



## Revisión

# Estimación del gasto energético en el paciente quemado mediante la utilización de ecuaciones predictivas; revisión bibliográfica

Teresa Núñez-Villaveirán<sup>1</sup>, Manuel Sánchez<sup>2</sup>, Pablo Millán<sup>2</sup>, José Ramón Martínez-Méndez<sup>1</sup>, Carmen Iglesias<sup>1</sup>, César Casado-Pérez<sup>1</sup> y Abelardo García-de-Lorenzo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Servicio de Cirugía Plástica y Reconstructiva. Hospital Universitario La Paz, Madrid. <sup>2</sup>Servicio de Cuidados Intensivos. Hospital Universitario La Paz, Madrid. España.

## Resumen

**Introducción:** La valoración de las necesidades calóricas del paciente quemado se ha basado en la medición del gasto energético en reposo (GER) mediante calorimetría indirecta, no siempre disponible en las unidades de quemados, o en su estimación mediante el uso de ecuaciones predictivas.

**Objetivos:** analizar la historia y estado del arte del uso de las ecuaciones predictivas de GER en el paciente quemado crítico, y determinar su validez.

**Métodos:** revisión bibliográfica de estudios y revisiones en español y en inglés entre 1989 y 2013.

**Resultados:** Se han diseñado más de 190 ecuaciones para estimar el gasto energético que pueden ser imprecisas por estar basadas en mediciones con metodología heterogénea y en grupos heterogéneos. Describimos los distintos parámetros que aplican las distintas fórmulas predictivas (factores de estrés y de actividad, superficie corporal quemada, tiempo desde la lesión, masa corporal magra), la influencia de la edad en el cálculo de las necesidades calóricas y las fórmulas más utilizadas en el momento actual. También describimos los artículos que evalúan exactitud de las fórmulas cuando se comparan con mediciones mediante calorimetría indirecta.

**Conclusiones:** Las ecuaciones predictivas son poco precisas en general en el paciente quemado. Hasta que se desarrollen ecuaciones predictivas más precisas, recomendamos calcular los requerimientos nutricionales de los pacientes quemados basándose en la medición del gasto energético por calorimetría indirecta.

(Nutr Hosp. 2014;29:1262-1270)

DOI:10.3305/nh.2014.29.6.7470

Palabras clave: Quemados/metabolismo. Requerimientos nutricionales. Calorimetría indirecta. Aporte energético. Humano.

## ENERGY EXPENDITURE PREDICTION EQUATIONS IN BURN PATIENTS; BIBLIOGRAPHIC REVIEW

### Abstract

**Introduction:** The estimation of the caloric requirements of the burn patient is based on the measurement of his resting energy expenditure (REE) via indirect calorimetry, which is not available in all Burn Units, or its estimation by means of predictive equations.

**Goals:** we analyze the history and state of art of the use of REE predictive equations in burn patients, and determine their validity.

**Methods:** bibliographic review of the studies and reviews written in English and Spanish between 1989 and 2013.

**Results:** More than 190 equations have been designed to estimate energy expenditure. These equations can be imprecise because they are based on measurements with a heterogeneous methodology and in heterogeneous groups. We describe the different parameters that are used in the different equations (stress and activity factors, total burn surface area, post-burn day, lean body mass), the influence of age in the calculation of the caloric requirements, and the most commonly used equations nowadays. We also describe the articles that evaluate the accuracy of the predictive equations when compared to REE indirect calorimetry measurements.

**Conclusions:** Predictive equations are not precise in general in the burn patient. Until more accurate predictive equations are developed, we recommend calculation of the nutritional requirements in burn patients based on the energy expenditure measurement via indirect calorimetry.

(Nutr Hosp. 2014;29:1262-1270)

DOI:10.3305/nh.2014.29.6.7470

Key words: Burns/metabolism. Nutritional requirements. Indirect calorimetry. Energy intake. Human.

**Correspondencia:** María Teresa Núñez-Villaveirán Baselga.  
Servicio de Cirugía Plástica y Reconstructiva.  
Hospital Universitario La Paz.  
Paseo de la Castellana 261.  
28046 Madrid.  
E-mail: tnuvi@hotmail.com

Recibido: 31-III-2014.

Aceptado: 15-IV-2014.

## Introducción

El paciente quemado grave presenta la respuesta hipermetabólica más exagerada, con un gasto energético (GE) que puede llegar a ser el doble del GE estimado en reposo<sup>1,2</sup>. Este hipermetabolismo se acompaña de un incremento del catabolismo muscular<sup>2,4</sup>, en un intento del cuerpo de proporcionar nutrientes para abastecer estos requerimientos energéticos elevados. Como consecuencia de esto, están comprometidas la estructura y función de órganos esenciales como el músculo esquelético y la piel, así como el sistema inmunológico y funciones de transporte de membranas, pudiendo llevar a una disfunción multiorgánica o a la muerte<sup>5</sup>.

Los pacientes con quemaduras en más del 40% de la superficie corporal total (SCT) pierden más del 20% del peso corporal inicial si no se instaura un soporte nutricional vigoroso<sup>6</sup>. Para estimar las necesidades calóricas del paciente quemado es necesario conocer su grado de hipermetabolismo. Esto es fundamental dado que una nutrición adecuada disminuye su morbimortalidad<sup>2,7</sup>. Es más, un estado nutricional inapropiado en el paciente crítico, debido a un retraso en el aporte de nutrientes o la insuficiencia de éste, está asociado con un empeoramiento de la cicatrización de las heridas, un balance negativo de nitrógeno, ventilación mecánica y estancias en UCI más prolongadas, y disfunción inmunológica<sup>8-10</sup>. Por otro lado, unos aportes excesivos pueden llevar a complicaciones como el aumento mismo de la tasa metabólica, aumento de producción de CO<sub>2</sub>, necesidad prolongada de ventilación mecánica, disfunción hepática, hiperglucemia, complicaciones infecciosas y estancias más largas en UCI<sup>8,11-14</sup>.

La valoración de las necesidades calóricas del paciente quemado crítico se ha basado parcialmente en la medición de su gasto energético en reposo (GER) mediante calorimetría indirecta, o su estimación mediante el uso de diversas ecuaciones<sup>15</sup>. La calorimetría indirecta no siempre se puede utilizar en las unidades de quemados. Esto se debe a su elevado precio, la ausencia de disponibilidad del equipo, el tiempo relativo requerido para hacer las mediciones y la necesidad de un estado de ayuno y de personal adecuadamente entrenado para su uso<sup>16</sup>. Por este motivo, se han desarrollado ecuaciones predictivas del GER que se utilizan con frecuencia en el ambiente hospitalario<sup>17</sup>.

## Objetivos

Nuestros objetivos han sido analizar la historia y estado del arte del uso de las ecuaciones predictivas de GE en el paciente quemado crítico, y determinar su validez en este tipo de paciente.

## Métodos

Los artículos utilizados en esta revisión se identificaron mediante el buscador PubMed. Las palabras cla-

ve “Predictive Equations”, “Burns” y “Thermal injury” fueron utilizadas en combinación para obtener los artículos relevantes. Se seleccionaron los estudios en humanos y revisiones escritos en español y en inglés entre 1989 y septiembre de 2013. El resto de artículos se obtuvo mediante la búsqueda de las referencias más relevantes dentro los estudios seleccionados. El total de artículos revisados fue de 37.

## Resultados

Se han diseñado más de 190 ecuaciones para estimar el GE basadas en una variedad de factores como el peso, talla, edad y sexo<sup>13</sup>. Sin embargo, estas ecuaciones pueden ser imprecisas<sup>17</sup>. Por ejemplo, muchas se basan en mediciones con metodología heterogénea y en grupos heterogéneos de personas no quemadas<sup>16</sup>. Además, la elaboración de algunas ecuaciones se ha basado en el mantenimiento del peso del paciente, en lugar de en mediciones de su GE<sup>18</sup>. La abundancia de ecuaciones no hace sino añadir mayor confusión a los médicos involucrados en el tratamiento de estos pacientes<sup>19,20</sup>.

Por otra parte, la mayor parte de estudios que comparan las mediciones del GE obtenidas mediante calorimetría con las estimadas mediante ecuaciones, analizan sólo algunas ecuaciones o son erróneos porque examinan, únicamente, la relación de correlación entre las ecuaciones y el GE<sup>19</sup>. El peligro de utilizar un coeficiente de correlación para comparar las mediciones del GE por calorimetría con las estimadas mediante ecuaciones, es que se enfatiza la relación lineal entre ambos datos más que la exactitud de la predicción. Por eso, algunos autores prefieren utilizar el análisis de Bland y Altman para realizar comparaciones<sup>17,21</sup>. Con éste análisis se comparan el GE medido menos el predicho, y el GE medio (GE medido + GE predicho/2)<sup>22</sup>.

### *Factor de estrés*

La primera, y más popular, de las ecuaciones predictivas fue desarrollada por Harris y Benedict en 1918<sup>23</sup>. En la actualidad, esta fórmula parece sobreestimar en 10-14% el GER en individuos sanos. Esto podría deberse a la disponibilidad de equipos de medición más modernos en la actualidad, así como a diferencias en el clima, nivel de actividad física y dieta respecto a hace casi 100 años.

La ecuación de Harris-Benedict se desarrolló en individuos sanos<sup>23</sup>. Por este motivo, su uso no es apropiado en pacientes quemados, que tienen un GER elevado. Una forma de corregir esto es multiplicar el GER estimado por un factor de estrés, basado en el tipo y extensión de la lesión<sup>17</sup>. Este factor de multiplicación en pacientes quemados oscila entre 1 (pacientes ventilados paralizados) y 2,1 según el artículo consultado, y varía también según el área de superficie corporal quemada<sup>19</sup>.

El factor máximo de multiplicación utilizado suele ser por 2. Esto se basa en distintos estudios en los que se encontró que el GE en el paciente quemado podía aumentar hasta un máximo del doble del GER en individuos sanos<sup>11,19,24,25</sup>. Esto sucedía en quemaduras de más de 40-60% de la SCT, y el GE no aumentaba más en quemaduras de mayores superficies<sup>2,25,26</sup>. Por esta razón, las fórmulas predictivas que incluyen la superficie corporal quemada (SCQ) dentro de sus variables, y que no tienen en cuenta la existencia de un techo de aumento de GE, pueden sobreestimar las necesidades energéticas en pacientes con una SCQ mayor de 60%<sup>24,27,28</sup>.

Sin embargo, hay factores, como el ambiente térmico, que disminuyen el GE máximo en el paciente quemado, siendo éste de hasta 1,5 veces el GER predicho en ambientes térmicos de 32°C<sup>29</sup>. Además, en un estudio más reciente en 189 niños, Jeschke y cols. encontraron una respuesta máxima de aumento del GER de 1,6 veces el GER estimado por la ecuación de Harris-Benedict. Esta respuesta se daba en pacientes con quemaduras de más del 80% de la SCT. Es posible que el factor máximo corresponda a 2 veces el GER estimado pero que, debido a las mejorías en los cuidados del paciente quemado, en la actualidad no se alcancen estos valores en los quemados más graves<sup>30</sup>.

### *Superficie corporal quemada*

A la hora de decidirse por una fórmula predictiva en el paciente quemado, hay que tener en cuenta que cuanto mayor es la superficie corporal quemada (SCQ), mayor es el aumento del GER<sup>2,11,14,18,24,28,30-38</sup>. El GER aumenta de forma curvilínea, siendo casi normal en quemaduras de menos de 10% de la SCT<sup>38</sup>. Cunningham y cols. observaron que el mayor efecto sobre el GER se daba en quemados con al menos 30% de la SCQ. En pacientes con quemaduras más pequeñas se producían respuestas hipermetabólicas menores, difíciles de diferenciar de la variabilidad normal del GER estimado. Además, estos pacientes no solían requerir regímenes nutricionales de soporte especializados<sup>11</sup>. Matsuda y cols. hallaron, también, una relación entre el GER y la superficie de quemaduras aún no cubiertas<sup>28</sup>.

Curreri y cols. consideraban que la tasa metabólica era directamente proporcional a la magnitud del daño por quemadura (%SCQ). Basándose en un estudio realizado en 9 pacientes adultos quemados con más del 40% de SCQ, determinaron la relación entre la pérdida de peso en los primeros 20 días de ingreso y los aportes medios calóricos proporcionados. Mediante un análisis de regresión calcularon una fórmula para estimar el GE de los pacientes quemados graves, considerando también la SCQ<sup>33</sup>. Saffle y cols. compararon la efectividad de la nutrición guiada por calorimetría indirecta, con la guiada por la fórmula de Curreri, en un grupo de 49 pacientes quemados mayores adultos. Los requerimientos estimados mediante la fórmula de Curreri eran un 43% mayores que el GE medido por calorimetría indi-

recta<sup>39</sup>. Esta tendencia de la fórmula de Curreri a sobreestimar el GE medido en el paciente quemado ha sido constatada en muchos otros estudios comparativos<sup>19,24,27,28,34,40-44</sup>.

Además de la SCT quemada, influyen también sobre el GER tanto el porcentaje de quemaduras de espesor total, como la superficie cruenta total (añadiendo a la superficie quemada la superficie de zonas donantes de piel). Hart y cols. observaron que el tamaño de la quemadura estaba correlacionado de forma más débil con el GER conforme aumentaba el tamaño de las quemaduras. No está claro si esto representa realmente un techo de reserva fisiológica humana, o si esto sucede porque, a mayor SCQ, existe mayor homogeneidad de superficie cruenta total, debido a la suma de las superficies quemadas y de zonas dadoras<sup>14</sup>. Pereira y cols. encontraron una correlación, no excesivamente marcada ( $r = 0,48$ ), pero estadísticamente significativa, entre la SC de quemaduras profundas y el GE. Esta correlación no existía cuando utilizaban la SCQ total, independientemente de la profundidad, a pesar de que este último parámetro es el que se aplica en las ecuaciones predictivas habituales<sup>27</sup>.

### *Factor de actividad*

La mayor parte de ecuaciones estima el GER, no el gasto energético total (GET). En este sentido, Long y cols. propusieron multiplicar el GE por un factor de actividad, además del factor de lesión. Para ellos, el factor de actividad correspondía a 1,2 en pacientes encamados, y 1,3 en pacientes no encamados. En pacientes quemados proponían multiplicar, además, por un factor de lesión de 2,1<sup>25</sup>. Otros autores sugieren utilizar un factor de 1,1 de actividad, sobre todo en el período de máximo GE, dado que los pacientes quemados tienen durante este tiempo una actividad física limitada y pueden ser incapaces de responder al estrés ambiental incrementando mucho el consumo de energía<sup>39</sup>. Dickerson y cols. recomiendan no utilizar un factor de ajuste, dado que el objetivo principal en el paciente quemado es proporcionar un soporte nutricional óptimo sin sobrealimentar, y las ecuaciones predictivas actuales son poco precisas y pueden sobreestimar las necesidades<sup>19</sup>.

Mayes y cols., sin embargo, proponen multiplicar el GER por 1., en niños quemados, para tener en cuenta los efectos del estrés, actividad física y otros factores que aumentan los requerimientos de energía. Estos autores comprobaron, mediante un análisis de varianza, que con este factor se preservaba al menos un 95% del peso antes de la quemadura en el momento del alta, con un cociente respiratorio en el rango adecuado para esa población<sup>45</sup>. Goran y cols. proponen multiplicar el GER por 1,2 en niños quemados para calcular el GET, tras comparar el GET calculado con el método del agua doblemente marcada y el GER medido mediante calorimetría indirecta<sup>20</sup>.

**Tabla I**  
*Fórmulas predictivas más conocidas en adultos\**

Referencia	Fórmula	Comentarios
Harris-Benedict <sup>23</sup>	Mujeres: GER = 655,0955 + 9,5634 (peso) + 1,8496 (altura) - 4,6756 (edad) Varones: GER = 66,4730 + 13,7516 (peso) + 5,0033 (altura) - 6,755 (edad)	Individuos sanos – se debe multiplicar por un factor de estrés Factor de estrés recomendado: × 1,5 (% varianza calórica 19 ± 24%) <sup>19</sup>
Curreri <sup>33</sup>	25(peso) + 40 (%ASCQ)	Varianza 35 ± 35% respecto al GER medido <sup>19</sup> Sobreestima en 43% las necesidades calóricas en el paciente quemado <sup>39</sup>
Long <sup>1</sup>	GET = GER × factor de lesion x factor de actividad	Fórmula de Long para quemados graves: • Factor de actividad: × 1,2 si confinado a cama • Factor de lesión: × 2,1 Otros autores: • Factor de actividad: × 1,1 <sup>39</sup> Varianza 41 ± 44% respecto al GER medido <sup>19</sup>
Fórmula de Toronto <sup>34,44</sup>	GER: [- 4343 + (10,5 × %ASCQ) + (0,23 × aportes calóricos) + (0,84 × Harris Benedict <sup>§</sup> ) + (114 × temperatura rectal en °C) - (4,5 × día postquemadura)	Mal predictor del GER en algunos estudios <sup>19,42</sup> . Buena estimación en otros estudios <sup>41</sup> , en uno de ellos utilizando factores de actividad de 1,2 o 1,3 <sup>43</sup> .
Ecuación de Milner <sup>31</sup>	(GEB <sup>¶</sup> × 24 × ASC) × (0,274 + 0,0079 × ASCQ – 0,004 × día postquemadura) + (GEB × 24 × ASC)	Ecuación menos sesgada, pero de cálculo difícil y con amplio rango de error <sup>19,32</sup> .
Ecuación de Carlson <sup>35</sup>	GEB <sup>¶</sup> × (0,89142 + 0,01335 × ASCQ) × ASCQ × 24	Sólo útil en los primeros 30 días <sup>31</sup> .
Ecuación de Cunningham <sup>11</sup>	ASCQ >30%: 1750 kcal/m <sup>2</sup> /día	Recomendada en el paciente crítico obeso multiplicando por factor de lesión 1,2 <sup>17</sup>
Ecuación de Xie <sup>50</sup>	1000 kcal/m <sup>2</sup> /día + (25 × ASCQ)	Resultados controvertidos <sup>19,32</sup>
Ecuación de Zawacki <sup>51</sup>	1400 kcal/m <sup>2</sup> /día	Resultados controvertidos <sup>19,32</sup>
Ecuación de Ireton-Jones <sup>52</sup>	Paciente en ventilación mecánica: 1784 – 11 (edad) + 5 (peso) + 244 (sexo) + 239 (traumatismo) + 804 (quemadura) <sup>‡</sup>	Permite cálculos en pacientes en ventilación mecánica. Varianza 20 ± 20 % respecto al GER medido <sup>19</sup>
Schofield modificada <sup>55</sup>	GER × factores de lesión Hombres: 10-18 años = (0,074 × peso) + 2,754 18-30 años = (0,063 × peso) + 2,896 30-60 años = (0,048 × peso) + 3,653 60 años = (0,049 × peso) + 2,459 Mujeres: 10-18 años = (0,056 × peso) + 2,898 18-30 años = (0,062 × peso) + 2,036 30-60 años = (0,034 × peso) + 3,538 > 60 años = (0,038 × peso) + 2,755 Factores de lesión: < 10% ASCQ = 1,2 11-20% ASCQ = 1,3 21-30% ASCQ = 1,5 31-50% ASCQ = 1,8 > 50% ASCQ = 2,0	Una de las fórmulas más utilizadas en la práctica común <sup>15</sup> . Al igual que en el caso de la ecuación de Harris-Benedict, se aplica un factor de actividad y un factor de lesión al resultado final.

\* GET= gasto energético total; GEB = gasto energético basal; GER = gasto energético en reposo; ASC= área de superficie corporal; ASCQ = área de superficie corporal quemada; § GER estimado por la ecuación de Harris-Benedict. ¶ GEB = gasto energético basal calculado con la fórmula de Fleisch en kcal/m<sup>2</sup>/h. ‡ Sexo = 1 masculino, 0 femenino; Traumatismo: 1 presente, 0 ausente; Quemaduras: 1 presentes, 0 ausentes.



Un inconveniente de las fórmulas de estimación, así como de la multiplicación por un factor de estrés determinado, es que suelen ser estáticas, y no tienen en cuenta los cambios del GE que suceden con el tiempo posquemadura<sup>24,39</sup>. La tasa metabólica aumenta en los primeros 10-20 días de la quemadura, disminuyendo lentamente después. Según algunos autores, ésta disminuye hasta que se logra la cobertura de las quemaduras<sup>19,24,39</sup>. Long y cols., por ejemplo, describieron que en quemados con SCQ mayores de 30%, el descenso del GE era de 10% por semana tras el pico de respuesta<sup>1</sup>. Para Wilmore, el pico de consumo de oxígeno sucedía entre el 6º y 10º día de quemadura, y descendía de forma curvilínea para regresar a valores basales una vez lograda la cobertura satisfactoria de la herida quirúrgica<sup>2</sup>. Allard y cols. observaron también la influencia del día posquemadura sobre el GER, y añadieron ese factor a la fórmula que proponen, más conocida como la fórmula de Toronto<sup>34,44</sup>. Hart y cols. observaron una correlación significativa entre el tiempo transcurrido desde la lesión y el descenso del GE tan sólo en quemaduras de menos de 50% de la SCT, durante el periodo de hospitalización aguda<sup>14</sup>.

Milner y cols. encontraron una correlación lineal entre el GER medido y el tamaño de la quemadura en los primeros 30 días posquemadura<sup>31</sup>, y que la ecuación desarrollada por su equipo dos años antes (ecuación de Carlson) era adecuada para estimar el GER durante este periodo<sup>35</sup>. En esos primeros 30 días, no existía una correlación fuerte entre las diferencias entre el GER medido y el estimado, y el día posquemadura. Sin embargo, después de 30 días recomiendan utilizar la calorimetría indirecta porque, a partir de este momento, observaban una correlación lineal inversa entre el ratio del GER medido y GER estimado por la fórmula de Carlson, y el día posquemadura. Además, a partir de este periodo la correlación entre este ratio y la superficie corporal quemada inicial se hacía débil<sup>31</sup>.

Estos mismos autores encontraron que el GER permanecía aún elevado un 25% respecto al gasto energético basal (GEB) en el momento del alta de sus pacientes<sup>31</sup>. En otros estudios recientes se ha observado también que el GER permanece elevado en el momento del alta, lo que sugiere que persiste cierto grado de hipermetabolismo en el paciente quemado, a pesar de que se hayan cubierto todas las quemaduras<sup>24,30,40,46,47</sup>. Es más, otros estudios han demostrado que el metabolismo sigue aumentado incluso hasta 2 años después del alta<sup>38,46</sup>.

### *Masa corporal magra*

A la hora de utilizar ecuaciones predictivas, también es fundamental tener en cuenta que en la actualidad hay más población con sobrepeso y obesidad que a principios del siglo XX. La ecuación de Harris-Benedict, de-

sarrollada entonces, así como la mayor parte de las otras ecuaciones predictivas, se basan en el peso total. Sin embargo, el metabolismo tiene lugar en la masa magra corporal, por lo que estas ecuaciones sobreestimarían el GER en obesos<sup>17</sup>. Tampoco serían adecuadas en el paciente quemado dado que en éste hay una pérdida considerable de masa magra, pero una acreción de la masa grasa. Es más, el estado de hipermetabolismo de los pacientes quemados sugiere que hay una alteración del metabolismo en éstos, porque con menor masa magra debería disminuir el GER en lugar de aumentar<sup>21</sup>. Por otro lado, el peso corporal está muy alterado en el paciente quemado por distintos factores tales como la resucitación con fluidoterapia, edema, etc<sup>15,24</sup>.

Cunningham desarrolló una ecuación predictiva, en pacientes sanos, considerando el peso de la masa corporal magra en lugar de la masa total<sup>48</sup>. Stucky y cols. compararon el GER medido por calorimetría indirecta, y el estimado mediante la ecuación de Cunningham y otras ecuaciones predictivas (Harris-Benedict y otra específica para diabéticos desarrollada por el Royal Prince Alfred Hospital de Australia<sup>49</sup>) en pacientes obesos politraumatizados o quemados<sup>17</sup>. Las tres ecuaciones infraestimaron el GER, siendo la de Harris-Benedict la más exacta. Cuando se aplicó un factor de lesión de 1,2 al GER estimado, realizando un análisis de Bland y Altman, las ecuaciones de Harris-Benedict y la específica para diabéticos sobreestimaban el GER. La ecuación de Cunningham lo infraestimaba con un sesgo de 9%, y era más exacta que las otras dos. Debido a que una dieta hipocalórica en obesos críticos es más beneficiosa que una sobrealimentación, estos autores recomiendan utilizar la ecuación de Cunningham, multiplicada por el factor de lesión de 20%, en este tipo de población crítica cuando no está disponible la calorimetría indirecta<sup>17</sup>.

### *Exactitud de las fórmulas cuando se comparan con mediciones realizadas con calorimetría indirecta*

La mayor parte de estudios que comparan el GE medido mediante calorimetría con el estimado mediante fórmulas, encuentran que las fórmulas suelen ser bastante inexactas. El estudio de evaluación de fórmulas de estimación del GER más extenso es el que publicaron Dickerson y cols. en 2002. En este estudio, se evaluaron 46 fórmulas de estimación del GER en 24 pacientes con quemaduras en más del 20% de la superficie corporal<sup>19</sup>. Estos autores observaron que los métodos de estimación publicados antes de los años 80 tendían a sobreestimar el GER en comparación con los estudios de 1980 a 1989, y de 1990 a 2000. Sin embargo, no existían diferencias en cuanto a la precisión predictiva de los estudios en cada periodo de publicación. Esa sobreestimación podría deberse a las diferencias tecnológicas para realizar las mediciones en el pasado y presente, y a los avances que ha habido en el manejo del paciente quemado desde entonces<sup>19</sup>. Por ejemplo,

Carlson y cols. compararon las mediciones por calorimetría indirecta en sus pacientes a principios de los años 70 y a finales de los 80, observando mayores gastos energéticos en los pacientes de principios de los años 70. Proponen que estos cambios se podrían deber a la mejoría en el tratamiento de los pacientes quemados en los años 80<sup>35</sup>.

Dickerson y cols. definen una fórmula como precisa si el intervalo de confianza del 95% de la raíz cuadrada del error de predicción cuadrático medio (una medida de precisión) de la fórmula es menor o igual del 15% del valor del GER medido. Con esta definición, ninguna de las fórmulas evaluada era precisa. Es más, ninguna fórmula obtenía un IC 95% de la raíz cuadrada del error de predicción cuadrático medio dentro del 20% del GER medido. En siete de las publicaciones (15%) este mismo intervalo de confianza se situaba entre el 20-25% del GER medido. Un tercio de los estudios, aproximadamente, sobreestimaban el GER (sobre todo la fórmula de Curreri, la de  $2 \times$  Harris-Benedict, y la de  $1660 \text{ kcal/m}^2/\text{día}$  y  $40 \text{ kcal/kg/día}$ ), y un quinto lo subestimaban (como la fórmula de Toronto<sup>34,44</sup>). Los métodos menos sesgados y más precisos entre los estudiados fueron los de Milner<sup>31</sup> y cols. (poco práctico en el día a día dado que es un cálculo difícil), Xie y cols. (utiliza el índice de masa corporal y la superficie quemada, y proviene de un estudio con 75 pacientes, aunque procede de pacientes Chinos y éstos pueden ser distintos en cuanto a tamaño corporal que los europeos)<sup>50</sup>, y el de Zawacki ( $1.440 \text{ kcal/m}^2/\text{día}$ )<sup>51</sup>. La fórmula de  $1.5 \times$  el GEB estimado por la ecuación de Harris-Benedict tampoco estaba sesgada, aunque recomendaban ser cautos con su uso, dado que estaba asociada con un error mayor que las otras 3 fórmulas (media 19%, IC de 9-29%)<sup>19</sup>.

Un estudio más reciente es el publicado por Shields y cols. en 2013. En éste se compararon el GER medido por calorimetría indirecta en los primeros 30 días de quemadura, en quemados con al menos 20% SCQ, y el estimado mediante 9 fórmulas distintas ( $1.5 \times$  GEB estimado por la ecuación de Harris-Benedict, Curreri, Carlson, Milner, Zawacki, Xie y  $30$ ,  $35$  y  $40 \text{ kcal/kg}$ ). No se utilizó un factor de actividad en los cálculos, y en los casos en que la ecuación no incluía un factor de actividad separado, los resultados se dividían por 1.4 para determinar el GER. Las ecuaciones de Milner y Carlson fueron las únicas en las que las diferencias de la media entre el GER medido y el estimado eran no significativas. La ecuación de Milner mostró la asociación más fuerte y el menor error de la media ( $55 \pm 474 \text{ kcal}$ ), aunque el rango de error era bastante grande (desde una subestimación de  $-992 \text{ kcal}$  hasta una sobreestimación de  $+1342 \text{ kcal}$  (209% del GER medido)). Estos rangos de error también eran amplios para el resto de ecuaciones. Además, a diferencia del estudio de Dickerson, en este caso las ecuaciones de Xie y Zawacki estimaban gastos energéticos significativamente diferentes del GER medido. En este estudio, la fórmula de Milner y cols. para calcular el GE tras el día 30 posquemadura,

anteriormente mencionada en este texto, presentaba también mejor correlación con el GER que la fórmula de Carlson en los primeros 30 días de quemadura<sup>32</sup>.

Tancheva y cols. estudiaron a 20 pacientes con una SCQ de entre 20 y 60% SCQ. Compararon el GE estimado mediante la fórmula de Curreri<sup>33</sup>, la de Long<sup>25</sup> y la de Toronto<sup>34,44</sup> con el medido mediante calorimetría indirecta. Los requerimientos estimados mediante la fórmula de Curreri y la fórmula de Long sobreestimaban en hasta 40% los estimados por la fórmula de Toronto. Los requerimientos estimados por la fórmula de Toronto se correspondían de forma cercana con el GER medido por calorimetría indirecta (sin diferencias significativas)<sup>41</sup>. Wall-Alonso y cols. también encontraron que la fórmula de Toronto proporcionaba una estimación cercana del GET, cuando se utilizaban factores de actividad de 1,2 o 1,3, en pacientes quemados estudiados tanto por calorimetría como por el método del agua doblemente marcada<sup>43</sup>.

Pereira y cols. estudiaron a 18 pacientes adultos con quemaduras en más del 15% de la SCT. Evaluaron el gasto energético metabólico (GEM) mediante calorimetría indirecta, en ayunas, y lo compararon con el estimado por las ecuaciones predictivas de Long<sup>25</sup>, Curreri<sup>33</sup>,  $2 \times$  GEB estimado mediante la ecuación de Harris-Benedict, y  $2000 \times$  área de superficie corporal. El GEM evaluado mediante calorimetría indirecta fue de 156% del GEB estimado por la ecuación de Harris-Benedict. La fórmula de Long sobreestimó en la muestra el GEM medido por calorimetría indirecta en  $42,1 \pm 14\%$ . La fórmula de Curreri sobrevaloró el GEM medido por calorimetría indirecta en  $34 \pm 17\%$ . Cuando se utilizó la fórmula de  $2 \times$  GEB estimado mediante la ecuación de Harris-Benedict, el gasto energético resultante sobrestimaba al medido en  $30,6 \pm 13,3\%$ . Al utilizar la fórmula de  $ASC \times 2000$ , el GEM calculado fue un  $43,8\% \pm 16,8\%$  mayor que el medido<sup>27</sup>.

Garrel y cols. midieron el GE en 19 pacientes quemados mayores en estado de ayuno y lo compararon con el calculado con tres fórmulas distintas ( $2 \times$  GEB estimado mediante la ecuación de Harris-Benedict<sup>23</sup>, fórmula de Curreri<sup>33</sup>, y fórmula de Allard (Toronto)<sup>34,44</sup>). Ninguna de las fórmulas de estimación proporcionó valores dentro del 10% de los valores medidos en más de 25% de los pacientes<sup>42</sup>.

### *Influencia de la edad*

Es importante también tener en cuenta la edad del paciente quemado a la hora de evaluar y utilizar ecuaciones predictivas. El GE en el quemado parece disminuir con la edad del paciente adulto<sup>32,52,53</sup> probablemente porque disminuye la masa magra y aumenta la grasa corporal total<sup>52,53</sup>.

Existen distintos estudios en el paciente pediátrico que evalúan la precisión de las ecuaciones predictivas. Suman y cols.<sup>21</sup> compararon el GER estimado por varias fórmulas y el obtenido mediante calorimetría indirecta,

**Tabla II**  
Fórmulas predictivas de uso más conocidas en niños\*

Referencia	Fórmula	Comentarios
Mayes <sup>45</sup>	<p>&lt;3 años de edad</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayes 1 = 108 + (68 × peso) + 3.9 × % ASCQ</li> <li>• Mayes 2 = 179 + (66 × peso) + 3.2 × % quemaduras de 3°</li> </ul> <p>5 - 10 años de edad</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayes 3 = 818 + (37.4 × peso) + 9.3 × % ASCQ</li> <li>• Mayes 4 = 950 + (38.5 × peso) + 5.9 × % quemaduras de 3°</li> </ul>	Sólo aplicables en niños con quemaduras de entre 10% y 50% de la superficie corporal <sup>45</sup> . Podrían sobreestimar los requerimientos de energía <sup>61</sup> .
Curreri Junior <sup>57</sup>	<p>&lt;1 años: RDA<sup>§</sup> + 15 (ASCQ)</p> <p>1-3 años: RDA + 25 (ASCQ)</p> <p>4-15 años: RDA + 40 (ASCQ)</p>	Tiende a sobreestimar los requerimientos <sup>45</sup> .
Galveston 1990 <sup>59</sup>	<p>0-1 años: 2100 (ASC) + 1000 (ASC × ASCQ)</p> <p>1-11 años: 1800 (ASC) + 1300 (ASC × ASCQ)</p> <p>12-18 años: 1500 (ASC) + 1500 (ASC × ASCQ)</p>	La más apropiada en un estudio comparativo de fórmulas en niños <sup>45</sup> .
WHO <sup>54</sup>	<p>Varones</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt; 3 años: (60.9 × peso) - 54</li> <li>• 3-10 años: (22.7 × peso) + 495</li> </ul> <p>Mujeres</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt; 3 años (61 × peso) - 51</li> <li>• 3-10 años (22.5 × peso) + 499</li> </ul>	Poco precisa <sup>21,45</sup> WHO × 2 es, sin embargo, la ecuación más precisa en otro estudio <sup>61</sup> .

\*ASC= área de superficie corporal; ASCQ = área de superficie corporal quemada; § RDA (recommended dietary allowances) = las recomendaciones de calorías diarias establecidas por el Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos de América.

durante la segunda semana de ingreso en 91 niños entre 3 y 18 años con más del 40% de SCQ. Las tres ecuaciones predictivas utilizadas fueron la ecuación de la Food and Agriculture/World Health Organization/United Nations University (FAO/WHO/UNU)<sup>54</sup>, la de Schofield-altura/peso (Schofield HW)<sup>55</sup> y la de Harris-Benedict<sup>23</sup>. El GE estimado por las tres ecuaciones fue significativamente inferior al obtenido por calorimetría indirecta, independientemente del sexo o de la edad del niño. Encontraron, además, poca correlación entre el GER medido y el estimado por las tres ecuaciones, y recomendando utilizar calorimetría indirecta en esta población hasta que se desarrollen ecuaciones más precisas<sup>21</sup>.

Mayes y cols.<sup>45</sup> compararon el GE estimado mediante 9 ecuaciones distintas con el medido mediante calorimetría indirecta en pacientes pediátricos con edad menor de 3 años y entre 5 y 10 años de edad. Las ecuaciones comparadas fueron cuatro que se utilizan en niños sanos (Harris-Benedict<sup>23</sup>, World Health Organization (WHO)<sup>54</sup>, una fórmula obtenida del Nelson's Textbook of Pediatrics<sup>56</sup>, y la fórmula RDA de 1989<sup>45</sup>) y cinco que se utilizan en niños quemados (Curreri junior<sup>57</sup>, Galveston original<sup>58</sup> y Galveston 1990<sup>59</sup>, Davies y Liljedahl<sup>60</sup>, y la de Harris-Benedict modificada por Long<sup>25</sup>). El resultado obtenido por las distintas fórmulas se comparó con las mediciones mediante calorimetría indirecta multiplicadas por 1,3, que es lo que utilizan en su institución para calcular los aportes calóricos. En ambos grupos de edad, las 4 ecuaciones que estiman el GE en niños sanos infraestimaban con frecuencia el GER medido × 1,3, mientras que las 5 fórmulas utilizadas en niños quemados tendían a sobreestimar la energía requerida, incluso en hasta un 80% en el caso de las fórmulas de Harris-

Benedict modificada por Long, Davies y Liljedahl. La fórmula más apropiada en niños menores de 3 años era la de Galveston revisada en 1990, que sobreestimaba los requerimientos en un 13%. En niños entre 5 y 10 años de edad, también era la ecuación más precisa, con una media de 102% del GER medido. Mayes y cols. propusieron dos teorías para explicar la sobreestimación de las ecuaciones específicas de quemados en su estudio. La primera era que en su institución se realiza escisión y cobertura con injertos de forma muy tempranas. La segunda era que utilizaban aportes enterales tempranos y durante la cirugía. Estas dos medidas podrían disminuir los requerimientos en sus pacientes. Además, elaboraron 4 nuevas fórmulas para el cálculo de los requerimientos energéticos en niños de 10 años, tras constatar mediante análisis de regresión múltiple que los factores más importantes para estimar los requerimientos de energía en su población total de niños eran una combinación del peso antes de la quemadura, el porcentaje de SCQ y el porcentaje de quemaduras de tercer grado. Estas fórmulas se pueden aplicar en pacientes con quemaduras entre 10-50%<sup>45</sup>.

En un estudio más reciente en 10 niños de entre 2 y 10 años de edad, Liusuwan y cols.<sup>61</sup> compararon los resultados de las mediciones del GER mediante calorimetría indirecta multiplicados por un factor de 1,3 con las estimaciones obtenidas mediante las ecuaciones de Harris-Benedict × 2<sup>23</sup>, de la WHO × 2<sup>54</sup> y las de Mayes<sup>45</sup>. No encontraron diferencias significativas con la ecuación de la WHO × 2. Sin embargo, había diferencias significativas cuando se utilizaban la ecuación de Harris-Benedict × 2 y las de Mayes, que sobrestimaban los requerimientos calóricos. Sin embargo, el número de pacientes estu-

diado era bajo, y algunos presentaban quemaduras mayores del 50%, a diferencia del estudio de Mayes<sup>61</sup>.

Mlcak y cols., en 2006, encontraron en sus mediciones de GER que los niños menores de 3 años tenían una respuesta hipermetabólica atenuada, y que a mayor edad del niño, mayor era el hipermetabolismo<sup>62</sup>. Estos resultados fueron corroborados en otro estudio publicado 2 años después<sup>63</sup>.

### Fórmulas más utilizadas

La mayor parte de fórmulas utilizadas en la actualidad<sup>15</sup> son la del normograma de Wilmore  $\times 1,6$ <sup>64</sup>, Schofield modificada<sup>65</sup>, Harris-Benedict con distintos factores de lesión y actividad<sup>23</sup>, y la de Ireton-Jones<sup>66</sup>. Muchos hospitales utilizan la media de múltiples fórmulas matemáticas<sup>15</sup>.

### Conclusiones

Las ecuaciones predictivas son poco precisas en general en el paciente quemado<sup>67</sup>. A la hora de desarrollar una fórmula específica en esta población es importante tener en cuenta factores específicos, como son la SCQ, el tiempo de ingreso, día posquemadura, la composición corporal o el daño por inhalación<sup>21</sup>. Las mediciones mediante calorimetría deben ser recientes, dado que las mediciones del pasado podrían sobreestimar el hipermetabolismo debido a las mejoras, en las últimas décadas, en el tratamiento del paciente quemado<sup>35,61</sup>. Las ecuaciones, además, pueden no ser aplicables a otras razas o países distintos de los de las muestras de las que se derivan. Por este motivo, con el fin de evitar errores importantes en la estimación de los requerimientos de energía, se podrían crear nuevas ecuaciones específicas para poblaciones de razas o países distintas<sup>21</sup>.

Hasta que se desarrollen ecuaciones predictivas para pacientes quemados más precisas, en el momento actual se recomienda calcular los requerimientos nutricionales de los pacientes quemados basándose en la medición del gasto energético por calorimetría indirecta en lugar de ecuaciones predictivas<sup>21</sup>.

Sin embargo, los resultados obtenidos mediante calorimetría deberían confirmarse, según Masters y cols., utilizando una o más fórmulas matemáticas, y realizando mediciones con regularidad, para reducir el impacto de mediciones incorrectas<sup>15</sup>.

### Referencias

1. Long C. Energy expenditure of major burns. *The Journal of trauma* Nov 1979; 19 (Supl. 11): 904-6.
2. Wilmore DW. Nutrition and metabolism following thermal injury. *Clin Plast Surg* Oct 1974; 1 (4): 603-19.
3. Meyer FL, Joseph S, Hirshfeld JW, Abbott WE. Metabolic Alterations Following Thermal Burns. I. Nitrogen Balance in Experimental Burns. *J Clin Invest* Jul 1945; 24 (4): 579-82.

4. Davidson E. Sodium chloride metabolism in cutaneous burns and its possible significance for a rational therapy. *Archives of surgery* 1926; 13 (2): 262-77.
5. Chang DW, DeSanti L, Demling RH. Anticatabolic and anabolic strategies in critical illness: a review of current treatment modalities. *Shock* Sep 1998; 10 (3): 155-60.
6. Newsome TW, Mason AD, Jr., Pruitt BA, Jr. Weight loss following thermal injury. *Annals of surgery* Aug 1973; 178 (2): 215-7.
7. Hart DW, Wolf SE, Chinkes DL y cols. Effects of early excision and aggressive enteral feeding on hypermetabolism, catabolism, and sepsis after severe burn. *The Journal of trauma*. Apr 2003; 54 (4): 755-61; discussion 761-54.
8. Berger MM, Chiolerio RL. Hypocaloric feeding: pros and cons. *Curr Opin Crit Care* Apr 2007; 13 (2): 180-6.
9. Bartlett RH, Dechert RE, Mault JR, Ferguson SK, Kaiser AM, Erlandson EE. Measurement of metabolism in multiple organ failure. *Surgery* Oct 1982; 92 (4): 771-9.
10. Demling RH. Nutrition, anabolism, and the wound healing process: an overview. *Eplasty* 2009; 9: e9.
11. Cunningham JJ, Hegarty MT, Meara PA, Burke JF. Measured and predicted calorie requirements of adults during recovery from severe burn trauma. *Am J Clin Nutr* Mar 1989; 49 (3): 404-8.
12. Dissanaik S, Shelton M, Warner K, O'Keefe GE. The risk for bloodstream infections is associated with increased parenteral caloric intake in patients receiving parenteral nutrition. *Crit Care* 2007; 11 (5): R114.
13. McClave SA, Snider HL. Use of indirect calorimetry in clinical nutrition. *Nutr Clin Pract* Oct 1992; 7 (5): 207-21.
14. Hart DW, Wolf SE, Herndon DN y cols. Energy expenditure and caloric balance after burn: increased feeding leads to fat rather than lean mass accretion. *Annals of surgery* Jan 2002; 235 (1): 152-61.
15. Masters B, Wood F. Nutrition support in burns—is there consistency in practice? *Journal of burn care & research : official publication of the American Burn Association* Jul-Aug 2008; 29 (4): 561-71.
16. Flancaum L, Choban PS, Sambucco S, Verducci J, Burge JC. Comparison of indirect calorimetry, the Fick method, and prediction equations in estimating the energy requirements of critically ill patients. *Am J Clin Nutr* Mar 1999; 69 (3): 461-6.
17. Stucky CC, Moncure M, Hise M, Gossage CM, Northrop D. How accurate are resting energy expenditure prediction equations in obese trauma and burn patients? *JPEN. Journal of parenteral and enteral nutrition* Jul-Aug 2008; 32 (4): 420-6.
18. Goran MI, Broemeling L, Herndon DN, Peters EJ, Wolfe RR. Estimating energy requirements in burned children: a new approach derived from measurements of resting energy expenditure. *Am J Clin Nutr* Jul 1991; 54 (1): 35-40.
19. Dickerson RN, Gervasio JM, Riley ML y cols. Accuracy of predictive methods to estimate resting energy expenditure of thermally-injured patients. *JPEN. Journal of parenteral and enteral nutrition*. Jan-Feb 2002; 26 (1): 17-29.
20. Goran MI, Peters EJ, Herndon DN, Wolfe RR. Total energy expenditure in burned children using the doubly labeled water technique. *The American journal of physiology*. Oct 1990; 259 (4 Pt 1): E576-585.
21. Suman OE, Mlcak RP, Chinkes DL, Herndon DN. Resting energy expenditure in severely burned children: analysis of agreement between indirect calorimetry and prediction equations using the Bland-Altman method. *Burns: journal of the International Society for Burn Injuries* May 2006; 32 (3): 335-42.
22. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* Feb 8 1986; 1 (8476): 307-10.
23. Harris JA, Benedict FG. A Biometric Study of Human Basal Metabolism. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* Dec 1918; 4 (12): 370-3.
24. Saffle JR, Medina E, Raymond J, Westenskow D, Kravitz M, Warden GD. Use of indirect calorimetry in the nutritional management of burned patients. *The Journal of trauma* Jan 1985; 25 (1): 32-9.
25. Long CL, Schaffel N, Geiger JW, Schiller WR, Blakemore WS. Metabolic response to injury and illness: estimation of energy



- and protein needs from indirect calorimetry and nitrogen balance. *JPEN. Journal of parenteral and enteral nutrition* Nov-Dec 1979; 3 (6): 452-6.
26. Wilmore DW, Long JM, Mason AD, Jr., Skreen RW, Pruitt BA, Jr. Catecholamines: mediator of the hypermetabolic response to thermal injury. *Annals of surgery* Oct 1974; 180 (4): 653-69.
  27. Pereira JL, Vazquez L, Garrido Gomez-Cia M y cols. [Evaluation of energy metabolism in burn patients: indirect calorimetry predictive equations]. *Nutr Hosp* May-Jun 1997; 12 (3): 147-53.
  28. Matsuda T, Clark N, Hariyani GD, Bryant RS, Hanumadass ML, Kagan RJ. The effect of burn wound size on resting energy expenditure. *The Journal of trauma* Feb 1987; 27 (2): 115-8.
  29. Kelemen JJ, 3<sup>rd</sup>, Cioffi WG Jr, Mason AD Jr, Mozingo DW, McManus WF, Pruitt BA, Jr. Effect of ambient temperature on metabolic rate after thermal injury. *Annals of surgery* Apr 1996; 223 (4): 406-12.
  30. Jeschke MG, Mlcak RP, Finnerty CC y cols. Burn size determines the inflammatory and hypermetabolic response. *Crit Care* 2007; 11 (4): R90.
  31. Milner EA, Cioffi WG, Mason AD, McManus WF, Pruitt BA, Jr. A longitudinal study of resting energy expenditure in thermally injured patients. *The Journal of trauma* Aug 1994; 37 (2): 167-70.
  32. Shields BA, Doty KA, Chung KK, Wade CE, Aden JK, Wolf SE. Determination of resting energy expenditure after severe burn. *Journal of burn care & research : official publication of the American Burn Association* Jan-Feb 2013; 34 (1): e22-28.
  33. Curreri PW, Richmond D, Marvin J, Baxter CR. Dietary requirements of patients with major burns. *J Am Diet Assoc* Oct 1974; 65 (4): 415-7.
  34. Allard JP, Jeejheebhoy KN, Whitwell J, Pashutinski L, Peters WJ. Factors influencing energy expenditure in patients with burns. *The Journal of trauma* Feb 1988; 28 (2): 199-202.
  35. Carlson DE, Cioffi WG Jr, Mason AD Jr, McManus WF, Pruitt BA Jr. Resting energy expenditure in patients with thermal injuries. *Surg Gynecol Obstet* Apr 1992; 174 (4): 270-6.
  36. Peck MD, Kessler M, Cairns BA, Chang YH, Ivanova A, Schooler W. Early enteral nutrition does not decrease hypermetabolism associated with burn injury. *The Journal of trauma*. Dec 2004; 57 (6): 1143-8; discussion 1148-9.
  37. Hart DW, Wolf SE, Chinkes DL y cols. Determinants of skeletal muscle catabolism after severe burn. *Annals of surgery* Oct 2000; 232 (4): 455-65.
  38. Jeschke MG, Gauglitz GG, Kulp GA y cols. Long-term persistence of the pathophysiologic response to severe burn injury. *PLoS one* 2011; 6 (7): e21245.
  39. Saffle JR, Larson CM, Sullivan J. A randomized trial of indirect calorimetry-based feedings in thermal injury. *The Journal of trauma* Jul 1990; 30 (7): 776-82; discussion 782-773.
  40. Casadei E, Chiarelli, Zurlo, Martini, Campagna. Calorimetric evaluation of energy expenditure in burned patients. *Annals of the Mediterranean Burns Club* 1989 2 (3): 129-36.
  41. Tancheva D, Arabadzjev J, Gergov G, Lachev N, Todorova S, Hristova A. Comparison of estimated energy requirements in severely burned patients with measurements by using indirect calorimetry. *Ann Burns Fire Disasters* Mar 31 2005; 18 (1): 16-18.
  42. Garrel DR, de Jonge L. Thermogenic response to feeding in severely burned patients: relation to resting metabolic rate. *Burns : journal of the International Society for Burn Injuries* Dec 1993; 19 (6): 467-72.
  43. Wall-Alonso E, Schoeller DA, Schechter L, Gottlieb LJ. Measured total energy requirements of adult patients with burns. *J Burn Care Rehabil* Jul-Aug 1999; 20 (4): 329-37; discussion 328.
  44. Allard JP, Pichard C, Hoshino E y cols. Validation of a new formula for calculating the energy requirements of burn patients. *JPEN. Journal of parenteral and enteral nutrition* Mar-Apr 1990; 14 (2): 115-8.
  45. Mayes T, Gottschlich MM, Khoury J, Warden GD. Evaluation of predicted and measured energy requirements in burned children. *J Am Diet Assoc* Jan 1996; 96 (1): 24-9.
  46. Przkora R, Barrow RE, Jeschke MG y cols. Body composition changes with time in pediatric burn patients. *The Journal of trauma* May 2006; 60 (5): 968-71; discussion 971.
  47. Jeschke MG, Barrow RE, Mlcak RP, Herndon DN. Endogenous anabolic hormones and hypermetabolism: effect of trauma and gender differences. *Annals of surgery* May 2005; 241 (5): 759-67; discussion 767-758.
  48. Cunningham JJ. Body composition as a determinant of energy expenditure: a synthetic review and a proposed general prediction equation. *Am J Clin Nutr* Dec 1991; 54 (6): 963-9.
  49. Huang KC, Kormas N, Steinbeck K, Loughnan G, Caterson ID. Resting metabolic rate in severely obese diabetic and nondiabetic subjects. *Obes Res* May 2004; 12 (5): 840-5.
  50. Xie WG, Li A, Wang SL. Estimation of the calorie requirements of burned Chinese adults. *Burns: journal of the International Society for Burn Injuries* Apr 1993; 19 (2): 146-9.
  51. Zawacki BE, Spitzer KW, Mason AD Jr, Johns LA. Does increased evaporative water loss cause hypermetabolism in burned patients? *Annals of surgery* Feb 1970; 171 (2): 236-40.
  52. Ireton-Jones CS, Turner WW Jr, Liepa GU, Baxter CR. Equations for the estimation of energy expenditures in patients with burns with special reference to ventilatory status. *J Burn Care Rehabil* May-Jun 1992; 13 (3): 330-3.
  53. Frankenfield D. Energy expenditure and protein requirements after traumatic injury. *Nutr Clin Pract* Oct 2006; 21 (5): 430-7.
  54. Organization WH. Energy and Protein Requirements. Report of a Joint FAO/WHO/UNI Expert Consultation. WHO. 1985; Technical Report Series 724: 206.
  55. Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr* 1985; 39 (Suppl. 1): 5-41.
  56. Behrman R, Kliegman R, Nelson W, Vaughan V. Nutrition and nutritional disorders. *Nelson WE, ed. Textbook of Pediatrics* 1992. pp. 105-46.
  57. Day T, Dean P, Adams MC, Luterman A, Ramenofsky ML, Curreri PW. Nutritional requirements of the burned child: The Curreri Junior Formula. *Proc Am Burn Assoc* 1976; 18: 86-91.
  58. Hildreth MA, Herndon DN, Desai MH, Duke MA. Reassessing caloric requirements in pediatric burn patients. *J Burn Care Rehabil* Nov-Dec 1988; 9 (6): 616-8.
  59. Hildreth MA, Herndon DN, Desai MH, Broemeling LD. Current treatment reduces calories required to maintain weight in pediatric patients with burns. *J Burn Care Rehabil* Sep-Oct 1990; 11 (5): 405-9.
  60. Davies JW, Liljedahl SL. Metabolic consequences of an extensive burn. In: Polk HC SH, ed. *Contemporary Burn Management*. Boston: Little Brown; 1971. pp. 151-69.
  61. Liusuwan RA, Palmieri TL, Kinoshita L, Greenhalgh DG. Comparison of measured resting energy expenditure versus predictive equations in pediatric burn patients. *J Burn Care Rehabil* Nov-Dec 2005; 26 (6): 464-70.
  62. Mlcak RP, Jeschke MG, Barrow RE, Herndon DN. The influence of age and gender on resting energy expenditure in severely burned children. *Annals of surgery* Jul 2006; 244 (1): 121-30.
  63. Jeschke MG, Norbury WB, Finnerty CC y cols. Age differences in inflammatory and hypermetabolic postburn responses. *Pediatrics* Mar 2008; 121 (3): 497-507.
  64. Wilmore DW, Aulick LH, Mason AD, Pruitt BA Jr. Influence of the burn wound on local and systemic responses to injury. *Annals of surgery* Oct 1977; 186 (4): 444-58.
  65. Framson CM, LeLeiko NS, Dallal GE, Roubenoff R, Snelling LK, Dwyer JT. Energy expenditure in critically ill children. *Pediatr Crit Care Med* May 2007; 8 (3): 264-7.
  66. Ireton-Jones C, Jones JD. Improved equations for predicting energy expenditure in patients: the Ireton-Jones Equations. *Nutr Clin Pract* Feb 2002; 17 (1): 29-31.
  67. Rousseau AF, Losser MR, Ichai C, Berger MM. ESPEN endorsed recommendations: Nutritional therapy in major burns. *Clin Nutr* Aug 2013; 32 (4): 497-502.