⁹⁾.

Aunque nuestros resultados respaldan la utilización de los modelos predictivos como una herramienta apropiada para la práctica diaria, el presente trabajo tiene algunas limitaciones. El tamaño muestral empleado fue suficiente para el estudio de concordancia, puesto que se calculó, pero la población analizada no puede considerarse representativa de la población adulta sana española por el reducido tamaño muestral y la no aleatorización de los participantes. Por tanto, sería adecuado evaluar los modelos predictivos estudiados en una muestra de gran tamaño y representativa de la población sana española y comprobar la

precisión en la determinación del GER por calorimetría indirecta aumentando el tiempo de registro. Este trabajo permitiría, además, desarrollar un modelo predictivo específico para la estimación del GER en esta población.

En conclusión, existen grandes variaciones en la estimación del gasto energético en reposo en función del modelo predictivo empleado. La ecuación de Korth puede ser un método adecuado para la estimación del GER en sujetos adultos sanos, aunque las fórmulas de Schofield y Harris-Benedict, ampliamente utilizadas, y la de De-Lorenzo, también han presentado un comportamiento aceptable. Los modelos de estimación del GER que incluyen variables como el sexo, la edad, el peso y/o la talla se comportan mejor en la predicción del GER en la población sana española evaluada que las que contienen variables de composición corporal.

7.4 Propuesta de una nueva fórmula de estimación GER.

Las técnicas calorimétricas, aunque se han convertido en algo habitual en la práctica clínica, requieren una importante inversión inicial y no están exentas de ciertas limitaciones en algunos pacientes⁽⁹⁾. Los modelos predictivos de estimación del GER son fácilmente aplicables en cualquier situación y en cualquier sujeto. Por tanto, son técnicas mucho más prácticas, simples, rápidas, accesibles y económicas. Estos métodos, a pesar de ser considerados menos exactos debido a que en ocasiones

sobreestiman o infraestiman el GER incluso entre sujetos de una misma población, se consideran buenos métodos de predicción si se utilizan adecuadamente⁽⁵⁴⁾. En este epígrafe se pretende desarrollar una nueva ecuación predictiva del GER para la población española adulta sana, tras constatar que las ecuaciones más utilizadas en la población sana española no presentan un buen comportamiento frente a la calorimetría indirecta⁽¹⁹⁷⁾.

Aunque la mayoría de los trabajos en los que se han desarrollado ecuaciones predictivas para la estimación del GER en población general incluyen sujetos con normopeso, sobrepeso, obesidad e incluso bajo peso para la talla^(140, 150, 152, 165), en el presente estudio se incluyeron sólo los sujetos con normopeso, de acuerdo al IMC, dado que el objetivo era obtener una fórmula aplicable en población sana.

Siguiendo las evidencias científicas, se optó por la CI como técnica de referencia para el desarrollo de la fórmula⁽⁹⁾. El modelo de calorímetro empleado, así como su protocolo de medición, han demostrado una adecuada validez para la estimación del GER^(185-187, 198, 199). Sin embargo, no se debe pasar por alto las posibles limitaciones derivadas de la técnica calorimétrica y del modelo de calorímetro utilizado^(30, 181, 182).

Para la selección de las variables a incluir en el análisis de regresión lineal múltiple para la obtención de la nueva ecuación, se tuvieron en cuenta los trabajos de Ravussin⁽⁵³⁾ y Johnstone⁽⁵⁵⁾. Ravussin⁽⁵³⁾ estableció que la variabilidad intraindividual del GER supone entre el 0.2 y el 0.9%, y que entre el 73 y el 82% de la variancia del GET se explica por diferencias en el peso y la talla; también documentó que el GER se relaciona con el masa libre de grasa (MLG), pero no con el porcentaje graso. Por otra parte, los estudios de Johnstone⁽⁵⁵⁾ observaron una mayor variabilidad intraindividual del GER (hasta el 2%), y que la mayor parte del GER se explica por la MLG, la masa grasa (MG) y la edad. En base a estos modelos, se decidió incluir en la ecuación de predicción como posibles variables independientes el peso, la talla, la MLG, la MG y la edad.

El sexo es otra variable determinante del GER. Algunos modelos de estimación la incorporan directamente, mientras que otros consideran que al incluir en la ecuación variables de composición corporal, las diferencias en función del sexo desaparecen^(53, 55, 200), puesto que las mujeres, en general, presentan menor MLG que los varones⁽⁶²⁾. No obstante, se ha observado que, tras un ajuste apropiado, el GER en las mujeres muestra diferencias estadísticamente significativas con el GER de los varones⁽⁶⁹⁾. Por ello se decidió incluir independientemente la variable sexo, ya que, en caso de no ser determinante, sería descartada durante el análisis de regresión.

La ecuación seleccionada finalmente incluyó los determinantes con mayor peso en la variabilidad del GER en la muestra evaluada: sexo, peso y edad. Nuestro trabajo, por tanto, se mantiene en la tendencia habitual entre los autores más clásicos de incluir únicamente variables simples^(79, 103, 108, 109, 140, 141). Estudios previos de nuestro grupo de investigación determinaron que las ecuaciones que contienen el peso y/o la talla se comportan mejor en la estimación del GER que las que tienen en cuenta variables de composición corporal⁽¹⁹⁷⁾. Como se recogió en el anterior epígrafe, resultados ya obtenidos en otros trabajos, como el de Korth⁽¹³⁹⁾, evidencian que los modelos que no incluyen variables de composición corporal presentan menor variabilidad y, por tanto, mejores resultados. La posible causa de las discrepancias observadas en ambos tipos de modelos es el uso de distintas técnicas en la determinación de la composición corporal. Sin embargo, en la actualidad, los nuevos

modelos tienden a incluir estas variables, ya que la MLG es considerada uno de los mejores predictores del GER^(53, 55, 58, 59, 104, 156).

Como ya se ha comentado, la mayoría de los estudios dirigidos a desarrollar nuevas ecuaciones predictivas del GER han incluido sujetos con distintas catalogaciones nutricionales. Pero también se han llevado a cabo otros trabajos con objeto de obtener modelos específicos para personas con sobrepeso y obesidad, puesto que las ecuaciones para población general no presentaban un adecuado comportamiento en estos sujetos^(196, 200). Esta tendencia a crear modelos predictivos demasiado específicos complica enormemente su uso en la práctica diaria. Contar con una ecuación que *a priori* presenta un comportamiento adecuado tanto en población con normopeso como en sujetos con sobrepeso u obesidad, facilitaría la generalización en el uso de los modelos predictivos.

El modelo obtenido se probó en una segunda muestra de estudio formada por 39 sujetos de ambos sexos con sobrepeso u obesidad, y se observó un buen comportamiento (CCI de 0,880; IC del 95%: 0,772 – 0,937).

La principal limitación del presente trabajo es la falta de randomización de la muestra. Sin embargo, se propone un modelo de estimación del GER válido para población adulta sana con $IMC \geq 18,5 \text{ kg/m}^2$, útil en la práctica diaria.

8 CONCLUSIONS/CONCLUSIONES

8.1 Conclusions

1. The theoretical study about the variability of the Fitmate COSMED showed that this calorimeter could be used for estimating REE in healthy adults.
2. REE was higher in men than in women in our sample. The REE determined in individuals with overweight was higher than in the normal weight ones.
3. There are large variations in the estimated resting energy expenditure depending on the predictive model used.
4. The Korth equation may be a suitable method for the estimation of REE in healthy adult subjects, although the Schofield and Harris-Benedict formulas, widely used, as well as that of De-Lorenzo, also showed an acceptable accuracy.
5. REE predictive equations which include variables such as sex, age, weight and/or height showed better results in predicting REE in our sample of healthy Spanish population than those which contain body composition variables.
6. A new equation, which includes sex, age and weight, has been proposed for estimating REE in Spanish healthy population: $REE \text{ (kcal/d)} = 1376,4 - 308 \text{ Sex (M=0; W=1)} + 11,1 \text{ Weight (kg)} - 8 \text{ Age (years)}$; (R^2 : 0,68; EE: 175,95).
7. The equation proposed shows an acceptable accuracy in overweight subjects.

8.2 Conclusiones

1. El estudio teórico de la variabilidad del calorímetro portable Fitmate COSMED indicó que puede utilizarse de forma fiable en la determinación del gasto energético en reposo en adultos sanos.
2. El GER determinado en la muestra estudiada fue mayor en varones que en mujeres, y en sujetos con sobrepeso y obesidad que en individuos con normopeso.
3. Existen grandes variaciones en la estimación del gasto energético en reposo en función del modelo predictivo empleado.
4. La ecuación de Korth es un método adecuado para la estimación del GER en sujetos adultos sanos, aunque las fórmulas de Schofield y Harris-Benedict, ampliamente utilizadas, y la de De-Lorenzo, también presentaron un comportamiento aceptable.
5. Los modelos de estimación del GER que incluyen variables como el sexo, la edad, el peso y/o la talla se comportaron mejor en la predicción del GER en la población sana española evaluada que las que contienen variables de composición corporal.
6. Se presenta un nuevo modelo de estimación del GER para población sana española fácilmente aplicable en la práctica diaria, que incluye las variables sexo, edad y peso:
$$\text{GER (kcal/d)} = 1376,4 - 308 \text{ Sexo (V=0; M=1)} + 11,1 \text{ Peso (kg)} - 8 \text{ Edad (años)}$$
$$(R^2: 0,68; \text{EE: } 175,95).$$
7. La ecuación propuesta presenta un comportamiento adecuado en sujetos con $\text{IMC} \geq 25 \text{ kg/m}^2$.

9 BIBLIOGRAFÍA

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Swinburn B, Egger G. The runaway weight gain train: too many accelerators, not enough brakes. *BMJ*. 2004;329(7468):736-9.
2. Ravussin E. Obesity in Britain. Rising trend may be due to "pathoenvironment". *BMJ*. 1995;311(7019):1569.
3. NEEL JV. Diabetes mellitus: a "thrifty" genotype rendered detrimental by "progress"? *Am J Hum Genet*. 1962;14:353-62.
4. Gargallo M BJ, Breton I, Quiles J. Recomendaciones nutricionales basadas en la evidencia para la prevención del sobrepeso y la obesidad en adultos (Consenso FESNAD-SEEDO). *Rev Esp Obes*. 2011;9(supl.1):5 - 77.
5. Finucane MM, Stevens GA, Cowan MJ, Danaei G, Lin JK, Paciorek CJ, et al. National, regional, and global trends in body-mass index since 1980: systematic analysis of health examination surveys and epidemiological studies with 960 country-years and 9.1 million participants. *Lancet*. 2011;377(9765):557-67.
6. Instituto Nacional de Estadística. Encuesta Nacional de Salud 2011-2012. [actualizado en marzo de 2013].

Disponible en: <http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=/t15/p419&file=inebase>
7. Galgani J, Ravussin E. Energy metabolism, fuel selection and body weight regulation. *Int J Obes*. 2008;32:S109-S19.
8. Chaput JP, Perusse L, Despres JP, Tremblay A, Bouchard C. Findings from the Quebec Family Study on the Etiology of Obesity: Genetics and Environmental Highlights. *Curr Obes Rep*. 2014;3(1):54-66.
9. Haugen HA, Chan LN, Li F. Indirect calorimetry: a practical guide for clinicians. *Nutr Clin Pract*. 2007;22(4):377-88.
10. Livesey G, Elia M. Estimation of energy-expenditure, net carbohydrate utilization, and net fat oxidation and synthesis by indirect calorimetry - evaluation of errors with special reference to the detailed composition of fuels. *Am J Clin Nutr*. 1988;47(4):608-28.

11. Elia M, Livesey G. Theory and validity of indirect calorimetry during net lipid-synthesis. *Am J Clin Nutr.* 1988;47(4):591-607.
12. Elia M, Cummings JH. Physiological aspects of energy metabolism and gastrointestinal effects of carbohydrates. *Eur J Clin Nutr.* 2007;61 Suppl 1:S40-74.
13. Merrill AL, Watt BK. Energy value of foods...basis and derivation. United States: Agriculture Handbook; 1950. p:109.
14. Southgate DA, Durnin JV. Calorie conversion factors. An experimental reassessment of the factors used in the calculation of the energy value of human diets. *Br J Nutr.* 1970;24(2):517-35.
15. Southgate DAT. The Relationship between Food Composition and Available Energy. Provisional Agenda Item 413, Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation on Energy and Protein Requirements, Rome, 5 to 17 October 1981. ESN: FAO/WHO/UNU EPR/81/41 August 1981 ed. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization, The United Nations University; 1981.
16. Racotta R. Metabolismo energético en el humano. Un enfoque cuantitativo. Primera ed. México: Instituto Politécnico Nacional; 2001.
17. Bray GA, Champagne CM. Beyond energy balance: there is more to obesity than kilocalories. *J Am Diet Assoc.* 2005;105(5 Suppl 1):S17-23.
18. López-fontana C, Martínez-González M, Martínez J. Obesidad, metabolismo energético y medida de la actividad física. *Rev Esp Obes.* 2003;1(1):29-36.
19. Martinez J. Balance energético: peso y composición corporal. In: Martinez J, editor. *Fundamentos teórico-prácticos de nutrición y dietética.* Madrid: McGraw-Hill Interamericana; 1998. p. 37-50.
20. Spiegelman BM, Flier JS. Obesity and the Regulation of Energy Balance. *Cell.* 2001;104(4):531-43.
21. So M, Gaidhu MP, Maghdoori B, Ceddia RB. Analysis of time-dependent adaptations in whole-body energy balance in obesity induced by high-fat diet in rats. *Lipids Health Dis.* 2011;10:99.

22. OMS. Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud: marco para el seguimiento y evaluación de la aplicación. Geneva 2004.
23. Weekes CE. Controversies in the determination of energy requirements. *Proc Nutr Soc.* 2007;66(3):367-77.
24. FAO. Calorie requirements: Report of the Committee on Calorie Requirements. Rome: FAO Nutritional Studies; 1950.
25. Tseng YH, Cypess AM, Kahn CR. Cellular bioenergetics as a target for obesity therapy. *Nat Rev Drug Discov.* 2010;9(6):465-82.
26. Ferro-Luzzi A. The conceptual framework for estimating food energy requirement. *Pub Health Nutr.* 2005;8(7A):940-52.
27. Wiskin AE, Davies JH, Wootton SA, Beattie RM. Energy expenditure, nutrition and growth. *Arch Dis Child.* 2011;96(6):567-72.
28. Elia M. Insights into energy requirements in disease. *Pub Health Nutr.* 2005;8(7A):1037-52.
29. Ravussin E, Bogardus C. A brief overview of human energy metabolism and its relationship to essential obesity. *Am J Clin Nutr.* 1992;55(1 Suppl):242S-5S.
30. Henry CJK. Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations. *Pub Health Nutr.* 2005;8(7A):1133-52.
31. Bedale EM. Energy Expenditure and Food Requirements of Children at School. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences.* 1923;94(662):368-404.
32. Mitchell HH. *Comparative Nutrition of Man and Domestic Animals*: New York: Academic Press; 1962.
33. Roberts SB, Dallal GE. Energy requirements and aging. *Pub Health Nutr.* 2005;8(7A):1028-36.
34. Frankenfield D, Roth-Yousey L, Compher C, Evidence Anal Working G. Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: A systematic review. *J Am Diet Assoc.* 2005;105(5):775-89.

35. Feurer I, Mullen JL. Bedside Measurement of Resting Energy Expenditure and Respiratory Quotient via Indirect Calorimetry. *Nutr Clin Pract.* 1986;1(1):43-9.
36. Berke EM, Gardner AW, Goran MI, Poehlman ET. Resting metabolic rate and the influence of the pretesting environment. *Am J Clin Nutr.* 1992;55(3):626-9.
37. Cunningham JJ. Body composition as a determinant of energy expenditure: a synthetic review and a proposed general prediction equation. *Am J Clin Nutr.* 1991;54(6):963-9.
38. Figueroa-Colon R, Franklin FA, Goran MI, Lee JY, Weinsier RL. Reproducibility of measurement of resting energy expenditure in prepubertal girls. *Am J Clin Nutr.* 1996;64(4):533-6.
39. Human energy requirements: report of a joint FAO/ WHO/UNU Expert Consultation. *Food and Nutrition Bulletin.* 2005;26(1):166-.
40. Ahima RS. Principles of Human Energy Metabolism. In: Galgani J, Ravoussin E, editors. *Principles of Human Energy Metabolism.* New York (USA): Springer; 2011.
41. Joosen AM, Westerterp KR. Energy expenditure during overfeeding. *Nutr Metab.* 2006;3:25.
42. Raben A, Agerholm-Larsen L, Flint A, Holst JJ, Astrup A. Meals with similar energy densities but rich in protein, fat, carbohydrate, or alcohol have different effects on energy expenditure and substrate metabolism but not on appetite and energy intake. *Am J Clin Nutr.* 2003;77(1):91-100.
43. Westerterp KR. Diet induced thermogenesis. *Nutr Metab.* 2004;1(1):5.
44. Weststrate JA. Resting metabolic rate and diet-induced thermogenesis: a methodological reappraisal. *Am J Clin Nutr.* 1993;58(5):592-601.
45. Tataranni PA, Larson DE, Snitker S, Ravussin E. Thermic effect of food in humans: methods and results from use of a respiratory chamber. *Am J Clin Nutr.* 1995;61(5):1013-9.
46. Ibáñez J, C E. Ejercicio físico en la prevención y tratamiento de la obesidad. *Nutr Obes.* 2002;5:59-62.

47. Macho-Azcárate T, Calabuig J, Martí A, Martínez JA. A maximal effort trial in obese women carrying the beta2-adrenoceptor Gln27Glu polymorphism. *J Physiol Biochem.* 2002;58(2):103-8.
48. López-Fontana C, Martínez-González M, Martínez J. Obesidad, metabolismo energético y medida de la actividad física. *Rev Esp Obes.* 2003;1(1):29-36.
49. Mataix J. *Nutrición y alimentación Humana*, 2ª ed. Majadahonda (Madrid): Ergon; 2009.
50. Rose MDS, Taylor CM, MacLeod G. *Rose's Laboratory Handbook for Dietetics*: New York: MacMillan; 1949.
51. Energy and protein requirements. Report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. World Health Organization technical report series. 1985;724:1-206.
52. OMS. Método STEPwise de vigilancia. Global Physical Activity Questionnaire / GPAQ. 2004. [Citado en octubre de 2015].

Disponible en: <http://www.who.int/chp/steps/GPAQ/es/>
53. Ravussin E, Lillioja S, Anderson TE, Christin L, Bogardus C. Determinants of 24-hour energy-expenditure in man - methods and results using a respiratory chamber. *J Clin Invest.* 1986;78(6):1568-78.
54. Pinheiro Volp AC, Esteves de Oliveira FC, Duarte Moreira Alves R, Esteves EA, Bressan J. Energy expenditure: components and evaluation methods. *Nutr Hosp.* 2011;26(3):430-40.
55. Johnstone AM, Murison SD, Duncan JS, Rance KA, Speakman JR. Factors influencing variation in basal metabolic rate include fat-free mass, fat mass, age, and circulating thyroxine but not sex, circulating leptin, or triiodothyronine. *Am J Clin Nutr.* 2005;82(5):941-8.
56. Siri WE. The gross composition of the body. *Advances in Biological and Medical Physics.* 1956;4:239-80.
57. Keys A, Brozek J. Body fat in adult man. *Physiol Rev.* 1953;33(3):245-325.

58. de Jonge L, Bray GA, Smith SR, Ryan DH, de Souza RJ, Loria CM, et al. Effect of diet composition and weight loss on resting energy expenditure in the POUNDS LOST study. *Obesity* (Silver Spring). 2012;20(12):2384-9.
59. Wang Z, Heshka S, Gallagher D, Boozer CN, Kotler DP, Heymsfield SB. Resting energy expenditure-fat-free mass relationship: new insights provided by body composition modeling. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2000;279(3):E539-45.
60. Kinney J, Tucker H. Energy metabolism: tissue determinants and cellular corollaries. In: Elia M, editor. *Organ and tissue contribution to metabolic rate*. New York: Raven Press; 1992. p. 61-79.
61. Javed F, He Q, Davidson LE, Thornton JC, Albu J, Boxt L, et al. Brain and high metabolic rate organ mass: contributions to resting energy expenditure beyond fat-free mass. *Am J Clin Nutr*. 2010;91(4):907-12.
62. Heymsfield SB, Thomas D, Bosy-Westphal A, Shen W, Peterson CM, Muller MJ. Evolving concepts on adjusting human resting energy expenditure measurements for body size. *Obes Rev*. 2012;13(11):1001-14.
63. Das SK, Saltzman E, McCrory MA, Hsu LK, Shikora SA, Dolnikowski G, et al. Energy expenditure is very high in extremely obese women. *J Nutr*. 2004;134(6):1412-6.
64. Heymsfield SB, Gallagher D, Kotler DP, Wang Z, Allison DB, Heshka S. Body-size dependence of resting energy expenditure can be attributed to nonenergetic homogeneity of fat-free mass. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2002;282(1):E132-8.
65. Gallagher D, Elía M. Composición corporal, masa de órganos y gasto energético en reposo. In: Heymsfield S, Lohman T, Wang Z, Going S, editors. *Composición Corporal México: Mc Graw Hill Interamericana*. 2007. p. 228-38.
66. Bosy-Westphal A, Kossel E, Goele K, Later W, Hitze B, Settler U, et al. Contribution of individual organ mass loss to weight loss-associated decline in resting energy expenditure. *Am J Clin Nutr*. 2009;90(4):993-1001.
67. Keys A, Taylor HL, Grande F. Basal metabolism and age of adult man. *Metabolism*. 1973;22(4):579-87.

68. Speakman JR, Westerterp KR. Associations between energy demands, physical activity, and body composition in adult humans between 18 and 96 y of age. *Am J Clin Nutr.* 2010;92(4):826-34.
69. Ravussin E, Lillioja S, Knowler WC, Christin L, Freymond D, Abbott WG, et al. Reduced rate of energy expenditure as a risk factor for body-weight gain. *N Engl J Med.* 1988;318(8):467-72.
70. Sun M, Gower BA, Nagy TR, Trowbridge CA, Dezenberg C, Goran MI. Total, resting, and activity-related energy expenditures are similar in Caucasian and African-American children. *Am J Physiol.* 1998;274(2 Pt 1):E232-7.
71. Foster GD, Wadden TA, Vogt RA. Resting energy expenditure in obese African American and Caucasian women. *Obes Res.* 1997;5(1):1-8.
72. Broeder CE, Burrhus KA, Svanevik LS, Wilmore JH. The effects of aerobic fitness on resting metabolic rate. *Am J Clin Nutr.* 1992;55(4):795-801.
73. Broeder CE, Burrhus KA, Svanevik LS, Wilmore JH. The effects of either high-intensity resistance or endurance training on resting metabolic rate. *Am J Clin Nutr.* 1992;55(4):802-10.
74. Dugas LR, Harders R, Merrill S, Ebersole K, Shoham DA, Rush EC, et al. Energy expenditure in adults living in developing compared with industrialized countries: a meta-analysis of doubly labeled water studies. *Am J Clin Nutr.* 2011;93(2):427-41.
75. Butterfield GE, Gates J, Fleming S, Brooks GA, Sutton JR, Reeves JT. Increased energy intake minimizes weight loss in men at high altitude. *J Appl Physiol (1985).* 1992;72(5):1741-8.
76. Mawson JT, Braun B, Rock PB, Moore LG, Mazzeo R, Butterfield GE. Women at altitude: energy requirement at 4,300 m. *J Appl Physiol (1985).* 2000;88(1):272-81.
77. Beall CM. Two routes to functional adaptation: Tibetan and Andean high-altitude natives. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2007;104 Suppl 1:8655-60.
78. Celi FS, Brychta RJ, Linderman JD, Butler PW, Alberobello AT, Smith S, et al. Minimal changes in environmental temperature result in a significant increase in energy expenditure and changes in the hormonal homeostasis in healthy adults. *Eur J Endocrinol.* 2010;163(6):863-72.

79. Benedict FG. The Factors Affecting Normal Basal Metabolism. *Proc Natl Acad Sci USA*. 1915;1(2):105-9.
80. de Jonge L, Zhao X, Mattingly MS, Zuber SM, Piaggi P, Csako G, et al. Poor sleep quality and sleep apnea are associated with higher resting energy expenditure in obese individuals with short sleep duration. *J Clin Endocrinol Metab*. 2012;97(8):2881-9.
81. Dickerson RN, Roth-Yousey L. Medication effects on metabolic rate: a systematic review (part 1). *J Am Diet Assoc*. 2005;105(5):835-43.
82. Dickerson RN, Roth-Yousey L. Medication effects on metabolic rate: a systematic review (part 2). *J Am Diet Assoc*. 2005;105(6):1002-9.
83. Compher C, Frankenfield D, Keim N, Roth-Yousey L. Best practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: a systematic review. *J Am Diet Assoc*. 2006;106(6):881-903.
84. Denne SC, Kalhan SC. Leucine metabolism in human newborns. *Am J Physiol*. 1987;253(6 Pt 1):E608-15.
85. Holliday MA. Metabolic rate and organ size during growth from infancy to maturity and during late gestation and early infancy. *Pediatrics*. 1971;47(1):Suppl 2:169-.
86. Wells JC, Davies PS. The effect of diet and sex on sleeping metabolic rate in 12-week-old infants. *Eur J Clin Nutr*. 1995;49(5):329-35.
87. Joseph-Bravo P, Gortari P. El estrés y sus efectos en el metabolismo y el aprendizaje *Biocología*. 2007;14:65-76.
88. Trumbo P, Schlicker S, Yates AA, Poos M. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids. *J Am Diet Assoc*. 2002;102(11):1621-30.
89. Sinha R, Jastreboff AM. Stress as a common risk factor for obesity and addiction. *Biol Psychiatry*. 2013;73(9):827-35.
90. Webb P. The measurement of energy-expenditure. *J Nutr*. 1991;121(11):1897-901.
91. Ainslie PN, Reilly T, Westerterp KR. Estimating human energy expenditure - A review of techniques with particular reference to doubly labelled water. *Sports Med*. 2003;33(9):683-98.

92. Esteves de Oliveira FC, de Mello Cruz AC, Goncalves Oliveira C, Rodrigues Ferreira Cruz AC, Mayumi Nakajima V, Bressan J. Energy expenditure of healthy Brazilian adults: a comparison of methods. *Nutr Hosp*. 2008;23(6):554-61.
93. Schadewaldt P, Nowotny B, Strassburger K, Kotzka J, Roden M. Indirect calorimetry in humans: a postcalorimetric evaluation procedure for correction of metabolic monitor variability. *Am J Clin Nutr*. 2013;97(4):763-73.
94. Levine JA. Measurement of energy expenditure. *Pub Health Nutr*. 2005;8(7A):1123-32.
95. Weir JBD. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol*. 1949;109(1-2):1-9.
96. Ferrannini E. The theoretical bases of indirect calorimetry - a review. *Metab Clin Exp*. 1988;37(3):287-301.
97. Garcías-Lorda P, Bulló Bonet M, Salas i Salvadó J. El cuerpo humano: Técnicas de estudio del consumo energético In: Miján de la Torre A, editor. *Técnicas y Métodos de Investigación en Nutrición Humana*. Barcelona: Glosa; 2002.
98. Schutz Y. On problems of calculating energy expenditure and substrate utilization from respiratory exchange data. *Zeitschrift Fur Ernährungswissenschaft*. 1997;36(4):255-62.
99. Jequier E, Felber JP. Indirect calorimetry. *Baillieres Clin Endocrinol Metab*. 1987;1(4):911-35.
100. Harris JA, Benedict FG. A Biometric Study of Human Basal Metabolism. *Proc Natl Acad Sci USA*. 1918;4(12):370-3.
101. Quenouille MH. *Statistical Studies of Recorded Energy Expenditure of Man: Commonwealth Agricultural Bureaux*; 1951.
102. Blasco Redondo R. Resting energy expenditure; assessment methods and applications. *Nutr Hosp*. 2015;31 Suppl 3:245-54.
103. Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr*. 1985;39 Suppl 1:5-41.

104. Mifflin MD, St Jeor ST, Hill LA, Scott BJ, Daugherty SA, Koh YO. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *Am J Clin Nutr.* 1990;51(2):241-7.
105. de Oliveira FC, Alves RD, Zuconi CP, Ribeiro AQ, Bressan J. Agreement between different methods and predictive equations for resting energy expenditure in overweight and obese Brazilian men. *J Acad Nutr Diet.* 2012;112(9):1415-20.
106. Weijs PJ. Validity of predictive equations for resting energy expenditure in US and Dutch overweight and obese class I and II adults aged 18-65 y. *Am J Clin Nutr.* 2008;88(4):959-70.
107. Ruiz JR, Ortega FB, Rodriguez G, Alkorta P, Labayen I. Validity of resting energy expenditure predictive equations before and after an energy-restricted diet intervention in obese women. *PLoS One.* 2011;6(9):e23759.
108. Owen OE, Holup JL, D'Alessio DA, Craig ES, Polansky M, Smalley KJ, et al. A reappraisal of the caloric requirements of men. *Am J Clin Nutr.* 1987;46(6):875-85.
109. Owen OE, Kavle E, Owen RS, Polansky M, Caprio S, Mozzoli MA, et al. A reappraisal of caloric requirements in healthy women. *Am J Clin Nutr.* 1986;44(1):1-19.
110. Fett CA, Fett WCR, Marchini JS. Gasto energético de repouso medido vs. estimado e relação com a composição corporal de mulheres. *Arch Bras Endocrinol Metab.* 2006;50:1050-8.
111. Wilms B, Schmid SM, Ernst B, Thurnheer M, Mueller MJ, Schultes B. Poor prediction of resting energy expenditure in obese women by established equations. *Metabolism.* 2010;59(8):1181-9.
112. Frankenfield DC, Ashcraft CM, Galvan DA. Prediction of resting metabolic rate in critically ill patients at the extremes of body mass index. *JPEN.* 2013;37(3):361-7.
113. Arciero PJ, Goran MI, Gardner AW, Ades PA, Tyzbir RS, Poehlman ET. A practical equation to predict resting metabolic rate in older men. *Metabolism.* 1993;42(8):950-7.
114. Arciero PJ, Goran MI, Gardner AM, Ades PA, Tyzbir RS, Poehlman ET. A practical equation to predict resting metabolic rate in older females. *J Am Geriatr Soc.* 1993;41(4):389-95.

115. Lammes E, Akner G. Resting metabolic rate in elderly nursing home patients with multiple diagnoses. *J Nutr Health Aging*. 2006;10(4):263-70.
116. Nhung BT, Khan NC, Hop le T, Lam NT, Khanh Nle B, Lien do TK, et al. Resting metabolic rate of elderly Vietnamese. *Ann Nutr Metab*. 2007;51(1):7-13.
117. Siervo M, Bertoli S, Battezzati A, Wells JC, Lara J, Ferraris C, et al. Accuracy of predictive equations for the measurement of resting energy expenditure in older subjects. *Clin Nutr*. 2014;33(4):613-9.
118. Silver HJ, Wall R, Hollingsworth E, Pruitt A, Shotwell M, Simmons S. Simple kcal/kg formula is comparable to prediction equations for estimating resting energy expenditure in older cognitively impaired long term care residents. *J Nutr Health Aging*. 2013;17(1):39-44.
119. Weiss CO, Cappola AR, Varadhan R, Fried LP. Resting metabolic rate in old-old women with and without frailty: variability and estimation of energy requirements. *J Am Geriatr Soc*. 2012;60(9):1695-700.
120. Weijs PJ, Vansant GA. Validity of predictive equations for resting energy expenditure in Belgian normal weight to morbid obese women. *Clin Nutr*. 2010;29(3):347-51.
121. OMS/FAO. Dieta, nutrición y prevención de las enfermedades crónicas. Consulta Mixta OMS/FAO de Expertos en Régimen Alimentario, Nutrición y Prevención de Enfermedades Crónicas, Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas: informe de una Consulta Mixta de Expertos OMS/FAO. Ginebra 2003.
122. Effectiveness of prediction equations in estimating energy expenditure sample of Brazilian and Spanish women with excess body weight. *Nutr Hosp*. 2014;29(3):513-8.
123. Daly JM, Heymsfield SB, Head CA, Harvey LP, Nixon DW, Katzef H, et al. Human energy-requirements - overestimation by widely used prediction equation. *Am J Clin Nutr*. 1985;42(6):1170-4.
124. Li AC, Tereszowski CM, Edwards AM, Simpson JA, Buchholz AC. Published predictive equations overestimate measured resting metabolic rate in young, healthy females. *J Am Coll Nutr*. 2010;29(3):222-7.
125. National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES). Anthropometry Procedures Manual. CDC. 2007.

126. WHO. Report of a WHO Expert Committee. Physical Status: The Use and Interpretation of Anthropometry. Geneva: WHO Technical Report Series; 1995.
127. Alberti KG, Zimmet P, Shaw J. The metabolic syndrome--a new worldwide definition. *Lancet*. 2005;366(9491):1059-62.
128. Guía Española de Hipertensión Arterial. Hipertensión; 2005. p. 16-26.
129. Planas M, Pérez-Portabella C, Martínez C. Valoración del estado nutricional en el adulto y en el niño. In: Gil Á, editor. Tratado de Nutrición, 2º ed. Madrid: Panamericana; 2010. p. 77.
130. Quetelet A. Fisica Sociale ossia svolgimento delle facultá dell' uomo. Relazioni tra il peso e la statura. In: "Economía Política. G. Boccardo (ed.), Torino: Unione Tipografico-Editrice Torinese, 1875.
131. WHO. Clasificación internacional para adultos de bajo peso, sobrepeso y obesidad en relación al IMC: Criterios de la OMS 2006 [Tabla adaptada de OMS 1995, OMS 2000 y OMS 4]. Available from: http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html.
132. WHO. Waist Circumference and Waist-Hip Ratio. Report of a WHO Expert Consultation. Geneva December 2008.
133. Lukaski HC, Bolonchuk WW. Estimation of body-fluid volumes using tetrapolar bioelectrical impedance measurements. *Aviation Space and Environmental Medicine*. 1988;59(12):1163-9.
134. Durnin J, Womersley J. Body fat assessed from total-body density and its estimation from skinfold thickness - measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr*. 1974;32(1):77-97.
135. Kyle UG, Genton L, Karsegard L, Slosman DO, Pichard C. Single prediction equation for bioelectrical impedance analysis in adults aged 20-94 years. *Nutrition*. 2001;17(3):248-53.
136. Kyle UG, Genton L, Slosman DO, Pichard C. Fat-free and fat mass percentiles in 5225 healthy subjects aged 15 to 98 years. *Nutrition*. 2001;17(7-8):534-41.
137. Fleiss J, Levin B, Cho Paik M. The measurement of interrater agreement. Toronto: Willey Press; 1981.

138. De Lorenzo A, Tagliabue A, Andreoli A, Testolin G, Comelli M, Deurenberg P. Measured and predicted resting metabolic rate in Italian males and females, aged 18-59 y. *Eur J Clin Nutr.* 2001;55(3):208-14.
139. Korth O, Bosy-Westphal A, Zschoche P, Glüer CC, Heller M, Müller MJ. Influence of methods used in body composition analysis on the prediction of resting energy expenditure. *Eur J Clin Nutr.* 2007;61(5):582-9.
140. Bernstein RS, Thornton JC, Yang MU, Wang J, Redmond AM, Pierson RN, et al. Prediction of the resting metabolic rate in obese patients. *Am J Clin Nutr.* 1983;37(4):595-602.
141. Cunningham JJ. A reanalysis of the factors influencing basal metabolic rate in normal adults. *Am J Clin Nutr.* 1980;33(11):2372-4.
142. Liu B, Woo J, Tang N, Ng K, Ip R, Yu A. Assessment of total energy expenditure in a Chinese population by a physical activity questionnaire: examination of validity. *Int J Food Sci Nutr.* 2001;52(3):269-82.
143. Livingston EH, Kohlstadt I. Simplified resting metabolic rate-predicting formulas for normal-sized and obese individuals. *Obes Res.* 2005;13(7):1255-62.
144. Müller MJ, Bosy-Westphal A, Klaus S, Kreymann G, Lührmann PM, Neuhäuser-Berthold M, et al. 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.* 2004;80(5):1379-90.
145. Siervo M, Boschi V, Falconi C. Which REE prediction equation should we use in normal-weight, overweight and obese women? *Clin Nutr.* 2003;22(2):193-204.
146. Vander Weg MW, Watson JM, Klesges RC, Eck Clemens LH, Slawson DL, McClanahan BS. Development and cross-validation of a prediction equation for estimating resting energy expenditure in healthy African-American and European-American women. *Eur J Clin Nutr.* 2004;58(3):474-80.
147. Elia M. Organ and tissue contribution to metabolic rate. In: Kinney J, Tucker H, editors. *Energy Metabolism: Tissue determinants and cellular corollaries.* New York: Raven; 1992. p. 61-80.

148. Garby L, Garrow JS, Jorgensen B, Lammert O, Madsen K, Sorensen P, et al. Relation between energy expenditure and body composition in man: specific energy expenditure in vivo of fat and fat-free tissue. *Eur J Clin Nutr.* 1988;42(4):301-5.
149. Garrow JS, Webster J. Are pre-obese people energy thrifty? *Lancet.* 1985;1(8430):670-1.
150. Heshka S, Yang MU, Wang J, Burt P, Pi-Sunyer FX. Weight loss and change in resting metabolic rate. *Am J Clin Nutr.* 1990;52(6):981-6.
151. Jensen MD, Braun JS, Vetter RJ, Marsh HM. Measurement of body potassium with a whole-body counter: relationship between lean body mass and resting energy expenditure. *Mayo Clin Proc.* 1988;63(9):864-8.
152. Johnstone AM, Rance KA, Murison SD, Duncan JS, Speakman JR. Additional anthropometric measures may improve the predictability of basal metabolic rate in adult subjects. *Eur J Clin Nutr.* 2006;60(12):1437-44.
153. Kashiwazaki H, Suzuki T, Inaoka T. Postprandial resting metabolic rate and body composition in the moderately obese and normal-weight adult subjects at sitting posture. *J Nutr Sci Vitaminol.* 1988;34(4):399-411.
154. Luke A, Schoeller DA. Basal metabolic rate, fat-free mass, and body cell mass during energy restriction. *Metabolism.* 1992;41(4):450-6.
155. McNeill G, Rivers JP, Payne PR, de Britto JJ, Abel R. Basal metabolic rate of Indian men: no evidence of metabolic adaptation to a low plane of nutrition. *Hum Nutr Clin Nutr.* 1987;41(6):473-83.
156. Nelson KM, Weinsier RL, Long CL, Schutz Y. Prediction of resting energy expenditure from fat-free mass and fat mass. *Am J Clin Nutr.* 1992;56(5):848-56.
157. Ravussin E, Burnand B, Schutz Y, Jéquier E. Twenty-four-hour energy expenditure and resting metabolic rate in obese, moderately obese, and control subjects. *Am J Clin Nutr.* 1982;35(3):566-73.
158. Ravussin E, Bogardus C. Relationship of genetics, age, and physical fitness to daily energy expenditure and fuel utilization. *Am J Clin Nutr.* 1989;49(5 Suppl):968-75.

159. van der Ploeg GE, Withers RT. Predicting the resting metabolic rate of 30-60-year-old Australian males. *Eur J Clin Nutr.* 2002;56(8):701-8.
160. Varela-Moreiras G, Ruiz E, Valero T, Avila JM, del Pozo S. The Spanish diet: an update. *Nutr Hosp.* 2013;28 Suppl 5:13-20.
161. Ledo-Varela MT, de Luis Roman DA, Gonzalez-Sagrado M, Izaola Jauregui O, Conde Vicente R, Aller de la Fuente R. Nutritional characteristics and lifestyle in university students. *Nutr Hosp.* 2011;26(4):814-8.
162. Rodriguez-Rodriguez E, Lopez-Plaza B, Lopez-Sobaler AM, Ortega RM. [Overweight and obesity among Spanish adults]. *Nutr Hosp.* 2011;26(2):355-63.
163. Instituto Nacional de Estadística. Encuesta Nacional de Salud 2011-2012. [actualizado en marzo de 2013]. Disponible en:
<http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=/t15/p419/a2011/p06/&file=pcaxis>
164. Mesas AE, Leon-Munoz LM, Guallar-Castillon P, Graciani A, Gutierrez-Fisac JL, Lopez-Garcia E, et al. Obesity-related eating behaviours in the adult population of Spain, 2008-2010. *Obes Rev.* 2012;13(10):858-67.
165. DeLorenzo A, Andreoli A, Matthie J, Withers P. Predicting body cell mass with bioimpedance by using theoretical methods: a technological review (vol 82, pg 1542, 1997). *J Appl Physiol.* 1997;83(6):CP4-CP.
166. Thomas DM, Schoeller DA, Redman LA, Martin CK, Levine JA, Heymsfield SB. A computational model to determine energy intake during weight loss. *Am J Clin Nutr.* 2010;92(6):1326-31.
167. Lohman T. Advances in body composition assessment. Current issues in Exercise Sciences. Illinois: Human Kinetics; 1992.
168. Alonso Franch M, Redondo del Río MP. El cuerpo humano: Técnicas de estudio de la composición corporal. In: Miján de la Torre A, editor. Técnicas y métodos de investigación en Nutrición Humana. Barcelona: Glosa; 2002. p. 446.
169. de Mateo Silleras B, Redondo del Rio P, Camina Martin A, Soto Celix M, Alonso Torre SR, Mijan de la Torre A. [Effect of refeeding on the body composition of females with

restrictive anorexia nervosa; anthropometry versus bioelectrical impedance]. *Nutr Hosp.* 2013;28(5):1717-24.

170. Loftin M, Nichols J, Going S, Sothorn M, Schmitz KH, Ring K, et al. Comparison of the validity of anthropometric and bioelectric impedance equations to assess body composition in adolescent girls. *Int J Body Compos Res.* 2007;5(1):1-8.

171. Norgan NG. Laboratory and field measurements of body composition. *Pub Health Nutr.* 2005;8(7a):1108-22.

172. Winter JE, MacInnis RJ, Wattanapenpaiboon N, Nowson CA. BMI and all-cause mortality in older adults: a meta-analysis. *Am J Clin Nutr.* 2014;99(4):875-90.

173. Sorkin JD. BMI, age, and mortality: the slaying of a beautiful hypothesis by an ugly fact. *Am J Clin Nutr.* 2014; 99:759-60.

174. Ford ES, Mokdad AH, Giles WH. Trends in waist circumference among U.S. adults. *Obes Res.* 2003;11(10):1223-31.

175. Lahti-Koski M, Harald K, Mannisto S, Laatikainen T, Jousilahti P. Fifteen-year changes in body mass index and waist circumference in Finnish adults. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2007;14(3):398-404.

176. Rodriguez-Rodriguez E, Aparicio A, Lopez-Sobaler AM, Ortega RM. [Body weight perception and dieting behaviour in Spanish population]. *Nutr Hosp.* 2009;24(5):580-7.

177. Serra Majem L, Ribas Barba L, Aranceta Bartrina J, Pérez Rodrigo C, Saavedra Santana P, Peña Quintana L. Obesidad infantil y juvenil en España. Resultados del Estudio enKid (1998-2000). *Med Clín.* 2003;121(19):725-32.

178. Henriquez Sanchez P, Doreste Alonso J, Lainez Sevillano P, Estevez Gonzalez MD, Iglesias Valle M, Lopez Martin G, et al. [Prevalence of obesity and overweight in adolescents from Canary Islands, Spain. Relationship with breakfast and physical activity]. *Med Clin (Barc).* 2008;130(16):606-10.

179. Ruidavets JB, Bongard V, Bataille V, Gourdy P, Ferrieres J. Eating frequency and body fatness in middle-aged men. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2002;26(11):1476-83.

180. Toschke AM, Kuchenhoff H, Koletzko B, von Kries R. Meal frequency and childhood obesity. *Obes Res.* 2005;13(11):1932-8.

181. Isbell TR, Klesges RC, Meyers AW, Klesges LM. Measurement reliability and reactivity using repeated measurements of resting energy expenditure with a face mask, mouthpiece, and ventilated canopy. *JPEN*. 1991;15(2):165-8.
182. Hagedorn T, Savina C, Coletti C, Paolini M, Scavone L, Neri B, et al. Calorimetry in obese women: comparison of two different operating indirect calorimeters together with the predictive equation of Harris and Benedict. *Med J Nutr Metab*. 2011;4(2):117-25.
183. Cooper JA, Watras AC, O'Brien MJ, Luke A, Dobratz JR, Earthman CP, et al. Assessing validity and reliability of resting metabolic rate in six gas analysis systems. *J Am Diet Assoc*. 2009;109(1):128-32.
184. Cadena M, Sacristan E, Infante O, Escalante B, Rodriguez F. Steady State Condition in the Measurement of $\dot{V}O_2$ and $\dot{V}CO_2$ by Indirect Calorimetry. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2005;7:7773-6.
185. Lupinsky L, Singer P, Theilla M, Grinev M, Hirsh R, Lev S, et al. Comparison between two metabolic monitors in the measurement of resting energy expenditure and oxygen consumption in diabetic and non-diabetic ambulatory and hospitalized patients. *Nutrition*. 2015;31(1):176-9.
186. Vandarakis D, Salacinski AJ, Broeder CE. A comparison of COSMED metabolic systems for the determination of resting metabolic rate. *Res Sports Med*. 2013;21(2):187-94.
187. Langius JA, Steensma A, Kaloter CX, Groen PM, Vlieland FM, Visser WA, et al. PP177-SUN: Portable Indirect Calorimetry for Estimating Resting Metabolic Rate both Reliable and Feasible in Community Dietetics. *Clin Nutr*. 33:S86.
188. Simonson DC, DeFronzo RA. Indirect calorimetry - methodological and interpretative problems. *Am J Physiol*. 1990;258(3):E399-E412.
189. McAnena OJ, Harvey LP, Katzeff HL, Daly JM. Indirect calorimetry: comparison of hood and mask systems for measuring resting energy expenditure in healthy volunteers. *JPEN*. 1986;10(6):555-7.
190. Segal KR. Comparison of indirect calorimetric measurements of resting energy expenditure with a ventilated hood, face mask, and mouthpiece. *Am J Clin Nutr*. 1987;45(6):1420-3.

191. Gasic S, Schneider B, Waldhausl W. Indirect calorimetry: variability of consecutive baseline determinations of carbohydrate and fat utilization from gas exchange measurements. *Horm Metab Res.* 1997;29(1):12-5.
192. Redman LM, Kraus WE, Bhapkar M, Das SK, Racette SB, Martin CK, et al. Energy requirements in nonobese men and women: results from CALERIE. *Am J Clin Nutr.* 2014;99(1):71-8.
193. Schoeller DA. Balancing energy expenditure and body weight. *Am J Clin Nutr.* 1998;68(4):956s-61s.
194. Shaneshin M, Rezazadeh A, Jessri M, Neyestani T, Rashidkhani B. Validity of predictive equations for resting energy expenditure among Iranian women. *Asia Pac J Clin Nutr.* 2011;20(4):646-53.
195. Douglas CC, Lawrence JC, Bush NC, Oster RA, Gower BA, Darnell BE. Ability of the Harris-Benedict formula to predict energy requirements differs with weight history and ethnicity. *Nutr Res.* 2007;27(4):194-9.
196. Parra-Carriedo A, Cherem-Cherem L, Galindo-De Noriega D, Díaz-Gutiérrez MC, Pérez-Lizaur AB, Hernández-Guerrero C. Comparación del gasto energético en reposo determinado mediante calorimetría indirecta y estimado mediante fórmulas predictivas en mujeres con grados de obesidad I a III. *Nutr Hosp.* 2013;28:357-64.
197. de la Cruz Marcos S, de Mateo Silleras B, Camina Martín MA, Carreño Enciso L, Miján de la Torre A, Galgani JE, Redondo del Río MP. Concordancia entre calorimetría indirecta y modelos predictivos en una población sana española. *Nutr Hosp.* 2015;32(2).
198. El Ghoch M, Alberti M, Capelli C, Calugi S, Battistini NC, Pellegrini M, et al. Resting energy expenditure assessment in anorexia nervosa: comparison of indirect calorimetry, a multisensor monitor and the Muller equation. *Int J Food Sci Nutr.* 2012;63(7):796-801.
199. Franchini E, de Moraes Bertuzzi RC, Takito MY, Kiss MA. Effects of recovery type after a judo match on blood lactate and performance in specific and non-specific judo tasks. *Eur J Appl Physiol.* 2009;107(4):377-83.
200. de Luis DA, Aller R, Izaola O, Romero E. Prediction Equation of Resting Energy Expenditure in an Adult Spanish Population of Obese Adult Population. *Ann Nutr Metab.* 2006;50(3):193-6.

10 ANEXOS

ANEXO I: Impreso de consentimiento informado de los sujetos.**IMPRESO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA EL PACIENTE****Importancia del ajuste en la estimación de los requerimientos energéticos para el
diseño de la pauta dietética**

Yo,.....

(Nombre completo del participante en el estudio)

He leído la hoja de información que se me ha entregado.

He podido hacer preguntas sobre el estudio.

He recibido respuestas satisfactorias a mis preguntas.

He recibido suficiente información sobre el estudio.

He hablado con.....

(Nombre del investigador)

Y presto mi conformidad a participar en el estudio.

Valladolid, a / /

Firma del participante

Firma del investigador

Según la ley 15/1999 de 13 de diciembre el consentimiento para el tratamiento de sus datos personales y para su cesión es revocable. Usted puede ejercer el derecho de acceso, rectificación y cancelación dirigiéndose al investigador, que lo pondrá en conocimiento de quien corresponda.

ANEXO II: Cuestionario de recogida de datos de los sujetos.**CUESTIONARIO DE RECOGIDA DE DATOS**

Fecha de valoración:

Nombre:

Código:

Fecha de nacimiento:

Edad:

Sexo: H / M

Dirección:

Teléfono:

Ocupación:

Correo electrónico:

1. HISTORIA CLÍNICA:**a. ANTECEDENTES FAMILIARES**

	Edad	Sb/Ob	HTA	DM	Dislip.	ECV	OTRAS
Padre							
Madre							
Hermano1							
Hermano 2							
Hermano 3							
Hermano 4							
Abuelo pat.							
Abuela pat.							
Abuelo mat.							
Abuela mat.							
Otros							

b. ANTECEDENTES PERSONALES

Enfermedades importantes	
Consultas	
Ingresos o intervenciones quirúrgicas	
Alergias conocidas	
Tratamientos farmacológicos o fitoterápicos	
Parámetros bioquímicos a destacar	
Mujer: Periodo	

c. EVOLUCIÓN DEL PESO

Peso máximo alcanzado:

Edad:

Peso mínimo alcanzado:

Edad:

Peso habitual:

Edad:

Dietas de adelgazamiento					
Fecha inicio	Peso inicial (kg)	Bajada de peso (kg en meses)	Tipo de régimen	¿Recuperó?	Subida de peso (kg en meses)

2. **HISTORIA DIETÉTICA**a. HÁBITOS ALIMENTARIOS

APETITO:

No tengo hambre nunca o casi nunca		Tengo hambre a la hora de comer	
Tengo hambre incluso después de terminar de comer		Tengo hambre casi siempre o siempre	

SACIEDAD:

Me sacio al empezar a comer		Me sacio a mitad de comida	
Me sacio al terminar de comer		Nunca estoy saciado	

COMIDAS:

	En casa	Fuera de casa
Solo / acompañado		
Delante de la TV		
Tiempo medio		
Nº comidas caseras		
Nº Comidas <i>fast-food</i>		

INGESTA:

- ¿Cuántas comidas realiza al día?

DE AL CO ME CE R

- ¿Suele realizar “picoteos” entre horas?

SI NO

FRECUENCIA:

En caso de “picoteos” ¿cuáles son los productos preferentemente consumidos?

- Señale 3 alimentos, y sus formas de preparación, que prefiera:

- Señale 3 alimentos, y sus formas de preparación, que rechace:

- ¿Cuántos vasos de agua bebe al día?

- ¿Añade sal a las comidas cuando ya está en la mesa?

b. HÁBITOS TÓXICOS

- Tabaco:

SI NO N° cigarrillos/día:

- Alcohol:

Nunca Ocasional Habitual Fin de semana

Tipo y cantidad:

*	1 copa / vaso	2-3 copas/ vasos	4-5 copas /vasos	> 5 copas/vasos
Vino				
Cerveza				
Destilados:				
Otros:				
*Indique si el consumo es al día, a la semana o al mes:				

3. ACTIVIDAD FÍSICA:

a. ACTIVIDAD FÍSICA

TRABAJO (dedicación):

Horarios:

	Semana	Fin de semana
Hora de levantarse		
Hora de acostarse		
Horas de sueño (media)		
Horas de trabajo		
Horas de actividad física (caminar)		
Horas de deporte*:		
Nº pisos escaleras/día subidos		
Nº pisos escaleras/día bajados		
Horas sentado		
Horas tareas domésticas*:		
Horas de TV y películas		
Horas de PC y videojuegos		
Horas de lectura		
*Indicar tipo de deporte o tarea:		

FICHA DE RECOGIDA DE MEDICIONES:

Código paciente:				
Antropometría	Peso (kg)			
	Talla (cm)			
	Perímetro braquial (cm)			
	Perímetro cintura (cm)			
	Perímetro cadera (cm)			
	Pliegue Tricipital (mm)			
	Pliegue Bicipital (mm)			
	Pliegue Subescapular (mm)			
	Pliegue Suprailíaco (mm)			
	Pliegue Supraespinal (mm)			
	Pliegue Abdominal (mm)			
	Tensión Arterial (mm Hg)			
	Frecuencia cardíaca			
Calor.	GEB (Kcal/d)			
BIA	Resistencia (R)			
	Reactancia (X)			
	Ángulo de fase (Φ)			
Número de pasos				
OTRAS PRUEBAS:				

ANEXO III: Valores descriptivos de la población.

1. Descripción de la muestra

1.1. Sujetos sanos (normopeso)

Tabla A1: Antecedentes de la muestra de sujetos con normopeso.

	ANTECEDENTES		
	Hombres (n=45)	Mujeres (n=50)	TOTAL (n=95)
Edad (años)	41,60 (12,96)	42,34 (13,68)	41,99 (23 – 63,20)*
<u>Antecedentes familiares</u>			
Antecedentes de enfermedades de alta prevalencia	97,8%	94%	95,8%
<u>Antecedentes personales:</u>			
Alguna enfermedad	13,3%	26%	20%
Alergias:			
Ambiental	26,7%	30%	28,4%
Alimentaria	6,7%	2%	4,2%
Fármaco	4,4%	6%	5,3%
Algún tratamiento farmacológico	24,4%	54%	40%
<u>Evolución del peso:</u>			
Peso máximo (kg)	75,40 (62,20 – 88,80)*	62,89 (7,50)	69,00 (19,00 – 61,00)*
Peso mínimo (kg)	67,00 (52,95 – 78,20)*	53,14 (6,34)	59,56 (9,81)
Peso habitual (kg)	71,71 (8,60)	58,07 (6,38)	62,5 (49,6 – 81,6)*
<u>Antecedentes personales:</u>			
T. Sistólica (mm de Hg)	122,0 (104,3 – 171,4)*	111,0 (94,7 – 138,2)*	115,0 (96,8 – 160,4)*
T. Diastólica (mm de Hg)	89,07 (14,14)	79,33 (8,34)	81 (10,78)

Las variables cuantitativas se expresan como media (SD) o *mediana (p5 – p95).

Tabla A2: Historia dietética de la muestra de sujetos con normopeso.

HISTORIA DIETÉTICA			
	Hombres (n=45)	Mujeres (n=50)	TOTAL (n=95)
Alguna vez ha seguido dieta hipocalórica.	13,3%	18%	15,8%
<u>Apetito:</u>			
Nunca	2,2%	16%	9,5%
A la hora de comer	64,4%	64%	64,2%
Al terminar de comer	6,7%	2%	4,2%
Siempre	26,7%	18%	22,1%
<u>Saciedad:</u>			
Al empezar a comer	0%	4%	2,1%
A mitad de comida	26,7%	40%	33,9%
Al terminar de comer	62,2%	52%	56,8%
Nunca	11,1%	4%	7,4%
<u>Ingestas:</u>			
1 ingesta/d	0%	5,9%	2,6%
2 ingestas/d	4,5%	5,9%	5,1%
3 ingestas/d	22,7%	11,8%	17,9%
4 ingestas/d	40,9%	29,4%	35,9%
5 ingestas/d	27,3%	47,1%	35,9%
6 ingestas/d	4,5%	0%	2,6%
Desayuna	93,3%	98%	95,8%
Almuerza	55,6%	56%	55,8%
Come	100%	100%	100%
Merienda	40%	48%	44,2%
Cena	97,8%	98%	97,9%
Recena	13,3%	24%	18,9%
<u>Picotea:</u>			
	51,1%	44%	47,4%
Snacks	11,4%	14,6%	13,0%
Dulces	29,5%	29,2%	29,3%
Frutas/vegetales	11,4%	14,6%	13,0%
Alimentos proteicos	11,4%	10,4%	10,9%
Cereales	0%	4,2%	2,2%
Frutos secos	9,1%	4,2%	6,5%
Indistinto	27,3%	22,9%	25%

Tabla A3: Ingesta de alcohol de la muestra con normopeso.

HÁBITOS TÓXICOS: CONSUMO DE ALCOHOL			
	Hombres (n=45)	Mujeres (n=50)	TOTAL (n=95)
<i>Abstemios</i>	8,9%	14%	11,6%
<u>Frecuencia de consumo de bebidas alcohólicas:</u>			
Nunca	6,8%	14%	10,6%
Ocasional	34,1%	64%	50,6%
Habitual	20,5%	2%	10,6%
Fin de semana	38,6%	20%	28,7%
Consumo de	84,4%	56%	69,5%
cerveza			
1-3 copas/mes	21,1%	6%	9,1%
1 copa/semana	10,5%	20%	19,7%
2-3 copas /semana	42,1%	22%	40,9%
4-6 copas/semana	15,8%	2%	10,6%
1 copa/día	7,9%	2%	6,1%
2-3 copas /día	10,5%	4%	9,1%
>3 copas/día	7,9%	0%	4,5%
Consumo de vino	73,3%	68%	70,5%
1-3 copas/mes	15,2%	11,7%	13,5%
1 copa/semana	21,2%	44,2%	29,9%
2-3 copas /semana	36,4%	23,5%	34,4%
4-6 copas/semana	9,1%	8,8%	9%
1 copa/día	9,1%	2,9%	6%
2-3 copas /día	6,1%	0%	3%
>3 copas/día	0%	2,9%	1,5%
Consumo	51,5%	36%	44,2%
destilados			
Ron	52,2%	44%	48,8%
Ginebra	30,4%	27,8%	29,3%
Vodka	8,7%	22,2%	14,6%
Whisky	8,7%	5,6%	29,3%
1-3 copas/mes	16,7%	38,9%	33,3%
1 copa/semana	12,5%	28,9%	16,7%
2-3 copas /semana	29,2%	16,7%	23,8%
4-6 copas/semana	8,3%	5,6%	7,1%
1 copa/día	4,2%	0%	2,4%
2-3 copas /día	8,3%	0%	4,8%
>3 copas/día	0%	0%	0%

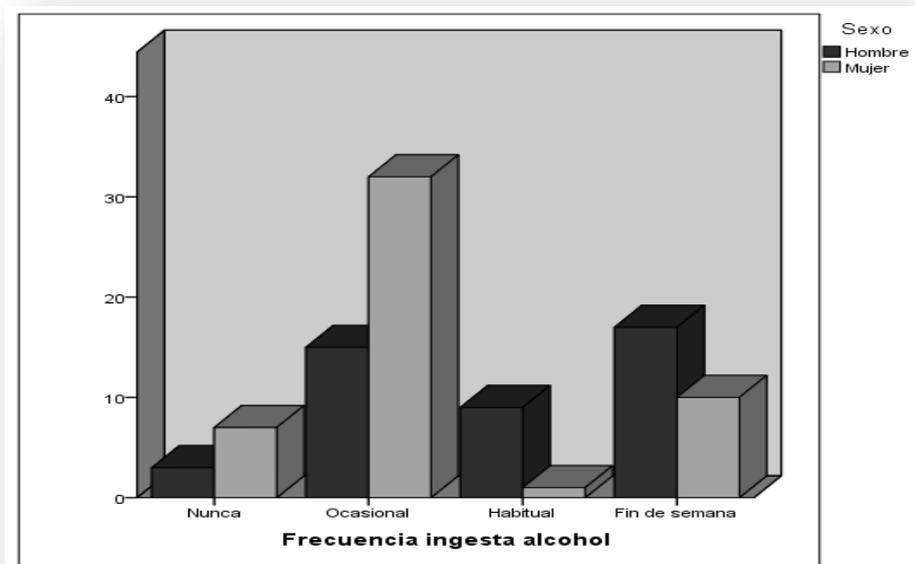


Figura A1: Frecuencia de ingesta de alcohol de la muestra con normopeso en función del sexo.

Tabla A4: Hábito tabáquico de la muestra con normopeso.

HÁBITOS TÓXICOS: TABACO			
	Hombres (n=45)	Mujeres (n=50)	TOTAL (n=95)
Fumadores	26,7%	16%	21,1%
0-5 cigarrillos/día	6,6%	8%	7,5%
5-10 cigarrillos/día	6,6%	4%	5,4%
10-20 cigarrillos/día	6,6%	4%	5,4%
>20 cigarrillos/día	6,6%	0%	3,3%

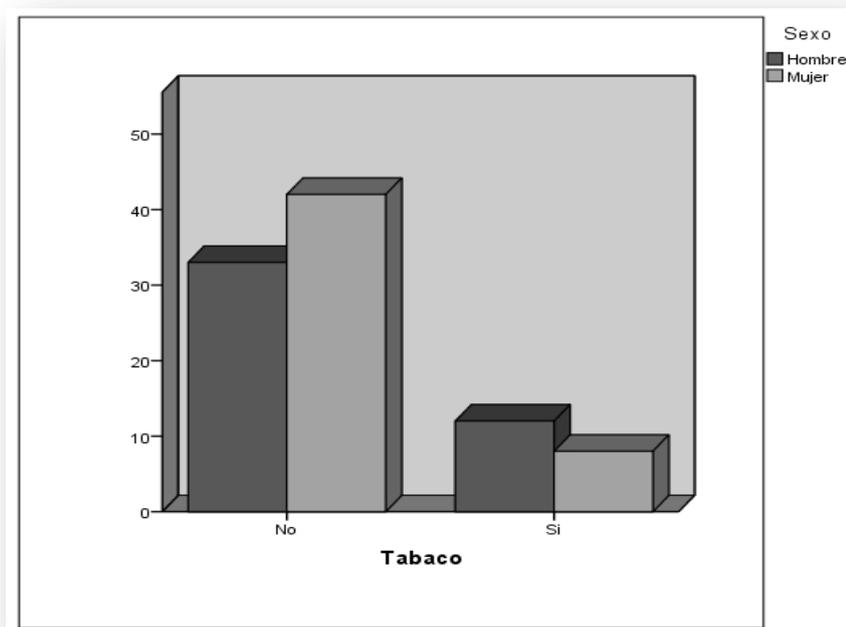


Figura A2: Fumadores en la muestra con normopeso en función del sexo.

Tabla A5: Nivel de actividad de la muestra con normopeso.

ACTIVIDAD FÍSICA			
	Hombres (n=45)	Mujeres (n=50)	TOTAL (n=95)
Factor de OMS-I			
Sedentario (1,30)	71,1%	90%	81,1%
Ligero (1,50 – 1,56)	20%	10%	2,1%
Moderado (1,64 – 1,78)	8,8%	0%	3,1%
Factor de la OMS-II	1,42 (1,35 – 1,71)*	1,40 (1,32 – 1,52)*	1,41 (1,34 – 1,62)*

Las variables cuantitativas se expresan como media (SD) o *mediana (p5 – p95)

1.2. Sujetos con sobrepeso y obesidad**Tabla A6:** Antecedentes de la muestra de sujetos con IMC ≥ 25 kg/m².

	ANTECEDENTES		
	Hombres (n=22)	Mujeres (n=17)	TOTAL (n=39)
Edad (años)	42,55 (13,52)	48,65 (11,76)	45,21 (12,98)
<u>Antecedentes familiares</u>			
Antecedentes de enfermedades de alta prevalencia	95,5%	88,2%	92,3%
<u>Antecedentes personales:</u>			
Alguna enfermedad	40,9%	41,2%	41%
Alergias:			
Ambiental	9,1%	29,4%	17,9%
Alimentaria	9,1%	0%	5,1%
Fármaco	9,1%	5,9%	7,7%
Algún tratamiento farmacológico	40,9%	70,6%	63,8%
<u>Evolución del peso:</u>			
Peso máximo (kg)	75,50 (8,68)	61,41 (8,93)	69,36 (11,20)
Peso mínimo (kg)	81,52 (7,94)	70,82 (10,22)	76,86 (10,38)
Peso habitual (kg)	40,9%	41,2%	41%
<u>Antecedentes personales:</u>			
T. Sistólica (mm de Hg)	127,1 (16,2)	116,1 (17,7)	122,3 (17,5)
T. Diastólica (mm de Hg)	88,0 (69,6 – 168,8)*	79,8 (9,8)	85,0 (68,0 – 111,0)*

Las variables cuantitativas se expresan como media (SD) o *mediana (p5 – p95).

Tabla A7: Historia dietética de la muestra de sujetos con $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$.

HISTORIA DIETÉTICA			
	Hombres (n=22)	Mujeres (n=17)	TOTAL (n=39)
Alguna vez ha seguido dieta hipocalórica.	18,2%	64,7%	38,5%
<u>Apetito:</u>			
Nunca	13,6%	11,8%	12,8%
A la hora de comer	59,1%	58,8%	59%
Al terminar de comer	0%	5,9%	2,6%
Siempre	27,3%	23,5%	25,6%
<u>Saciedad:</u>			
Al empezar a comer	0%	0%	0%
A mitad de comida	22,7%	29,4%	25,6%
Al terminar de comer	68,2%	52,9%	61,5%
Nunca	9,1%	17,6%	12,8%
<u>Ingestas:</u>			
1 ingesta/d	0%	0%	0%
2 ingestas/d	0%	5,9%	2,6%
3 ingestas/d	4,5%	5,9%	5,1%
4 ingestas/d	22,7%	11,8%	17,9%
5 ingestas/d	40,9%	29,4%	35,9%
6 ingestas/d	27,3%	47,1%	35,9%
Desayuna	95,5%	88,2%	92,3%
Almuerza	59,1%	70,6%	64,1%
Come	100%	100%	100%
Merienda	36,4%	41,2%	38,5%
Cena	95,5%	94,1%	94,9%
Recena	18,2%	17,6%	17,9%
<u>Picotea:</u>			
Snacks	22,7%	5,9%	15,4%
Dulces	22,7%	17,6%	20,5%
Frutas/vegetales	9,1%	11,8%	10,3%
Alimentos proteicos	13,6%	41,2%	25,6%
Cereales	9,1%	23,5%	5,1%
Frutos secos	4,5%	0%	2,6%
Indistinto	18,2%	0%	20,5%

Tabla A8: Ingesta de alcohol de la muestra de sujetos con IMC \geq 25 kg/m².

HÁBITOS TÓXICOS: CONSUMO DE ALCOHOL			
	Hombres (n=22)	Mujeres (n=17)	TOTAL (n=39)
<i>Abstemios</i>	18,2%	17,6%	17,9%
<u>Frecuencia de consumo de bebidas alcohólicas:</u>			
Nunca	18,2%	23,5%	20,5%
Ocasional	40,9%	47,1%	43,6%
Habitual	18,2%	11,8%	15,4%
Fin de semana	22,7%	17,6%	20,5%
Consumo de cerveza	81,8%	47,1%	66,7%
1-3 copas/mes	16,7%	12,5%	15,4%
1 copa/semana	16,7%	37,5%	23%
2-3 copas /semana	33,3%	50%	38,5%
4-6 copas/semana	11,1%	0%	7,7%
1copa/día	16,7%	0%	11,5%
2-3 copas /día	0%	0%	0%
>3 copas/día	4,5%	0%	3,8%
Consumo de vino	59,1%	52,9%	56,4%
1-3 copas/mes	7,7%	33,3%	18,1%
1 copa/semana	23,1%	11,1%	18,2%
2-3 copas /semana	7,7%	33,3%	18,2%
4-6 copas/semana	7,7%	0%	4,5%
1copa/día	38,5%	11,1%	27,3%
2-3 copas /día	15,4%	11,1%	13,6%
>3 copas/día	0%	0%	0%
Consumo destilados	54,5%	5,9%	66,7%
Ron	41,7%	100%	46,2%
Ginebra	25%	0%	23,1%
Vodka	16,7%	0%	15,4%
Whisky	16,7%	0%	15,4%
1-3 copas/mes	16,7%	0%	30,8%
1 copa/semana	33,3%	0%	30,8%
2-3 copas /semana	8,3%	0%	7,7%
4-6 copas/semana	8,3%	100%	15,4%
1copa/día	16,7%	0%	15,4%
2-3 copas /día	0%	0%	0%
>3 copas/día	0%	0%	0%

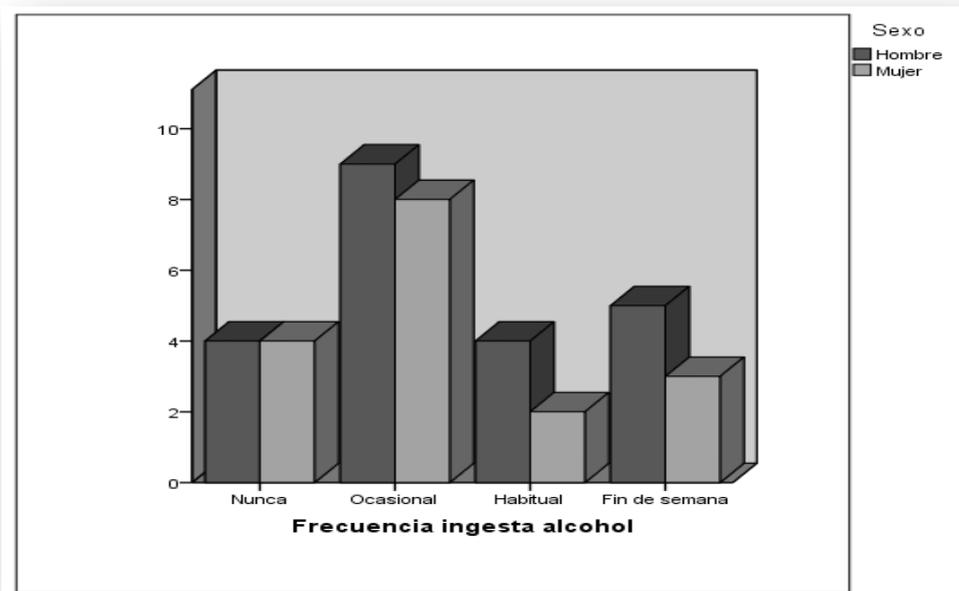


Figura A3: Frecuencia de ingesta de alcohol de la muestra con $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$ en función del sexo.

Tabla A9: Hábito tabáquico de la muestra con $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$.

HÁBITOS TÓXICOS: TABACO			
	Hombres (n=22)	Mujeres (n=17)	TOTAL (n=39)
Fumadores	4,5%	11,8%	7,7%
0-5 cigarrillos/día	0%	0%	0%
5-10 cigarrillos/día	0%	0%	0%
10-20 cigarrillos/día	4,5%	11,8%	7,7%
>20 cigarrillos/día	0%	0%	0%

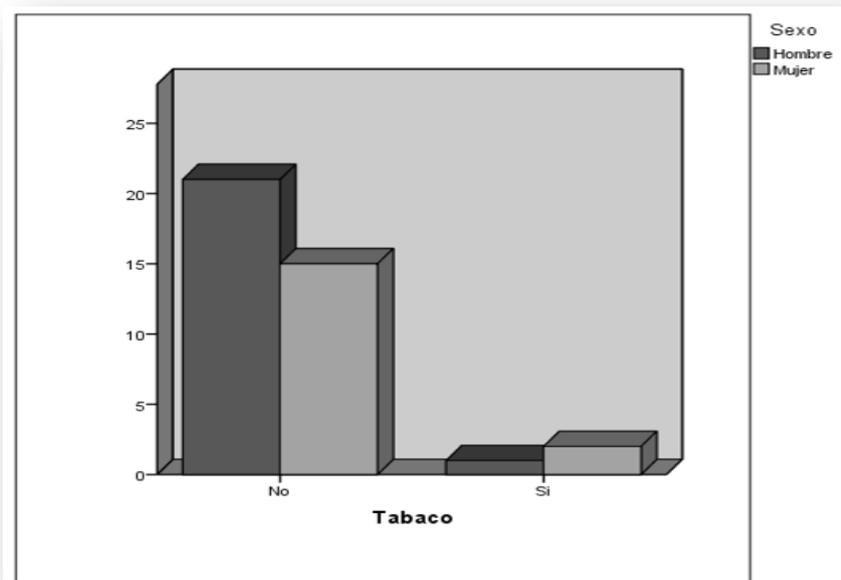


Figura A4: Fumadores en la muestra con IMC ≥ 25 kg/m² en función del sexo.

Tabla A10: Nivel de actividad de la muestra con normopeso.

ACTIVIDAD FÍSICA			
	Hombres (n=22)	Mujeres (n=17)	TOTAL (n=39)
Factor de OMS-I			
Sedentario (1,30)	72,7%	94,1%	82,1%
Ligero (1,50 – 1,56)	18,2%	5,9%	12,9%
Moderado (1,64 – 1,78)	0%	0%	0%
Factor de la OMS-II	9,1%	0%	5,1%

Las variables cuantitativas se expresan como media (SD) o *mediana (p5 – p95).

ANEXO IV: Estudio de selección de los modelos predictivos.

Tabla A13a: Características de las fórmulas predictivas del GER estudiadas que incluyen peso y/o talla.

	n	Características antropométricas de los sujetos	Ecuación		Dif. Media (SD)	R ²	Bland - Altmand			CCI			
			Hombres	Mujeres			b (SEE)	p	a (SEE)	p	CCI	IC (95%)	p
Bernstein (1983) ⁽¹⁴⁰⁾	48H (40.4 (12.6)) 158M (39.4 (12.0))	P: 60 - 204 (media 103,4 (26,0)g IMC: 37	11.02P + 10.23T - 5.8E - 1032 (Kcal/d)	7.48P - 0.42T - 3E + 844(Kcal/d)	403,80 (10,12)	0,53	0,71 (0,07)	≤0,01	-584,82 (97,28)	≤0,01	0,42	(-0,20 - 0,75)	≤0,01
Cunningham (1980) ⁽¹⁴¹⁾	120H, 103M	Sujetos Harris-Benedict	22MLG + 500 (Kcal/d)		36,35 (204,73)	0,35	0,51 (0,07)	≤0,01	-771,58 (114,03)	≤0,01	0,81	(0,72 - 0,88)	≤0,01
Cunningham (1991) ⁽³⁷⁾	Sujetos de varios estudios pequeños (desconocido)		21.6MLG + 370 (Kcal/d)		185,57 (205,50)	0,37	0,53 (0,07)	≤0,01	-612,98 (108,22)	≤0,01	0,71	(0,14 - 0,87)	≤0,01
DeLorenzo (2001) ⁽¹³⁸⁾	127H, 193M (18-59)	IMC: 17 - 40 (media 27)	53.284P + 20.957T - 23.859E + 487 (kJ/d)	46.322P + 15.744T - 16.66E + 944 (kJ/d)	50,40 (183,53)	0,27	0,39 (0,06)	≤0,01	-551,14 (100,85)	≤0,01	0,86	(0,79 - 0,91)	≤0,01
Harris-Benedict (1919) ⁽¹⁰⁰⁾	136H (19-63) 103M (15-74)	P: 34,6 - 94,5 T: 149 - 178	66.47 + 13.75P + 5.0T - 6.76E (Kcal/d)	655.0955 + 9.5634P + 1.8496T - 4.6756E (Kcal/d)	122,78 (188,65)	0,36	0,46 (0,06)	≤0,01	-583,95 (98,20)	≤0,01	0,80	(0,54 - 0,90)	≤0,01
Henry (P) – Oxford (2005) ⁽³⁰⁾	5794H, 4702M (0 - 60)	IMC (18-60 años): 20,9 - 25.0	18–30 años: 0.0669P + 2.28 (MJ/d) 30–60 años: 0.0592P + 2.48 (MJ/d) ≥ 60 años: 0.0563P + 2.15 (MJ/d)	18–30 años: 0.0546P + 2.33 (MJ/d) 30–60 años: 0.0407P + 2.9 (MJ/d) ≥ 60 años: 0.0424P + 2.38 (MJ/d)	168,60 (195,22)	0,39	0,51 (0,07)	≤0,01	-600,98 (99,26)	≤0,01	0,75	(0,24 - 0,60)	≤0,01

IMC: índice de masa corporal (kg/m²), P: peso (kg), T: talla (cm), E: edad (años), Sex: Sexo (1H, 0M), MLG: masa libre de grasa (kg), MG: masa grasa (kg) (1kcal=4.1855 kJ).

Tabla A13b: Características de las fórmulas predictivas del GER estudiadas que incluyen peso y/o talla.

	n	Características antropométricas de los sujetos	Ecuación		Dif. Media (SD)	R ²	Bland - Altmand				CCI		
			Hombres	Mujeres			b (SEE)	p	a (SEE)	p	CCI	IC (95%)	p
Henry (P,T) – Oxford (2005) ⁽³⁰⁾	5794H, 4702M (0 - 60)	IMC (18-60 años): 20,9 - 25.0	18–30 años: 0.06P + 1.31T(m) + 0.473 (MJ/d) 30–60 años: 0.0476P + 2.26T(m) - 0.574 (MJ/d) >= 60 años: 0.0478P + 2.26T(m) - 1.07 (MJ/d)	18–30 años: 0.0433P + 2.57T(m) - 1.18 (MJ/d) 30–60 años: 0.0342P + 2.1T(m) - 0.0486 (MJ/d) >= 60 años: 0.0356P + 1.76T(m) + 0.0448 (MJ/d)	151,19 (194,88)	0,37	0,50 (0,07)	≤0,01	-597,48 (100,72)	≤0,01	0,77	(0,36 - 0,89)	≤0,01
Korth et al (2007) ⁽¹³⁹⁾	50H, 54M (21-68)	IMC: 26 (18–41)	41.5P + 35.0T + 1107.4Sex - 19.1E - 1731.2 (kJ/d)		21,06 (17868)	0,03	0,12 (0,06)	0,064	-169,32 (103,29)	0,105	0,90	(0,85 - 0,93)	≤0,01
Liu (2001) ⁽¹⁴²⁾	31H y M (43,7 (19,9))	P: 59,5 (10,9)	13.88P + 4.16T - 3.43E (Kcal/d)	13.88P + 4.16T - 3.43E - 112.40 (Kcal/d)	198,55 (191,88)	0,32	0,45 (0,07)	≤0,01	-463,74 (99,77)	≤0,01	0,73	(0,05 - 0,89)	≤0,01
Livingston & Kohlstadt (2005) ⁽¹⁴³⁾	299H, 356M (18-95)	P: 33 - 278	293P0.4330* - 5.92E (Kcal/d)	248P0.4356* - 5.09E (Kcal/d)	176,05 (181,26)	0,35	0,44 (0,06)	≤0,01	-477,46 (91,95)	≤0,01	0,77	(0,17 - 0,91)	≤0,01
Mifflin (1990) ⁽¹⁰⁴⁾	251H, 247M (19-78)	H: 27,5 (4,1) M: 26,2 (4,9)	9.99P + 6.25T - 4.9E + 5 (Kcal/d)	9.99P + 6.25T - 4.9E - 161 (Kcal/d)	180,83 (180,35)	0,26	0,37 (0,06)	≤0,01	-367,45 (95,14)	≤0,01	0,78	(0,14 - 0,91)	≤0,01
Müller (2004) ⁽¹⁴⁴⁾	388H, 658M (44.2(17.3))	IMC: 27.1 (7.7)	0.047P - 0.01452E + 1.009Sex + 3.21 (MJ/day)		158,38 (186,45)	0,33	0,44 (0,06)	≤0,01	-501,01 (96,87)	≤0,01	0,78	(0,31 - 0,90)	≤0,01
Owen (1986, 1987) ^(108, 109)	60H, 44M (18-82)	IMC-H: 20,4 - 58,7 IMC-M: 18,2 - 49,6	10.2P + 875 (Kcal/d)	7.18P + 795 (Kcal/d)	194,15 (207,64)	0,33	0,51 (0,07)	≤0,01	-560,89 (110,14)	≤0,01	0,70	(0,10 - 0,87)	≤0,01
Schofield (P) (1985) - WHO 2001(39, 103)	7173 H y M (incluye niños)	P: 3 - 84	18 – 30 años: 0.063P + 2.896 (MJ/d) 30 – 60 años: 0.048P + 3.653 (MJ/d) >= 60 años: 0.049P + 2.459 (MJ/d)	18 – 30 años: 0.062P + 2.036 (MJ/d) 30 – 60 años: 0.034P + 3.538 (MJ/d) >= 60 años: 0.038P + 2.755 (MJ/d)	110,17 (192,22)	0,30	0,43 (0,07)	≤0,01	-554,03 (103,62)	≤0,01	0,81	(0,61 - 0,90)	≤0,01

IMC: índice de masa corporal (kg/m²), P: peso (kg), T: talla (cm), E: edad (años), Sex: Sexo (1H, 0M), MLG: masa libre de grasa (kg), MG: masa grasa (kg) (1kcal=4.1855 kJ).

Tabla A13c: Características de las fórmulas predictivas del GER estudiadas que incluyen peso y/o talla.

	n	Características antropométricas de los sujetos	Ecuación		Dif. Media (SD)	R ²	Bland - Altmand			CCI			
			Hombres	Mujeres			b (SEE)	p	a (SEE)	p	CCI	IC (95%)	p
Schofield (P,T) - WHO 2001 ^(39, 103)	7173 H y M (incluye niños)	P: 3 - 84	18 – 30 años: 0.063P – 0.042T + 2.953 (MJ/d) 30 – 60 años: 0.048P – 0.011T + 3.67 (MJ/d) >= 60 años: 0.038P + 4.068T – 3.491 (MJ/d)	18 – 30 años: 0.057P + 1.148T + 0.411 (MJ/d) 30 – 60 años: 0.034P + 0.006T + 3.53 (MJ/d) >= 60 años: 0.033P + 1.917T + 0.074 (MJ/d)	107,62 (190,65)	0,31	0,44 (0,07)	≤0,01	-560,51 (102,22)	≤0,01	0,82	(0,62 - 0,90)	≤0,01
Siervo (2003) ⁽¹⁴⁵⁾	157M (18-35)	IMC: (normopeso): 22.757 (1.71) (sb): 27.377 (1.43) (ob): 34.877 (3.64)		11.5P + 542.2 (Kcal/d)	161,68 (200,44)	0,71	1,36 (0,12)	≤0,01	-1607,53 (161,21)	≤0,01	0,25	(-0,16 - 0,54)	≤0,01
U.of Memphis (2004) ⁽¹⁴⁶⁾	239M (18-39)	IMC: 27.3 (6.2)		616.93 - 14.9E + 35.12 P + 19.83 T - 271.88Et (kJ/day) (Etnia (Et) 1: Ameri.africana, 0: Amer.europea)	183,45 (179,41)	0,52	0,92 (0,13)	≤0,01	-1002,73 (162,07)	≤0,01	0,43	(-0,14 - 0,71)	≤0,01
FAO/OMS (P) (1985) ⁽⁵¹⁾	Base de datos de Schofiel, aumentada hasta los 11000 sujetos.		18–30 años: 15.3P + 679 (Kcal/d) 30–60 años: 11.6P + 879 (Kcal/d) >= 60 años: 13.5P + 487 (Kcal/d)	18–30 años: 14.7P + 496 (Kcal/d) 30–60 años: 8.7P + 829 (Kcal/d) >= 60 años: 10.5P + 596 (Kcal/d)	96,36 (192,75)	0,31	0,44 (0,07)	≤0,01	-577,84 (104,28)	≤0,01	0,82	(0,66 - 0,90)	≤0,01
FAO/OMS (P,T) (1985) ⁽⁵¹⁾	Base de datos de Schofiel, aumentada hasta los 11000 sujetos.		18–30 años: 15.4P – 27T + 717 (Kcal/d) 30–60 años: 11.3P – 16T + 901 (Kcal/d) >= 60 años: 8.8P + 1128T – 1071 (Kcal/d)	18–30 años: 13.3P + 334T + 35 (Kcal/d) 30–60 años: 8.7P – 25T + 865 (Kcal/d) >=60 años: 9.2P + 637T – 302 (Kcal/d)	100,71 (192,99)	0,37	0,49 (0,07)	≤0,01	-645,295 (101,30)	≤0,01	0,81	(0,63 - 0,89)	≤0,01

IMC: índice de masa corporal (kg/m²), P: peso (kg), T: talla (cm), E: edad (años), Sex: Sexo (1H, 0M), MLG: masa libre de grasa (kg), MG: masa grasa (kg) (1kcal=4.1855 kJ).

Tabla A14a: Características de las fórmulas predictivas del GER estudiadas que incluyen masa libre de grasa.

	n (Edad (años))	Características antropométricas de los sujetos	Ecuación		Dif. Media (SD)	R ²	Bland - Altmand				CCI		
			Hombres	Mujeres			b (SEE)	p	a (SEE)	p	CCI	IC (95%)	p
Bernstein et al. (1983) ⁽¹⁴⁰⁾	48H (40.4 ± 12.6) 158M (39.4 ± 12.0)	P: 60 - 204Kg IMC: 37 Kg/m ²	19.02MLG + 3.72MG - 1.55E + 236.7 (Kcal/d)		447,41 (204,12)	0,54	0,66 (0,74)	≤0,01	-452,92 (87,60)	≤0,01	0,41	(-0,16 - 0,75)	≤0,01
Elia (1992) ⁽¹⁴⁷⁾		No especificado	21.11MLG + 450 (Kcal/d)		129,11 (206,52)	0,40	0,56 (0,07)	≤0,01	-721,01 (109,50)	≤0,01	0,75	(0,47 - 0,87)	≤0,01
Garby et al. (1988) ⁽¹⁴⁸⁾		Sujetos de Garrow & Webster	27.88MLG + 6.4MG (Kcal/d)		140,85 (192,57)	0,49	0,98 (0,14)	≤0,01	-1149,41 (190,52)	≤0,01	0,41	(-0,05 - 0,67)	≤0,01
Garrow-Webster (1985) ⁽¹⁴⁹⁾	104M	P: 91,74 (19,47) Kg T: 1,63 (0,07)m	310 + 24.2MLG + 5.8 (% MG) (Kcal/d)		320,95 (237,73)	0,28	1,01 (0,23)	≤0,01	-913,69 (279,46)	≤0,01	0,05	(-0,15 - 0,28)	≤0,01
Heshka et al (1990) ⁽¹⁵⁰⁾	7H, 28M (40± 11.5)	IMC: 36.3 ± 8.0 Kg/m ²	22.943MLG + 356.7 (Kcal/d)		134,50 (203,16)	0,31	0,47 (0,07)	≤0,01	-580,67 (111,74)	≤0,01	0,77	(0,47 - 0,88)	≤0,01
Jensen et al. (1988) ⁽¹⁵¹⁾	5H, 37M (19-46)	IMC-H: 23,6 (1,8)Kg/m ² IMC-M(n=19): 21,7(2,2)Kg/m ² IMC-M(n=18):33,0 (2,1)Kg/m ²	20.0MLG + 622 (Kcal/d)		10,43 (209,15)	0,45	0,61 (0,07)	≤0,01	-960,89 (111,83)	≤0,01	0,80	(0,69 - 0,87)	≤0,01
Johnstone et al. (2006) ⁽¹⁵²⁾	43H, 107M (21-64)	IMC: 16.7 - 49.3 Kg/m ²	90.2MLG + 31.6MG - 12.2E + 1613 (kJ/d)		172,25 (193,04)	0,41	0,52 (0,06)	≤0,01	-612,47 (97,63)	≤0,01	0,74	(0,20 - 0,89)	≤0,01
Kashiwazaki et al. (1988) ⁽¹⁵³⁾	66H, 68M (20-71)	P-H: 66,1 (10,1)Kg P- M:54,6 (8,1)Kg T-H:167,3 (6,0)cm T- M:150,8 (5,3)cm	24.5MLG + 303.7 (Kcal/d)		112,56 (201,30)	0,23	0,40 (0,07)	≤0,01	-499,04 (114,22)	≤0,01	0,80	(0,59 - 0,89)	≤0,01

IMC: índice de masa corporal (kg/m²), P: peso (kg), T: talla (cm), E: edad (años), Sex: Sexo (1H, 0M), MLG: masa libre de grasa (kg), MG: masa grasa (kg) (1kcal=4.1855 kJ).

Tabla A14b: Características de las fórmulas predictivas del GER estudiadas que incluyen masa libre de grasa.

	n (Edad (años))	Características antropométricas de los sujetos	Ecuación		Dif. Media (SD)	R ²	Bland - Altmand			CCI			
			Hombres	Mujeres			b	p	a (SEE)	p	CCI	IC (95%)	p
Korth et al (2007) ⁽¹³⁹⁾	50H, 54M (21-68)	IMC: 26 (18-41) Kg/m ²	108.1MLG + 1231 (kJ/d)		58,39 (200,46)	0,18	0,34 (0,07)	≤0,01	-473,98 (117,38)	≤0,01	0,84	(0,75 - 0,89)	≤0,01
Luke & Schoeller (1992) ⁽¹⁵⁴⁾	Sujetos de varios estudios con bajo peso, normopeso, sobrepeso y obesidad (niños y adultos)		2.44 + 0.084 MLG (MJ/d)		46,13 (208,97)	0,45	0,61 (0,07)	≤0,01	-908,73 (110,72)	≤0,01	0,79	(0,68 - 0,86)	≤0,01
McNeill et al (1987) ⁽¹⁵⁵⁾	58H	P:51,6 (7,2)Kg T:163,8 (6,4)m	21.53MLG + 329 (Kcal/d)		279,04 (205,84)	0,53	1,10 (0,6)	≤0,01	-1572,12 (261,39)	≤0,01	0,22	(-0,18 - 0,53)	0,029
Mifflin (1990) ⁽¹⁰⁴⁾	251H, 247M (19-78)	IMC-H: 27,5 (4,1)Kg/m ² IMC-M: 26,2 (4,9)Kg/m ²	19.7MLG + 413 (Kcal/d)		233,84 (209,93)	0,47	0,63 (0,07)	≤0,01	-691,80 (103,63)	≤0,01	0,63	(-0,10 - 0,84)	≤0,01
Müller (2004) ⁽¹⁴⁴⁾	388H, 658M (44.2 (17.3))	IMC: 27.1 (7.7)Kg/m ²	0.05192MLG + 0.04036MG + 0.869Sex - 0.01181E + 2.992 (MJ/day)		26,98 (204,73)	0,35	0,51 (0,07)	≤0,01	-774,78 (114,72)	≤0,01	0,82	(0,72 - 0,88)	≤0,01
Nelson et al. (1992) - 1 ⁽¹⁵⁶⁾	86H, 127M	P: 78.2 (1.4) (Kg)	1265 + 93.3MLG (KJ/d)		220,13 (204,73)	0,34	0,50 (0,07)	≤0,01	-520,11 (107,90)	≤0,01	0,68	(-0,04 - 0,87)	≤0,01
Nelson et al. (1992) - 2 ⁽¹⁵⁶⁾	86H, 127M	P: 78.2 (1.4) (Kg)	1114 + 90.4MLG + 13.2MG (KJ/d)		289,49 (205,50)	0,37	0,53 (0,07)	≤0,01	-481,52 (104,56)	≤0,01	0,59	(-0,21 -0,84)	≤0,01
Nelson et al. (1992) - 3 ⁽¹⁵⁶⁾	86H, 127M	P: 78.2 (1.4) (Kg)	108MLG + 16.9MG (KJ/d)		288,21 (199,49)	0,21	0,37 (0,07)	≤0,01	-243,59 (107,51)	0,026	0,64	(-0,21 - 0,87)	≤0,01

IMC: índice de masa corporal (kg/m²), P: peso (kg), T: talla (cm), E: edad (años), Sex: Sexo (1H, 0M), MLG: masa libre de grasa (kg), MG: masa grasa (kg) (1kcal=4.1855 kJ).

Tabla A14c: Características de las fórmulas predictivas del GER estudiadas que incluyen masa libre de grasa.

	n (Edad (años))	Características antropométricas de los sujetos	Ecuación		Dif. Media (SD)	R ²	Bland - Altmand			CCI			
			Hombres	Mujeres			b (SEE)	p	a (SEE)	p	CCI	IC (95%)	p
Owen (1986, 1987) ^(108, 109)	60H, 44M (18-82)	IMC-H: 20,4 - 58,7 (media: 28,2 (7,5))Kg/m2 IMC- M: 18,2 - 49,6 (media: 27,8 (8,6))Kg/m2	22.3MLG + 290 (Kcal/d)	19.7MLG + 334 (Kcal/d)	263,71 (200,88)	0,20	0,36 (0,07)	≤0,01	-265,92 (109,60)	≤0,01	0,66	(-0,17 - 0,87)	≤0,01
Ravussin et al (1982) ⁽¹⁵⁷⁾	14H, 16M (20-46)	P: 47 - 119 Kg	87.1MLG + 1971 (kj/d)		122,61 (207,19)	0,41	0,57 (0,07)	≤0,01	-752,03 (109,27)	≤0,01	0,75	(0,50 - 0,86)	≤0,01
Ravussin et al (1986) ⁽⁵³⁾	103H, 74M (18-65)	P: 41.3-178.1 (media: 96,9) Kg	87.5MLG + 2001 (kj/d)		110,85 (206,97)	0,41	0,57 (0,07)	≤0,01	-759,86 (109,83)	≤0,01	0,76	(0,55 - 0,86)	≤0,01
Ravussin et al (1989) ⁽¹⁵⁸⁾	129H, 120M (18-41)	P: 50,3 - 188,1 Kg	20.8MLG + 471 (Kcal/d)		123,00 (207,21)	0,41	0,57 (0,07)	≤0,01	-752,28 (109,24)	≤0,01	0,75	(0,50 - 0,86)	≤0,01
Van der Ploeg and Withers (2002) ⁽¹⁵⁹⁾	41H (30-60)	P: 83.5 (11.32) kg	91.85MLG + 1463 (Kj/d)		236,24 (205,89)	0,52	1,08 (0,16)	≤0,01	-1608,33 (267,37)	≤0,01	0,26	(-0,18 - 0,57)	≤0,01

IMC: índice de masa corporal (kg/m²), P: peso (kg), T: talla (cm), E: edad (años), Sex: Sexo (1H, 0M), MLG: masa libre de grasa (kg), MG: masa grasa (kg) (1kcal=4.1855 kJ).

ANEXO V: Premios y publicaciones.



GRUPO AULA MÉDICA, S. L.
Empresa editora de la revista

NUTRICION HOSPITALARIA

Factor de impacto: 1,040 JCR

Órgano oficial de la Sociedad Española de Nutrición Enteral y Parenteral
Órgano oficial de la Sociedad Española de Nutrición
Órgano oficial de la Federación Latino Americana de Nutrición Enteral y Parenteral
Órgano oficial de la Federación Española de Sociedades de Nutrición, Alimentación y Dietética

CERTIFICA que el artículo 9680

Propuesta de una nueva fórmula de estimación del gasto energético en reposo para población sana española

AUTORES:

Sandra de la Cruz Marcos¹, Beatriz de Mateo Silleras¹, M^a Alicia Camina Martín¹, Laura Carreño Enciso¹, Alberto Miján de la Torre^{1,2}, José E. Galgani^{3,4} y M^a Paz Redondo del Río¹

¹Área de Nutrición y Bromatología. Departamento de Pediatría. Facultad de Medicina. Universidad de Valladolid (España); ²Servicio de Medicina Interna (Nutrición). Hospital Universitario de Burgos (España); ³Departamento de Nutrición, Diabetes y Metabolismo. Escuela de Medicina. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago (Chile); ⁴UDA-Ciencias de la Salud, Carrera de Nutrición y Dietética. Escuela de Medicina. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago (Chile).

Ha sido aceptado para su publicación en Nutr Hosp. 2015; 32(5) NOVIEMBRE

Nutr Hosp. ISSN 0212-1611 • CODEN NUHOEQ S.V.R. 318
Depósito Legal: M-34.850-1982

Para que así conste, expido el certificado en Madrid 14/09/2015

Fdo: José Antonio Ruiz – Director



Original/Otros

Concordancia entre calorimetría indirecta y modelos predictivos en una población sana española

Sandra de la Cruz Marcos¹, Beatriz de Mateo Silleras¹, M.^a Alicia Camina Martín¹,
Laura Carreño Enciso¹, Alberto Miján de la Torre^{1,2}, José E. Galgani^{3,4} y M.^a Paz Redondo del Río¹

¹Área de Nutrición y Bromatología. Departamento de Pediatría. Facultad de Medicina. Universidad de Valladolid, España. ²Servicio de Medicina Interna (Nutrición). Hospital Universitario de Burgos, España. ³Departamento de Nutrición, Diabetes y Metabolismo. Escuela de Medicina. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago (Chile). ⁴UDA-Ciencias de la Salud, Carrera de Nutrición y Dietética. Escuela de Medicina. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago (Chile).

Resumen

Objetivo: estudiar la concordancia entre el gasto energético en reposo (GER) obtenido mediante calorimetría indirecta (CI), y las ecuaciones de estimación más utilizadas en población adulta sana española.

Métodos: estudio transversal en el que se determinó el GER en 95 sujetos sanos con normopeso mediante calorimetría indirecta y modelos predictivos (se seleccionaron 45 fórmulas desarrolladas en adultos de características similares a la muestra estudiada que incluían peso, talla, sexo y/o composición corporal). La concordancia entre ambos métodos se analizó mediante el Coeficiente de Correlación Intraclass (CCI) y la prueba de Bland-Altman. La significación se alcanzó con $p < 0,05$.

Resultados: la edad media fue de 42 años (rango: 23,0–63,2). El GER medio estimado por CI en la muestra fue de 1589 (312) kcal/día [1822,3 (224,3) kcal/día en varones y 1379,3 (216,1) kcal/día en mujeres; $p < 0,05$]. Las fórmulas que mejor se ajustaron a la muestra fueron las de De-Lorenzo, Harris-Benedict, Schofield y, especialmente, Korth.

Conclusiones: existen grandes variaciones en la estimación del gasto energético en reposo en función de la ecuación predictiva utilizada. Las fórmulas de De-Lorenzo, Harris-Benedict y Schofield se comportan adecuadamente en la muestra evaluada; sin embargo, la de Korth demostró ser la más apta. Los modelos que incluyen peso y/o talla obtuvieron mejores resultados que los que contienen variables de composición corporal.

(Nutr Hosp. 2015;32:888-896)

DOI:10.3305/nh.2015.32.2.9162

Palabras clave: Gasto energético. Gasto energético en reposo. Calorimetría indirecta. Modelos predictivos del GER.

AGREEMENT BETWEEN INDIRECT CALORIMETRY AND PREDICTIVE EQUATIONS IN A SAMPLE OF SPANISH HEALTHY ADULTS

Abstract:

Objective: the aim of this study was to analyze the agreement between the resting energy expenditure (REE) obtained by indirect calorimetry (IC) and that obtained by prediction equations in a sample of healthy adults from Spain.

Methods: a descriptive cross-sectional study was conducted in 95 healthy, normal-weight adults. REE was determined by IC and 45 population-specific prediction equations which were based on weight, height, sex and/or body composition (BC). The Intraclass Correlation Coefficient (ICC) and Bland-Altman plots were used to analyze the agreement between the REE obtained by IC and that obtained by prediction equations. The level of significance was reached at $p < 0,05$.

Results: mean age was 42 years (range: 23.0–63.2). Mean REE determined by CI was 1589 (312) kcal/d [1822.3 (224.3) kcal/d in men and 1379.3 (216.1) kcal/d in women; $p < 0.05$]. The De-Lorenzo, Harris-Benedict, Schofield, and especially the Korth equations showed the greatest level of agreement with respect to IC.

Conclusions: there is high variability in the estimates of REE depending on the prediction equation used. The De Lorenzo, Harris-Benedict, and the Schofield equations showed a good level of agreement in our sample; however, the Korth equation was the most appropriate. Equations based on weight and/or height were more accurate than those which included body composition variables.

(Nutr Hosp. 2015;32:888-896)

DOI:10.3305/nh.2015.32.2.9162

Key words: Energy expenditure. Resting energy expenditure. Indirect calorimetry. REE predictive models.

Correspondencia: Sandra de la Cruz Marcos.
Área de Nutrición y Bromatología, Facultad de Medicina.
Universidad de Valladolid.
C/ Ramón y Cajal, 7.
47005 Valladolid.
E-mail: sandradelacruzmarcos@yahoo.es

Recibido: 1-V-2015.
Aceptado: 19-V-2015.

Abreviaturas

- CI: calorimetría indirecta.
CCI: coeficiente de correlación intraclase.
CC: composición corporal.
GEB: gasto energético basal.
GER: gasto energético en reposo.
GET: gasto energético total.
IMC: índice de masa corporal.
MG: masa grasa.
MLG: masa libre de grasa.
OMS/WHO: Organización Mundial de la Salud.

Introducción

La estabilidad de las reservas corporales depende en gran medida del equilibrio energético en el organismo; es decir, del mantenimiento del balance entre la energía ingerida y la gastada. En cualquier abordaje nutricional la ingesta debe adecuarse a los requerimientos energéticos y nutricionales. Para ello, es imprescindible conocer del modo más preciso posible el gasto energético total (GET)¹.

Los componentes principales del GET son: el gasto energético basal (GEB), la termogénesis y la actividad física. El GEB supone el 60-70% del GET en sujetos sedentarios, y aproximadamente el 50% en sujetos activos, por lo que se considera el componente mayoritario². En condiciones normales determinar el GEB resulta complicado, pues se requiere un ayuno de 12 horas, 8h de reposo físico y relajación mental y neutralidad térmica³. Por ello, habitualmente se mide el gasto energético en reposo (GER), variable que incluye el metabolismo basal y el consumo de energía asociado al mantenimiento de la vigilia en situación de reposo muscular. Muchos autores consideran equivalentes GEB y GER^{4,6}, aunque el GER es entre un 8 y un 10% mayor que el GEB^{7,8}.

En la actualidad, la calorimetría indirecta (CI) es considerada como la técnica de referencia para la estimación del GER⁹. Sin embargo, en la práctica clínica los modelos de predicción del GER son el método más utilizado, dado que pueden ser aplicados a cualquier persona, son ampliamente disponibles y muy económicos. El inconveniente de su utilización es que, cuando se emplean en poblaciones diferentes a aquellas en las que fueron desarrollados, presentan una alta variabilidad¹⁰⁻¹³.

Uno de los modelos predictivos más utilizados es el de Harris y Benedict¹⁴, publicado en 1919. Aunque varios estudios han evidenciado que esta fórmula tiende a sobreestimar el GER¹, otros autores, como Frankenfield¹⁵, defienden su utilización en individuos con peso normal.

A lo largo del siglo xx se han propuesto diferentes modelos. De ellos, el que se desarrolló con la muestra más grande fue el de Schofield de 1985, obtenido a partir de más de 7.000 sujetos¹⁶. Este modelo es el que

utilizó la OMS en su revisión de la estimación de los requerimientos energéticos⁶.

Los parámetros que intervienen en la variabilidad del gasto energético, a pesar de su extenso estudio, no son del todo conocidos. El modelo explicativo desarrollado por Johnstone¹⁷ en 2005 determinó que la variación del GER se explica principalmente por la composición corporal (CC) y la edad de los sujetos; también contribuían otros factores como el sexo y algunas hormonas (T3, T4 y leptina); aunque aún quedaba el 26,6% del modelo sin explicación. En este sentido, las fórmulas predictivas se pueden clasificar en dos grupos: ecuaciones que contengan variables de composición corporal (masa libre de grasa (MLG) y/o masa grasa (MG)) y ecuaciones sin estas variables (edad, peso, talla, sexo y/o etnia). En los últimos años, se ha observado un importante incremento de las primeras, en paralelo al avance de los métodos de análisis de la CC; aunque las últimas siguen manteniéndose como modelos de referencia⁶.

El objetivo del presente estudio fue evaluar la concordancia entre el GER determinado por calorimetría indirecta (CI) en una población adulta sana española y el estimado a partir de los modelos predictivos más utilizados.

Material y métodos

Se ha realizado un estudio descriptivo transversal. Se estimó un tamaño muestral de 80 individuos para un CCI esperado entre la CI y los modelos predictivos de 0.850, una confianza del 95% y un error máximo del 0.10. Se añadió un 10% por posibles pérdidas, por lo que el tamaño necesario final fue de 88 sujetos. Se seleccionaron consecutivamente 95 voluntarios sanos (45 varones y 50 mujeres) residentes en Castilla y León con edades comprendidas entre 19 y 65 años. Se incluyeron sujetos con un índice de masa corporal (IMC) inferior a 25 kg/m², que prestaran su consentimiento a participar en el estudio y aceptasen cumplir con las normas del mismo. El estudio contó con la aprobación del comité ético del centro y los protocolos empleados siguieron los criterios de la Declaración de Helsinki.

Se recogió la historia clínico-nutricional de cada participante en el estudio mediante una entrevista personal. Se determinó el gasto energético en reposo (GER) mediante calorimetría indirecta, con un calorímetro de mascarilla (Fitmate COSMED, Roma, Italia), siguiendo el protocolo del fabricante. Se realizó un estudio de la composición corporal con un analizador de impedancia monofrecuencia (AKERN BIA-101, Florencia, Italia), según el protocolo de Lukaski¹⁸. Todas las determinaciones se realizaron a primera hora de la mañana, tras 10-12 horas de riguroso ayuno, sin haber fumado ni realizado ningún tipo de ejercicio el día anterior.

Para la selección de los modelos predictivos del GER se revisó la literatura biomédica. Del total de fór-

mulas localizadas se evaluaron 40 desarrolladas para población adulta sana que contenían como variables independientes el peso, la talla, la edad, el sexo y/o la composición corporal (MLG y MG), y cuyo criterio de validación fuera la calorimetría indirecta.

Se utilizó el programa SPSS 18.0 para el análisis estadístico. Las variables se describieron como media (desviación standard) o mediana (percentil 5-percentil 95), en función de la normalidad de su distribución (Kolmogorov-Smirnov). La concordancia entre la calorimetría indirecta y los modelos predictivos se evaluó mediante el coeficiente de correlación intraclase (CCI) y el método de Bland-Altman. Se emplearon los tests t de Student o U de Mann-Whitney para analizar las diferencias de las variables analizadas en función del sexo. La significación estadística se alcanzó con $p < 0,05$.

Finalmente, se seleccionaron las fórmulas que cumplieron los tres criterios siguientes: (i) que la población en la que se hubiera desarrollado la ecuación fuera similar a la del presente estudio (edad, sexo, raza e IMC); (ii) que se obtuviera un $CCI \geq 0,7$ (atendiendo a los criterios de Fleiss¹⁹); y (iii) que no se observara ninguna tendencia lineal de la nube de puntos en el modelo de Bland-Altman.

Resultados

La edad media de los sujetos fue de 42 años (rango: 23 a 63 años). El IMC medio fue de 22,16 (1,9) kg/m². Como se esperaba, los varones presentaron significativamente mayores valores de peso, talla y MLG, y menores valores de MG que las mujeres. El IMC también fue estadísticamente superior en los varones, aunque sin ninguna relevancia clínica (Tabla I).

El GER medio estimado en la muestra total fue de 1589 (312) kcal/día, observándose diferencias estadísticamente significativas en función del sexo: 1822 (224) kcal/día en varones y 1379 (216) kcal/día en mujeres.

Tabla I
Características de la muestra

	Varones (n=45)	Mujeres (n=50)	TOTAL (n=95)
Edad (años)	41,6 (13,0)	42,3 (13,7)	41,9 (13,3)
Peso (kg)	70,4 (7,3)*	58,7 (5,8)	64,3 (8,7)
Talla (cm)	175,1 (6,8)*	163,0 (6,1)	168,7 (8,9)
IMC (kg/m ²)	22,9 (1,7)*	22,1 (1,4)	22,2 (1,9)
MLG (%)	79,7 (70,7 – 93,2)*†	69,2 (4,9)	74,6 (7,8)
MG (%)	20,3 (6,8 – 29,3)*†	30,8 (4,9)	25,4 (7,8)

IMC: Índice de masa corporal; MLG: masa libre de grasa; MG: masa grasa.

†Mediana (p5–p95). * $p < 0,05$ varones vs mujeres.

Atendiendo a los criterios analíticos establecidos, las fórmulas que mejor se comportaron en la muestra estudiada fueron, entre las que contenían como variables de ajuste el peso y la talla, las de De Lorenzo²⁰, Harris-Benedict¹⁴, Korth²¹ y Schofield¹⁶. Ninguna de las ecuaciones que contenía variables de composición corporal cumplió los criterios establecidos (Tabla II y Fig. 1). La ecuación con la que se obtuvieron mejores resultados, respecto a los valores de la calorimetría indirecta, fue la de Korth²¹: diferencia media en el GER de 21,1 (178,7) kcal/día, pendiente de la recta de regresión de 0,12 (0,06) no significativa, y punto de intersección con el eje de ordenadas de -169,3 (103,3); el coeficiente de correlación intraclase fue de 0,90 (IC 95%: 0,84–0,93) (Tabla III). Aunque la fórmula de Harris-Benedict presentó cierta tendencia en el análisis de Bland-Altman, los valores del CCI reflejaron una buena concordancia con la calorimetría indirecta [CCI (IC 95%) de 0,80 (0,54–0,90)].

Los resultados indican que, en la muestra estudiada, el comportamiento de las fórmulas que contienen el peso y la talla es mejor que el de las que contienen variables de composición corporal.

Todos los modelos predictivos seleccionados infraestimaron el GER en la muestra evaluada respecto a los valores obtenidos por calorimetría indirecta, obteniéndose una diferencia máxima de aproximadamente 180 kcal/día con la ecuación de Schofield. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas para todas las fórmulas, excepto para la de Korth. Al estratificar la muestra en función del sexo, dichas diferencias se observan en el caso de los varones para las fórmulas de De Lorenzo, Harris-Benedict y Schofield; en el caso de las mujeres sólo se mantienen para Harris-Benedict y Schofield (Tabla IV).

Discusión

En los últimos años se ha observado un importante incremento de modelos predictivos del GER desarrollados en distintas poblaciones. Sin embargo, existe gran variabilidad en el comportamiento de las distintas ecuaciones en función de diversas características de los sujetos (sexo, etnia, edad, IMC, composición corporal, etc.)¹⁵, y no hay un consenso sobre qué modelo es más preciso en población sana. Por ello, el presente estudio comparó el GER obtenido por calorimetría indirecta en una población adulta sana española con el estimado a partir de los modelos de estimación del GER más utilizados.

La calorimetría indirecta es una técnica sencilla, inocua, rápida y relativamente económica que, en la práctica clínica, se considera como método de referencia⁹. La mayoría de los modelos de estimación del GER se desarrollan utilizando la CI como criterio de validación.

Mediante una exhaustiva revisión de la literatura biomédica para este estudio se evaluaron 40 ecuacio-

Tabla II
Selección de fórmulas predictivas del GER

	Ajustadas por peso y/o talla			Ajustadas por composición corporal		
	ICC≥0,7*	B-A†	Muestra‡	ICC≥0,7*	B-A†	Muestra‡
Bernstein et al. (1983) ¹	-	-	+	-	-	+
Cunningham (1980) ^{2,‡}	+	-	+	+	-	+
Cunningham (1991) ^{4,‡}	+	-	+	-	-	-
De Lorenzo et al. (2001) ⁶	+	+	+	-	+	+
Harris-Benedict (1919) ⁸	+	-	+	+	-	+
Henry (P) – Oxford (2005) ¹⁰	+	-	+	+	-	-
Henry (P,T) – Oxford (2005) ¹⁰	+	-	+	+	-	+
Johnstone et al. (2006) ¹²	+	-	+	+	-	-
Johnstone et al. (2006) ¹²	+	-	+	+	-	+
Kashiwazaki et al. (1988) ¹⁴	+	+	+	+	-	-
Korth et al. (2007) ¹³	+	+	-	+	-	+
Livingston and Kohlstadt. (2005) ¹⁶	+	+	-	+	-	-
Mifflin (1990) ¹⁸	+	-	+	-	-	-
Mifflin (2004) ²⁰	+	-	-	-	-	+
Owen (1986, 1987) ^{21, 22}	-	-	+	-	-	-
Schofield (P) (1985)-WHO 2001 ^{23, 24}	+	-	+	-	-	-
Schofield (P,T)-WHO 2001 ^{23, 24}	+	+	+	-	-	-
Siervo (2003) ²⁶	-	-	+	-	-	-
University of Memphis (2004) ²⁷	-	-	+	+	-	+
FAO/OMS (P) (1985) ²⁸	+	-	+	+	-	+
FAO/OMS (P,T) (1985) ²⁸	+	-	+	+	-	+
Ravussin et al. (1982) ²⁹	-	-	-	-	-	-
Ravussin et al. (1986) ³⁰	-	-	-	-	-	-
Ravussin et al. (1989) ³¹	-	-	-	-	-	-
Van der Ploeg and Withers (2002) ³²	-	-	-	-	-	-

ICC: Índice de correlación intraclass; B-A: Estudio de Bland-Altman; Muestra: muestra de referencia de características similares a la muestra (étnia caucásica, adultos y sujetos en normopeso).

*+, cumple el criterio. -, no cumple el criterio.

*Coeficiente de correlación intraclass ≥0,7 (Criterios de Fleish: buena correlación).

†Análisis de Bland-Altman.

‡Población y muestra similares a las de nuestro estudio.

#La MLG se obtiene a partir del peso de los sujetos mediante la utilización de una ecuación.

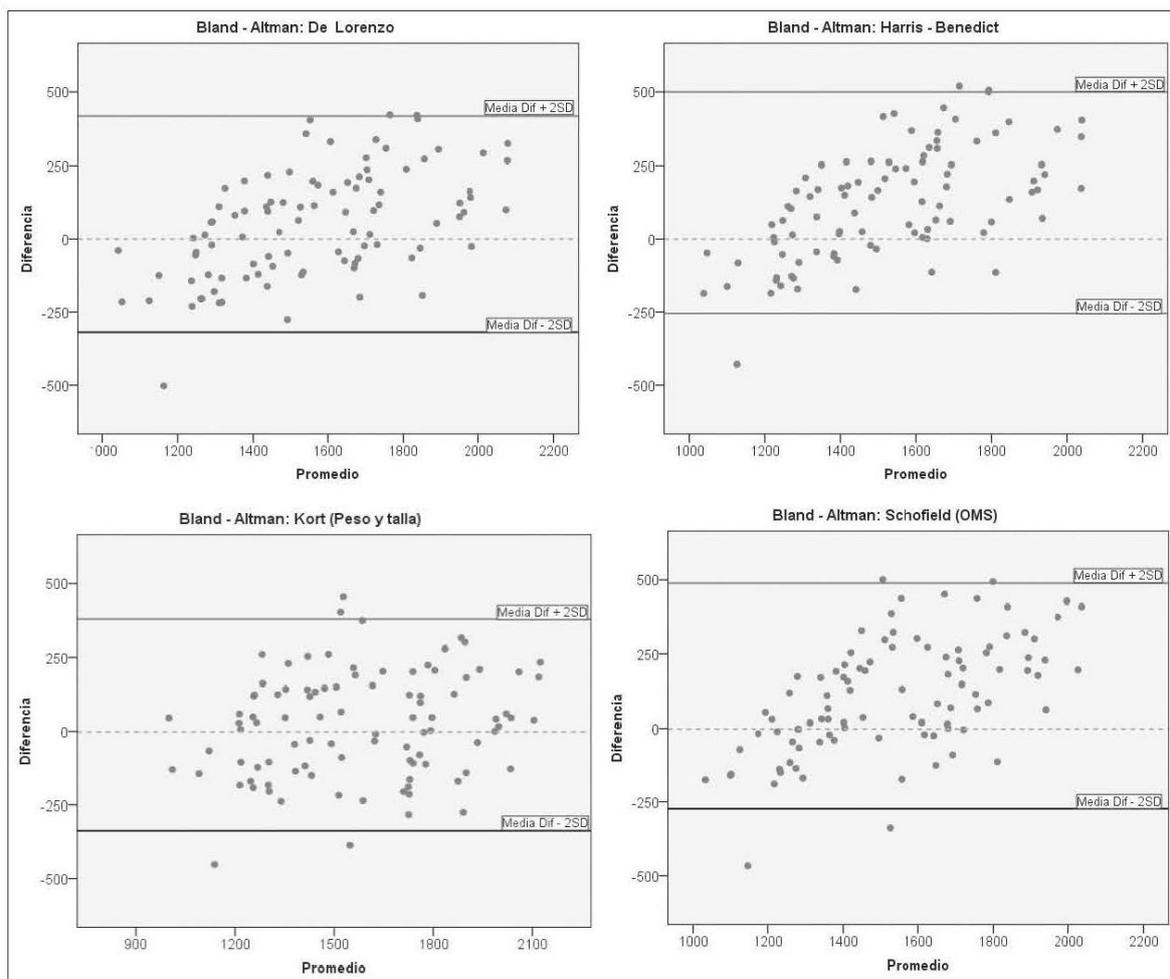


Fig. 1.—Análisis de Bland-Altman para las fórmulas seleccionadas.

nes predictivas desarrolladas en población adulta sana que incluían como variables independientes el peso, la talla, la edad, el sexo y/o la composición corporal (MLG y MG), y cuyo criterio de validación hubiera sido la calorimetría indirecta. De todas ellas se seleccionaron aquellas que se hubieran obtenido a partir de poblaciones con características similares a la de este trabajo (edad, sexo, raza). De todos los modelos analizados se escogieron 5 fórmulas que cumplieran los criterios estadísticos establecidos ($CCI \geq 0,7$ y ausencia de tendencia lineal de la nube de puntos del modelo de Bland-Altman). De los modelos de estimación que incluían variables de composición corporal se excluyeron las fórmulas en las que la MLG o la MG fuera un parámetro derivado de variables antropométricas (peso, IMC), y no medido directamente o estimado indirectamente.

La fórmula de Korth²¹ proporcionó los mejores resultados en base a criterios gráficos y analíticos. El buen comportamiento de este modelo puede deberse a la similitud de la muestra con la que se diseñó la

ecuación y la del presente trabajo: en ambos casos se analizaron adultos sanos de origen caucásico con edades similares. La muestra de Korth incluyó sujetos con sobrepeso y obesidad, por lo que su IMC medio fue mayor y el porcentaje de MLG, menor. Y en la muestra estudiada en el presente trabajo se observó que, aunque los sujetos presentaron IMC dentro de la normalidad nutricional, los porcentajes de MG de algunos de ellos fueron algo elevados, lo que hace que ambas poblaciones sean similares en cuanto a composición corporal.

Aunque para el resto de las ecuaciones seleccionadas se obtuvieron valores de CCI elevados y estadísticamente significativos, todas ellas presentaron cierta tendencia positiva en la nube de puntos del gráfico de Bland-Altman.

La población italiana con la que De Lorenzo⁴⁷ desarrolló su ecuación estaba formada por un mayor número de mujeres que de varones, y de más edad. Estas características podrían explicar las pequeñas diferencias observadas. Igual que el modelo de Koth, la ecuación

Tabla III
Características de las fórmulas predictivas del GER seleccionadas

	n	Características antropométricas de los sujetos	Ecuación		Dif. Media (SD)	Bland - Altman		CCI
			Varones	Mujeres		a (SEE)	b (SEE)	
Fórmulas con peso y/o talla								
DeLorenzo et al. (2001) ⁶	127V, 193M (18-59)	IMC: 17-40 (media 27) kg/m ²	53.284P + 20.957T - 23.859E + 487 (kJ/d)	46.322P + 15.744T - 16.66E + 944 (kJ/d)	50,4 (183,5)	0,27 (0,06)	0,39 ≤0,001 (100,85)	-551,14 ≤0,001 0,86 (0,79-0,91) ≤0,001
Harris-Benedict (1919) ⁸	136V (19-63) 103M (15-74)	P: 34,6-94,5 kg T: 149-178 cm	66.47 + 13.75P + 5.0T - 6.76E (kcal/d)	65.50955 + 9.5634P + 1.8496T - 4.6756E (kcal/d)	122,8 (188,7)	0,36 (0,06)	0,46 ≤0,001 (98,20)	-583,95 ≤0,001 0,80 (0,54-0,90) ≤0,001
Korth et al. (2007) ¹³	50V, 54M (21-68)	IMC: 26 (18-41) kg/m ²	41.5P + 35.0T + 1107.4Sex - 19.1E - 1731.2 (kJ/d)		21,1 (178,7)	0,03 (0,06)	0,12 0,064 (103,29)	-169,32 ≤0,001 0,90 (0,85-0,93) ≤0,001
Schofield (P,T)-WHO 2001 ^{23,24}	7173 V y M (incluye niños)	P: 3-84 kg	18-30 años: 0.063P - 0.042T + 2.953 (MJ/d) 30-60 años: 0.048P - 0.011T + 3.67 (MJ/d) >= 60 años: 0.038P + 4.068T - 3.491 (MJ/d)	18-30 años: 0.057P + 1.148T + 0.411 (MJ/d) 30-60 años: 0.034P + 0.006T + 3.53 (MJ/d) >= 60 años: 0.033P + 1.917T + 0.074 (MJ/d)	107,6 (190,7)	0,31 (0,07)	0,44 ≤0,001 (102,22)	-560,51 ≤0,001 0,82 (0,62-0,90) ≤0,001

En todos los casos seleccionados la medición del GER se realizó mediante calorimetría indirecta. Análisis estadístico del Bland Altman (R²: R² corregida; b: pendiente de la recta de regresión; a: intersección de la recta de regresión con el eje de Y; SEE: error standard; p: nivel de significación). Análisis de concordancia (CCI: coeficiente de correlación intraclase; IC: 95%: intervalo de confianza al 95%; p: nivel de significación). IMC: índice de masa corporal (kg/m²); P: peso (kg); T: talla (cm); E: edad (años); Sex: sexo (V=1, M=0); MLG: masa libre de grasa (kg); MG: masa grasa (kg).

Tabla IV
Descripción del GER en la muestra

GER (kcal/d)	Varones (n=45)	Mujeres (n=50)	TOTAL (n=95)
Calorimetría Indirecta	1822,3 (224,3)	1379,3 (216,1)	1589,1 (312,0)
De Lorenzo	1720,7 (153,1)*	1374,9 (114,5)	1538,7 (218,9)*
Harris-Benedict	1628,7 (161,1)*	1320,3 (100,6)*	1446,3 (203,4)*
Korth	1799,6 (1625,1–2068,3)†	1338,4 (134,0)	1538,3 (1161,5–2015,4)†
Schofield	1667,6 (133,4)*	1314,0 (1163,9–1475,3)*†	1402,6 (1178,5–1830,2)*†
Cunningham	1740,7 (95,3)*	1387,9 (70,6) ¹	1515,2 (1310,9–1868,3)†

Resultados expresados como media (SD). †Mediana (p5–p95).

*p<0.05 calorimetría vs fórmula predictiva.

de De Lorenzo también incluyó sujetos con sobrepeso y obesidad.

La fórmula de Schofield¹⁶ tuvo un comportamiento razonablemente adecuado, con valores de CCI de 0,82 (0,62-0,90). A pesar de que este modelo se desarrolló a partir de una de las muestras de mayor tamaño, algunos autores critican su representatividad, ya que indican que contiene un desproporcionado número de sujetos italianos, y una escasa presencia de sujetos de origen tropical¹. En su trabajo Henry¹ indica que la fórmula de Schofield tiende a sobreestimar el gasto, dadas las características de la muestra utilizada para el desarrollo del modelo (que contenía un elevado número de sujetos con alto GER). Sin embargo, en nuestra muestra el modelo lo infraestima, igual que se ha documentado en otros estudios⁴⁷⁻⁵⁰.

La primera fórmula con reconocimiento internacional para la estimación del GER fue la de Harris-Benedict¹⁴. Sin embargo, aunque a día de hoy aún se puede considerar el modelo predictivo de mayor uso en la práctica clínica, la literatura pone en franca controversia su aplicación. Douglas⁵¹ o Parra-Carriedo¹³ documentaron que su eficacia puede verse afectada tanto por la etnia, como por la evolución ponderal del sujeto. Daly⁵² evidenció que en pacientes sanos puede llegar a sobreestimar el gasto entre un 10 y un 15%. Frankenfield¹⁵ observó que el modelo sobreestimaba el GER en la mayoría de los 25 estudios que analizó. Sin embargo, también se ha constatado que el valor del GER pronosticado con este modelo es menor que el gasto medido en entre un 7 y un 21% de los sujetos con normopeso y sobrepeso, y hasta en el 65% de los sujetos obesos¹⁵. Los resultados del presente estudio siguen esta última tendencia, ya que el modelo de Harris-Benedict, aunque presenta un comportamiento razonablemente adecuado, tal como indica el CCI, tiende a infraestimar el gasto de los sujetos evaluados.

Todos los modelos evaluados infraestimaron el GER, respecto al determinado por CI, lo que se contradice con la mayoría de los estudios publicados¹⁵. Sin embargo, esta tendencia también se ha observado en algunos trabajos^{20,48-50}. No es probable que estas di-

ferencias se deban a las características de la muestra estudiada, ya que, aunque la mayoría de los modelos se ha obtenido en sujetos sanos y con sobrepeso y obesidad, en nuestro estudio, como ya se ha comentado, se ha observado un porcentaje de masa grasa elevado. El calorímetro empleado en el presente trabajo es un calorímetro de mascarilla ampliamente utilizado en la literatura y para el que se ha demostrado una adecuada validez⁵³⁻⁵⁷. Se ha seguido estrictamente el protocolo recomendado por el fabricante. Sin embargo, algunos estudios han sugerido que la prolongación del tiempo de determinación podría mejorar la precisión y exactitud del GER medido, puesto que se ha visto que, con la mascarilla, los sujetos tienden a hiperventilar en los primeros minutos del registro^{1,58,59}; aunque otros autores no han observado diferencias en el GER determinado empleando un canopio o mascarilla^{58,60,61}.

Aplicando los criterios de inclusión y estadísticos definidos en el estudio no ha podido seleccionarse ninguna fórmula basada en variables de composición corporal. Por tanto, nuestros resultados indican que las ecuaciones que contienen el peso y/o la talla se comportan mejor para la estimación del GER. Se ha observado que, en los últimos años, se tiende a desarrollar ecuaciones de estimación del GER a partir de la MLG, puesto que, tal y como apuntan Nelson³⁹ y Mifflin³⁴, esta variable es uno de los mejores predictores del GER. Sin embargo, algunos autores²¹ evidencian que la técnica utilizada para determinar o estimar la composición corporal afecta tanto a la pendiente, como a la intersección de la recta de regresión de la asociación entre el GER y la MLG. Así, se ha observado que los modelos que no incluyen variables de composición corporal presentan menor variabilidad y, por tanto, mejor comportamiento²¹.

Aunque nuestros resultados respaldan la utilización de los modelos predictivos como una herramienta apropiada para la práctica diaria, el presente trabajo tiene algunas limitaciones. El tamaño muestral empleado fue suficiente para el estudio de concordancia, puesto que se calculó, pero la población analizada no puede considerarse representativa de la población

adulta sana española por el reducido tamaño muestral y la no aleatorización de los participantes. Por tanto, sería adecuado evaluar los modelos predictivos estudiados en una muestra de gran tamaño y representativa de la población sana española y comprobar la precisión en la determinación del GER por calorimetría indirecta aumentando el tiempo de registro. Este trabajo permitiría, además, desarrollar un modelo predictivo específico para la estimación del GER en esta población.

En conclusión, existen grandes variaciones en la estimación del gasto energético en reposo en función del modelo predictivo empleado. La ecuación de Korth puede ser un método adecuado para la estimación del GER en sujetos adultos sanos, aunque las fórmulas de Schofield y Harris-Benedict, ampliamente utilizadas, y la de De-Lorenzo, también han presentado un comportamiento aceptable. Los modelos de estimación del GER que incluyen variables como el sexo, la edad, el peso y/o la talla se comportan mejor en la predicción del GER en la población sana española evaluada que las que contienen variables de composición corporal.

Agradecimientos

El equipo investigador agradece su colaboración a todos los voluntarios que han participado en el estudio.

Referencias

- Henry CJK. Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations. *Public Health Nutrition*. 2005 Oct;8(7A):1133-52.
- Pinheiro Volp AC, Esteves de Oliveira FC, Duarte Moreira Alves R, Esteves EA, Bressan J. Energy expenditure: components and evaluation methods. *Nutricion hospitalaria*. 2011;26(3):430-40.
- Ahima RS. Principles of Human Energy Metabolism. In: Galgani J, Ravoussin E, editors. *Principles of Human Energy Metabolism*. New York (USA): Springer; 2011; pp:1-24.
- Cunningham JJ. Body composition as a determinant of energy expenditure: a synthetic review and a proposed general prediction equation. *Am J Clin Nutr*. 1991 Dec;54(6):963-9.
- Figueroa-Colon R, Franklin FA, Goran MI, Lee JY, Weinsier RL. Reproducibility of measurement of resting energy expenditure in prepubertal girls. *Am J Clin Nutr*. 1996 Oct;64(4):533-6.
- Human energy requirements: report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. *Food and nutrition bulletin*. 2005; 26(1):166-.
- Feurer I, Mullen JL. Bedside Measurement of Resting Energy Expenditure and Respiratory Quotient via Indirect Calorimetry. *Nutrition in Clinical Practice*. 1986;1(1):43-9.
- Berke EM, Gardner AW, Goran MI, Poehlman ET. Resting metabolic rate and the influence of the pretesting environment. *Am J Clin Nutr*. 1992 Mar;55(3):626-9.
- Haugen HA, Chan LN, Li F. Indirect calorimetry: a practical guide for clinicians. *Nutr Clin Pract*. 2007 Aug;22(4):377-88.
- Esteves de Oliveira FC, de Mello Cruz AC, Goncalves Oliveira C, Rodrigues Ferreira Cruz AC, Mayumi Nakajima V, Bressan J. Energy expenditure of healthy Brazilian adults: a comparison of methods. *Nutricion hospitalaria*. 2008 2008;23(6):554-61.
- Weekes CE. Controversies in the determination of energy requirements. *Proceedings of the Nutrition Society*. 2007 Aug;66(3):367-77.
- Foster GD, Wadden TA, Vogt RA. Resting energy expenditure in obese African American and Caucasian women. *Obes Res*. 1997 Jan;5(1):1-8.
- Parra-Carriedo A, Cherem-Cherem L, Galindo-De Noriega D, Díaz-Gutiérrez MC, Pérez-Lizaur AB, Hernández-Guerrero C. Comparación del gasto energético en reposo determinado mediante calorimetría indirecta y estimado mediante fórmulas predictivas en mujeres con grados de obesidad I a III. *Nutricion Hospitalaria*. 2013;28:357-64.
- Harris JA, Benedict FG. A Biometric Study of Human Basal Metabolism. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1918 Dec;4(12):370-3. PubMed PMID: 16576330.
- Frankenfield D, Roth-Yousey L, Compher C, Evidence Anal Working G. Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: A systematic review. *Journal of the American Dietetic Association*. 2005 May;105(5):775-89.
- Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr*. 1985;39 Suppl 1:5-41.
- Johnstone AM, Murison SD, Duncan JS, Rance KA, Speakman JR. Factors influencing variation in basal metabolic rate include fat-free mass, fat mass, age, and circulating thyroxine but not sex, circulating leptin, or triiodothyronine. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2005 Nov;82(5):941-8.
- Lukaski HC, Bolonchuk WW. ESTIMATION OF BODY-FLUID VOLUMES USING TETRAPOLAR BIOELECTRICAL IMPEDANCE MEASUREMENTS. *Aviation Space and Environmental Medicine*. 1988 Dec;59(12):1163-9.
- Fleiss JL, Levin B, Paik MC. *Statistical Methods for Rates and Proportions*. 3 ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.; 2003 5 JAN 2004. 604 p.
- De Lorenzo A, Tagliabue A, Andreoli A, Testolin G, Comelli M, Deurenberg P. Measured and predicted resting metabolic rate in Italian males and females, aged 18-59 y. *Eur J Clin Nutr*. 2001 Mar;55(3):208-14.
- Korth O, Bösy-Westphal A, Zschoche P, Glüer CC, Heller M, Müller MJ. Influence of methods used in body composition analysis on the prediction of resting energy expenditure. *Eur J Clin Nutr*. 2007 May;61(5):582-9.
- Bernstein RS, Thornton JC, Yang MU, Wang J, Redmond AM, Pierson RN, et al. Prediction of the resting metabolic rate in obese patients. *Am J Clin Nutr*. 1983 Apr;37(4):595-602.
- Cunningham JJ. A reanalysis of the factors influencing basal metabolic rate in normal adults. *Am J Clin Nutr*. 1980 Nov;33(11):2372-4.
- Elia M. Organ and tissue contribution to metabolic rate. In: Kinney J, Tucker H, editors. *Energy Metabolism: Tissue determinants and cellular corollaries*. New York: Raven; 1992. p. 61-80.
- Garby L, Garrow JS, Jorgensen B, Lammert O, Madsen K, Sorensen P, et al. Relation between energy expenditure and body composition in man: specific energy expenditure in vivo of fat and fat-free tissue. *Eur J Clin Nutr*. 1988 Apr;42(4):301-5.
- Garrow JS, Webster J. Are pre-obese people energy thrifty? *Lancet*. 1985 Mar;1(8430):670-1.
- Heshka S, Yang MU, Wang J, Burt P, Pi-Sunyer FX. Weight loss and change in resting metabolic rate. *Am J Clin Nutr*. 1990 Dec;52(6):981-6.
- Jensen MD, Braun JS, Vetter RJ, Marsh HM. Measurement of body potassium with a whole-body counter: relationship between lean body mass and resting energy expenditure. *Mayo Clin Proc*. 1988 Sep;63(9):864-8.
- Johnstone AM, Rance KA, Murison SD, Duncan JS, Speakman JR. Additional anthropometric measures may improve the predictability of basal metabolic rate in adult subjects. *Eur J Clin Nutr*. 2006 Dec;60(12):1437-44.
- Kashiwazaki H, Suzuki T, Inaoka T. Postprandial resting metabolic rate and body composition in the moderately obese and normal-weight adult subjects at sitting posture. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*. 1988 Aug;34(4):399-411.
- Liu B, Woo J, Tang N, Ng K, Ip R, Yu A. Assessment of total energy expenditure in a Chinese population by a physical

- activity questionnaire: examination of validity. *Int J Food Sci Nutr*. 2001 May;52(3):269-82.
32. Livingston EH, Kohlstadt I. Simplified resting metabolic rate-predicting formulas for normal-sized and obese individuals. *Obes Res*. 2005 Jul;13(7):1255-62.
 33. Luke A, Schoeller DA. Basal metabolic rate, fat-free mass, and body cell mass during energy restriction. *Metabolism*. 1992 Apr;41(4):450-6.
 34. Mifflin MD, St Jeor ST, Hill LA, Scott BJ, Daugherty SA, Koh YO. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *Am J Clin Nutr*. 1990 Feb;51(2):241-7.
 35. McNeill G, Rivers JP, Payne PR, de Britto JJ, Abel R. Basal metabolic rate of Indian men: no evidence of metabolic adaptation to a low plane of nutrition. *Hum Nutr Clin Nutr*. 1987 Nov;41(6):473-83.
 36. Müller MJ, Bösby-Westphal A, Klaus S, Kreyman G, Lührmann PM, Neuhäuser-Berthold M, et al. 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*. 2004 Nov;80(5):1379-90.
 37. Owen OE, Kaval E, Owen RS, Polansky M, Caprio S, Mozzoli MA, et al. A reappraisal of caloric requirements in healthy women. *Am J Clin Nutr*. 1986 Jul;44(1):1-19.
 38. Owen OE, Holup JL, D'Alessio DA, Craig ES, Polansky M, Smalley KJ, et al. A reappraisal of the caloric requirements of men. *Am J Clin Nutr*. 1987 Dec;46(6):875-85.
 39. Nelson KM, Weinsier RL, Long CL, Schutz Y. Prediction of resting energy expenditure from fat-free mass and fat mass. *Am J Clin Nutr*. 1992 Nov;56(5):848-56.
 40. Siervo M, Boschi V, Falconi C. Which REE prediction equation should we use in normal-weight, overweight and obese women? *Clin Nutr*. 2003 Apr;22(2):193-204.
 41. Vander Weg MW, Watson JM, Klesges RC, Eck Clemens LH, Slawson DL, McClanahan BS. Development and cross-validation of a prediction equation for estimating resting energy expenditure in healthy African-American and European-American women. *Eur J Clin Nutr*. 2004 Mar;58(3):474-80.
 42. Energy and protein requirements. Report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. World Health Organization technical report series. 1985 1985;724:1-206.
 43. Ravussin E, Burmand B, Schutz Y, Jéquier E. Twenty-four-hour energy expenditure and resting metabolic rate in obese, moderately obese, and control subjects. *Am J Clin Nutr*. 1982 Mar;35(3):566-73.
 44. Ravussin E, Lillioja S, Anderson TE, Christin L, Bogardus C. DETERMINANTS OF 24-HOUR ENERGY-EXPENDITURE IN MAN - METHODS AND RESULTS USING A RESPIRATORY CHAMBER. *Journal of Clinical Investigation*. 1986 Dec;78(6):1568-78.
 45. Ravussin E, Bogardus C. Relationship of genetics, age, and physical fitness to daily energy expenditure and fuel utilization. *Am J Clin Nutr*. 1989 May;49(5 Suppl):968-75.
 46. van der Ploeg GE, Withers RT. Predicting the resting metabolic rate of 30-60-year-old Australian males. *Eur J Clin Nutr*. 2002 Aug;56(8):701-8.
 47. DeLorenzo A, Andreoli A, Matthie J, Withers P. Predicting body cell mass with bioimpedance by using theoretical methods: a technological review (vol 82, pg 1542, 1997). *Journal of Applied Physiology*. 1997 Dec;83(6):CP4-CP.
 48. Shanesin M, Rezazadeh A, Jessri M, Neyestani T, Rashidkhan B. Validity of predictive equations for resting energy expenditure among Iranian women. *Asia Pac J Clin Nutr*. 2011;20(4):646-53.
 49. Arciero PJ, Goran MI, Gardner AW, Ades PA, Tyzbir RS, Poehlman ET. A practical equation to predict resting metabolic rate in older men. *Metabolism*. 1993 Aug;42(8):950-7.
 50. Arciero PJ, Goran MI, Gardner AM, Ades PA, Tyzbir RS, Poehlman ET. A practical equation to predict resting metabolic rate in older females. *J Am Geriatr Soc*. 1993 Apr;41(4):389-95.
 51. Douglas CC, Lawrence JC, Bush NC, Oster RA, Gower BA, Darnell BE. Ability of the Harris-Benedict formula to predict energy requirements differs with weight history and ethnicity. *Nutrition Research*. 2007 Apr;27(4):194-9.
 52. Daly JM, Heymsfield SB, Head CA, Harvey LP, Nixon DW, Katzoff H, et al. HUMAN ENERGY-REQUIREMENTS - OVERESTIMATION BY WIDELY USED PREDICTION EQUATION. *American Journal of Clinical Nutrition*. 1985 1985;42(6):1170-4.
 53. Lupinsky L, Singer P, Theilla M, Grinev M, Hirsh R, Lev S, et al. Comparison between two metabolic monitors in the measurement of resting energy expenditure and oxygen consumption in diabetic and non-diabetic ambulatory and hospitalized patients. *Nutrition*. 2015 Jan;31(1):176-9.
 54. Vandarakis D, Salacinski AJ, Broeder CE. A comparison of COSMED metabolic systems for the determination of resting metabolic rate. *Res Sports Med*. 2013;21(2):187-94.
 55. Langius JA, Steensma A, Kaloter CX, Groen PM, Vlieland FM, Visser WA, et al. PP177-SUN: Portable Indirect Calorimetry for Estimating Resting Metabolic Rate both Reliable and Feasible in Community Dietetics. *Clinical Nutrition*. 33:S86.
 56. El Ghoch M, Alberti M, Capelli C, Calugi S, Battistini NC, Pellegrini M, et al. Resting energy expenditure assessment in anorexia nervosa: comparison of indirect calorimetry, a multi-sensor monitor and the Muller equation. *Int J Food Sci Nutr*. 2012 Nov;63(7):796-801.
 57. Franchini E, de Moraes Bertuzzi RC, Takito MY, Kiss MA. Effects of recovery type after a judo match on blood lactate and performance in specific and non-specific judo tasks. *Eur J Appl Physiol*. 2009 Nov;107(4):377-83.
 58. Isbell TR, Klesges RC, Meyers AW, Klesges LM. Measurement reliability and reactivity using repeated measurements of resting energy expenditure with a face mask, mouthpiece, and ventilated canopy. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 1991 Mar-Apr;15(2):165-8.
 59. Hagedorn T, Savina C, Coletti C, Paolini M, Scavone L, Neri B, et al. Calorimetry in obese women: comparison of two different operating indirect calorimeters together with the predictive equation of Harris and Benedict. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*. 2011 2011/08/01;4(2):117-25. English.
 60. McAnena OJ, Harvey LP, Katzoff HL, Daly JM. Indirect calorimetry: comparison of hood and mask systems for measuring resting energy expenditure in healthy volunteers. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 1986 Nov-Dec;10(6):555-7.
 61. Segal KR. Comparison of indirect calorimetric measurements of resting energy expenditure with a ventilated hood, face mask, and mouthpiece. *Am J Clin Nutr*. 1987 Jun;45(6):1420-3.



Valencia, 18 de octubre de 2014

La Fundación Española de Dietistas-Nutricionistas tiene el placer de presentar el premio de:

MEJOR COMUNICACIÓN ORAL

por el trabajo titulado:

PROPUESTA DE UNA NUEVA FÓRMULA DE ESTIMACIÓN DEL GASTO ENERGÉTICO EN REPOSO PARA POBLACIÓN SANA ESPAÑOLA

cuyos autores son:

Sandra de la Cruz Marcos; Beatriz de Mateo Silleras; Maria Alicia Camina Martín; Laura Carreño Enciso; Maria Paz Redondo del Río

en el VI Congreso de la Fundación Española de Dietistas-Nutricionistas

Alma Mª Palau Ferré
Presidenta del Comité Organizador

José Miguel Soriano del Castillo
Presidente del Comité Científico

C0057

**FE
DN****2014****VALENCIA****VI Congreso
Fundación
Española de
Dietistas
Nutricionistas****16/17/18
Octubre****CERTIFICADO DE PÓSTER ELECTRÓNICO**

El Comité Organizador y el Comité Científico certifican que la Comunicación titulada:

**CONCORDANCIA ENTRE EL GASTO ENERGÉTICO EN REPOSO DETERMINADO
POR CALORIMETRÍA INDIRECTA Y DISTINTOS MODELOS PREDICTIVOS EN
POBLACIÓN SANA ESPAÑOLA.**

de los autores:

SANDRA DE LA CRUZ MARCOS; BEATRIZ DE MATEO SILLERAS; MARÍA ALICIA CAMINA
MARTIN; LAURA CARREÑO ENCISO; MARIA PAZ REDONDO DEL RÍO

ha sido presentada como Póster electrónico en el **VI Congreso de la Fundación Española de Dietistas-Nutricionistas**, celebrado en Valencia los días 16, 17 y 18 de Octubre de 2014.

Y para que así conste, se expide el presente certificado en Valencia a 18 de Octubre de 2014.

Alma Mª Palau Ferré
Presidenta del Comité Organizador

José Miguel Soriano del Castillo
Presidente del Comité Científico

www.congresofedn.com

Ann Nutr Metab
63 (suppl 1) 1–1960 (2013)

63 | S1 | 13

print
ISSN 0250–6807
e–ISSN 978–3–318–02516–3

online
e-ISSN 1421–9697

www.karger.com/anm

An Official Journal of



International Union of
Nutritional Sciences (IUNS)



Federation of European
Nutrition Societies (FENS)

Annals of Nutrition & Metabolism



20th International Congress of Nutrition

Granada, Spain, September 15–20, 2013



Abstracts

Guest Editors
A. Gil, Granada
J.A. Martínez, Pamplona

S. Karger
Medical and Scientific Publishers
Basel · Freiburg · Paris ·
London · New York ·
New Delhi · Bangkok · Beijing ·
Tokyo · Kuala Lumpur ·
Singapore · Sydney

KARGER

2DR (p-value of 0.007) but not for the 7DR (p-value of 0.47). The Bland-Altman plot, with limits of agreement between 2DR and FFQs and between 7DR and FFQs, reinforces the results obtained by paired t-test.

Conclusions: Reliable and precise information on gluten consumption is crucial to conduct epidemiological studies in the field of coeliac disease and specifically to study the impact of gluten introduction and intake in disease development. Our new gluten-FFQs are the only validated specifically developed questionnaires to determine the amount of gluten consumed by Spanish children. They are easy to use and offer excellent instruments to assess gluten intake for children up to 36 months of age, thus allowing comparison of gluten consumption in different countries.

Key words: Food-frequency-questionnaires, gluten, coeliac.

PO2428

IS THE BMI A GOOD PREDICTOR OF ADIPOSITY IN HEALTHY PEOPLE?

S. de la Cruz¹, B. de Mateo Silleras¹, M A. Camina Martín¹, L. Carreño Enciso¹, P. Redondo del Río¹

¹Department of Nutrition and Bromatology, Faculty of Medicine, University of Valladolid, Valladolid, Spain

Background and objectives: BMI is the mainly used nutritional status indicator, but this is not a body composition index. The aim of this study was to compare different methods to assess the adiposity in a group of healthy subjects.

Methods: Fifty five healthy volunteers (BMI < 25 kg/m², 20-50 y.) participate in this cross-sectional study. BMI, circumferences measurements, and hand-to-food BIA (50 kHz) were employed to assess nutritional status and body composition. We compared three different index to assess adiposity: BMI, waist circumference (WC) and % fat mass (Deurenber's formula, based on BIA). Results are expressed as mean (SD) or n and %.

Results: The mean age of the subjects was 33.4 (8.6) years. The mean BMI showed healthy weight in our sample (22.11 Kg/m²; SD: 1.85). According to the new IDF cut-off points values for WC, only five women are abdominal overweighted. According to SEEDO cut-off points values for % fat mass (FM), 13 men (50%) are overweighted and 5 men (19.2%) are obese, and 6 women (20.7%) are overweighted and 18 women (62.1%) are obese. WC does not classified correctly at 6 (20.7%) and 13 (50%) overweighted women and men, respectively, and at 14 (48.3%) and 5 (19.2%) obese women and men, respectively.

Conclusions: The BMI is not an accurate index to determine adiposity. The use of different specific index for evaluate adi-

posity is mandatory for an adequate assessment of nutritional status, as adiposity is a major risk factor for several diet-related chronic diseases.

Key words: BMI, adiposity, nutritional status, waist circumference, fat mass.

PO2429

IMPLICATION OF THE APICAL SODIUM-DEPENDENT BILE ACID TRANSPORTER IN THE UPTAKE OF FAT-SOLUBLE VITAMINS

A. Goncalves^{1,2}, J. Khoury¹, M. Nowicki¹, A. Dhaussy², A. Huertas², M J. Amiot¹, E. Reboul¹

¹NORT, UMR 1062 INSERM / 1260 INRA / Université d'Aix-Marseille, Marseille, France

²Lesieur, Asnières-sur-Seine, France

Background and objectives: Since 2005, we have demonstrated that the absorption mechanisms of fat-soluble vitamins are more complex than previously assumed. Indeed, intestinal cholesterol transporters have been recognized as involved in vitamin D and E absorption. Our aim is now to identify other possible fat-soluble vitamin transporters. A new promising candidate is the apical sodium-dependant bile acid transporter (ASBT), responsible for bile acid reabsorption, since it represents a potential drug target to reduce plasma cholesterol levels. The objective of this study is thus to determine if ASBT is involved in the intestinal absorption of vitamin A, D, E and K.

Methods: The uptake of vitamins A, D, E and K was measured using differentiated Caco-2 cells grown on filters. Cells were incubated for 1 hour with mixed micelles containing each of the vitamins, with or without an ASBT inhibitor, such as statins (simvastatin and fluvastatin) or thioridazin hydrochloride.

Results: ASBT expression was previously confirmed in differentiated cell monolayers by qPCR. Statins significantly decreased vitamin D, E, K uptake (up to -38%) but did not affect vitamin A uptake. Thioridazin hydrochloride had a significant similar effect (up to 59% inhibition of vitamin D, E and K uptake). To conclude, the inhibition of ASBT led to a decrease in the uptake of some fat-soluble vitamins.

Conclusion: These data suggest that ASBT is involved in the intestinal transport of vitamin D, E and K, but not in vitamin A transport. Further studies are in progress on transiently transfected cells overexpressing ASBT, mice intestinal explants and in vivo experiments to confirm the results.

Key words: Apical sodium-dependent bile acid transporter, caco-2 TC-7 cells, intestinal absorption, fat-soluble vitamins

