



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN
SALVADOR ZUBIRÁN

Comparación del gasto energético en reposo medido con calorimetría indirecta contra ecuaciones predictivas

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN
NUTRIOLOGÍA CLÍNICA

P R E S E N T A

DRA. ADRIANA MARTINEZ TERRAZAS

A S E S O R D E T E S I S

DR. JOSÉ ANTONIO FONSECA LAZCANO

MÉXICO D.F. 2011



INNSZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DIRECTOR DE ENSEÑANZA

DR. LUIS FEDERICO USCANGA DOMÍNGUEZ

PROFESOR TITUTAL DEL CURSO DE NUTRIOLOGÍA CLÍNICA

JOSÉ ANTONIO FONSECA LAZCANO

ASESOR DE TESIS

DR. JOSÉ ANTONIO FONSECA LAZCANO

Contenido

Contenido	3
Marco teórico.....	5
Planteamiento del problema.....	14
Justificación.....	15
Objetivos.....	16
Hipótesis.....	17
Material y Métodos.....	18
Resultados.....	22
Discusión.....	25
Conclusiones.....	28
Bibliografía.....	30
Anexos.....	33

Resumen

Antecedentes: la determinación del gasto energético en reposo es muy importante en los pacientes hospitalizados ya que constituye la base para evitar las complicaciones de la terapia médica nutricia.

El estándar de oro para esta medición es la calorimetría indirecta, sin embargo no siempre es accesible por lo que se recurre al cálculo del requerimiento energético con ecuaciones predictivas. Existen diferentes ecuaciones predictivas validadas en distintas poblaciones. Ninguna en nuestro medio ni en pacientes hospitalizados. Se pretende encontrar la ecuación predictiva con mayor correlación con calorimetría en pacientes hospitalizados en el INCMNSZ

Material y métodos: Estudio prospectivo observacional de medición de gasto energético en reposo y cálculo del mismo con ecuaciones predictivas. Se realizó calorimetría a todos los pacientes internados que cumplieran con criterios de desnutrición y requirieran apoyo nutricional. Se calculó también el GER con 6 ecuaciones predictivas comúnmente utilizadas. Se compararon las diferencias y se sometieron a análisis estadístico para encontrar la que correlacionara mejor.

Resultados: Se incluyeron 74 pacientes internados en las salas de Medicina Interna del INNSZ. No se excluyeron pacientes. La media de edad fue de 47.54 años con media de 47.54 ± 18.97 (rango 15 a 93 años). 54% hombres, Índice de masa corporal media 22 (DE 5.350, mínimo 14 y máximo 45). 62% pacientes quirúrgicos, 38% con diagnóstico de sepsis abdominal. La media del gasto energético medido por calorimetría fue de 1620.7 ± 392.2 , mínimo 825 y máximo de 2860 Kcal) con R/Q fisiológico en todos los casos con media de 0.833 ± 0.0795 (min 0.67 y máximo 1.07). Con 25kcal/kg se encontró la media del gasto en 1482 ± 442.4 con mediana de diferencia contra calorimetría de $176.3 \text{ kcal} \pm 351 \text{ kcal}$. Con 30 kcal/kg se encontró media de 1778 kcal 530.9 con mediana de diferencia contra calorimetría de -124.4 kcal. Harris Benedict dio una mediana de gasto de 1306.4 ± 255.7 y diferencia contra calorimetría de $253.7 \pm 287.2 \text{ kcal/kg}$. Mifflin media de gasto de 1293 ± 274.1 y diferencia de $322.7 \text{ kcal} \pm 275.5$ y Mifflin con 1.25 de estrés dio una mediana de gasto de 1616 ± 342.6 y diferencia de $-12.6 \text{ kcal/kg} \pm 282.7 \text{ kcal}$. Correlación con calorimetría de 0.652 con ACCP, 0.682 con Harris Benedict y 0.71 con Mifflin y Mifflin 1.25

Conclusiones: Las ecuaciones de Harris Benedict y Mifflin son las que más se acercan a calorimetría, sin embargo, Mifflin es la más homogénea para predecir el GER en pacientes internados. La calorimetría indirecta sigue siendo el mejor método para determinar el requerimiento energético

Palabras Clave: Gasto energético en reposo, ecuaciones predictivas, calorimetría indirecta

Marco teórico

El consumo de energía es vital para sostener los procesos de la vida (1). Durante la enfermedad, el mecanismo de hambre se encuentra alterado por una serie de procesos inflamatorios y liberación de citocinas que lo inhiben por lo que no es un factor del que se puede depender en estas circunstancias (2,3,4). Al menos el 50% de los pacientes que ingresan al hospital están desnutridos y este hallazgo sería mayor si se agrega el grupo de pacientes que se encuentra en riesgo de desnutrición (5). Este proceso generalmente se resuelve al remitir la enfermedad y al retomar la ingestión normal por la vía oral, sin embargo, existe un subgrupo de pacientes que requieren terapia médica nutricia ya que no alcanzarán al menos el 50% de su requerimiento energético por la vía oral en los primeros 8 a 10 días de estancia (6,7,8). Es en estos pacientes en los que resulta importante la medición o estimación del gasto energético para que la terapia nutricia resulte adecuada y se eviten las complicaciones tanto de la infra como de la sobre alimentación (9).

El requerimiento energético del ser humano consta de metabolismo basal, termogénesis, trabajo externo o actividad física y costo energético de formación de nuevos tejidos como en el crecimiento, embarazo y lactancia(9,10).

El gasto energético basal (GEB) es el gasto energético en el estado post absorción después de un ayuno de 12 horas y es muy constante en los individuos. Representa la energía requerida para mantener las actividades metabólicas celulares y de los tejidos, así como el costo de la circulación y respiración, simplificado en la mínima cantidad de energía compatible con la vida.(11,12,13)

El gasto energético del dormir es 5 a 10% menor que el basal. (10)

El gasto metabólico basal se afecta por la edad, el género, composición corporal y estado nutricional. Al verse alterado alguno de los factores de ayuno, horas de sueño o actividad, el que se mide es el gasto energético en reposo. Se requiere únicamente 3-4 horas de ayuno y no se controla la hora del día o la actividad física

previa. El gasto energético en reposo es generalmente tomado como 10-20% mayor que el basal. (11,12,13,14,15,16,17)

El gasto basal disminuye 1-2% por década estando en un peso constante. Esta pérdida se debe a pérdida de masa libre de grasa y ganancia de grasa asociada con el envejecimiento. También las diferencias en el metabolismo entre sexos son evidentes. Las mujeres tienen menores gastos basales por diferencias en composición corporal. (15,16)

El gasto energético en reposo representa la energía necesaria para sostener las funciones corporales y homeostasis, se incluye la respiración, síntesis de compuestos orgánicos, energía requerida por el sistema nervioso central y mantenimiento de la temperatura. Este gasto es afectado por la composición corporal, talla, edad, sexo y ambiente hormonal. Es justamente la masa libre de grasa o tejido metabólicamente activo el componente más importante del gasto energético en reposo. Se ha descrito incluso que la fiebre, la nicotina, el alcohol, el ejercicio y hasta las condiciones de temperatura del entorno afectan el gasto energético en reposo. (12-18)

Durante estados de enfermedad se altera el gasto energético en reposo, pero como la prioridad del organismo es el aportar glucosa para el sistema nervioso central y el cerebro, cambia la respuesta simple del ayuno al hipermetabolismo. (10-17)

La importancia de este cambio deriva de que a diferencia del ayuno simple en donde las pérdidas de tejido se dan a expensas de tejido graso, en los pacientes internados con variables grados de inflamación, se evidencia desnutrición o infra nutrición proteico-energética. Entendida esta desnutrición como un Kwashiorkor-marasmático resultado de un estado inflamatorio de diferente etiología que persiste por varios días. Esta respuesta inflamatoria puede ser modulada por el apoyo nutricional temprano, de ahí la importancia tan grande de la terapia médica nutricional. En otros grupos de pacientes internados, con inflamación crónica y caquexia, la terapia médica nutricional no es la piedra angular pues por sí sola no

detendrá la pérdida de tejido metabólicamente activo pero puede ayudar a sostener procesos. (19)

Se han hecho varios análisis para estimar el porcentaje de elevación del gasto energético en diferentes procesos patológicos y en los diferentes tipos de desnutrición determinando que es el grado de inflamación más que el tipo específico de patología lo que determina la elevación del gasto. Con esto se entiende que los pacientes con inflamación crónica presentarían probablemente una elevación diferente y probablemente menor a los pacientes con procesos agudos pero sería imposible predecir con exactitud esta cifra (20-29).

El efecto térmico de los alimentos es el aumento en el gasto energético asociado con el consumo de alimento. Es aproximadamente el 10% del gasto energético total. Tiene un componente obligatorio que es lo requerido para digerir, absorber y metabolizar nutrientes incluyendo el almacenaje de grasa, proteína y carbohidratos y otro componente que es el facultativo correspondiente al “exceso” de energía gastada probablemente por ineficiencia metabólica estimulada por la actividad del sistema nervioso simpático. Varía con la composición de la dieta, sin embargo, se ha descrito que no existe gran aumento cuando se infunden nutrientes de forma continua independientemente de la vía de administración. (20, 31)

La termogénesis es mayor al sintetizar proteína que al sintetizar hidratos de carbono o grasa. Se ha descrito también que es mayor al oxidar triglicéridos de cadena media que larga. El tipo, la composición, la ruta de administración y cantidad de la nutrición influencia notablemente la interpretación de la termogénesis en estos pacientes. Se ha descrito mayor efecto termogénico con nutrición enteral que con parenteral. La elevación es mínima al recibir una infusión continua o cuando se recibe un aporte cercano al necesario. La hiperalimentación eleva el gasto en aproximadamente 10%. (31)

Para medir el requerimiento se utiliza la unidad estándar de medición de energía que es la caloría. Término introducido en 1789 por Laplace, corresponde a la cantidad de energía de calor requerida para elevar la temperatura de 1 mililitro de agua a 15 grados centígrados en 1 grado centígrado (10). Por la cantidad de energía involucrada en el metabolismo de los alimentos, se utiliza la kilocaloría (1000 calorías) como estándar. El Joule corresponde a la medida de energía en términos de trabajo mecánico y una Kilocaloría equivale a 4.184 KiloJoules (2,9,10,20).

La calorimetría indirecta se ha convertido en estándar de oro clásico en nutriología clínica para la medición del gasto energético en reposo, la calorimetría directa no es usada de rutina ya que se mide en una cámara sellada y aunque la producción de calor es exactamente medida, este método es caro, no siempre accesible y requiere experiencia técnica. (31) La calorimetría indirecta ofrece un abordaje objetivo para optimizar el aporte nutricional y maximizar sus beneficios reportando los requerimientos energéticos de una forma individualizada. (31)

El aumento en el uso de la calorimetría facilita el cuidado de los pacientes y podría conducir a un mejor desenlace de los pacientes en terapia médica nutricional.

La calorimetría indirecta estima el gasto energético determinando el consumo de oxígeno y la producción de dióxido de carbono en un determinado período de tiempo (31,44). El principio en el que está basada es que la energía humana parte de energía química que se libera de los nutrientes a partir de la oxidación de sustratos. Los nutrientes orgánicos con estructura de carbono se convierten en dióxido de carbono (CO₂), agua y calor al estar en presencia de oxígeno. La calorimetría indirecta evalúa la cantidad de calor generado indirectamente de acuerdo con la cantidad y patrón del sustrato usado y productos secundarios formados. Específicamente, el gasto energético es medido por la cantidad de oxígeno utilizado y la cantidad de CO₂ eliminada por el organismo.

Aparece a principios del siglo 20 y se pensó en un método que además de determinar el gasto energético, también indicara el tipo de sustrato oxidado basándose en la medida del intercambio de gases.

Los datos obtenidos de la medición de consumo de oxígeno (VO_2) y producción de dióxido de carbono (VCO_2) estos cálculos se pueden realizar por diferentes métodos y además permiten el cálculo del cociente respiratorio (R/Q):

$$RQ = \text{Moles } CO_2 \text{ espirados} / \text{Moles } O_2 \text{ consumidos}$$

Esta determinación es convertida a kilocalorías producidas por metro cuadrado de superficie corporal por hora y es extrapolada a gasto energético en 24 horas. También de este cociente sometido a ecuaciones se deriva el sustrato oxidado según el valor obtenido:

Sustrato usado	R/Q
Etanol	0.67
Oxidación de lípidos	0.71
Oxidación proteínas	0.82
Oxidación de sustratos mixtos	0.85
Oxidación de hidratos de carbono	1
Lipogénesis	1-1.3

Tabla 1. Interpretaciones tradicionales del R/Q

Se utilizaba el R/Q como guía para determinar el aporte de macronutrientes. No es adecuado ese uso, Mc Clave y cols demostraron en un estudio prospectivo que en pacientes híperalimentados, el R/Q se elevaba sólo en caso de compromiso ventilatorio y se propone que el único uso del cociente respiratorio (R/Q) es para validar la calorimetría si éste se encuentra en rango fisiológico (30, 45).

En el estado estable, la producción total de energía puede ser determinada usando este método y correlaciona bien con la producción de calor y gasto energético. Este método no siempre es accesible por lo que se ha tenido que depender de ecuaciones predictivas derivadas de análisis por regresión en su mayoría, existen más de 200, sin embargo todas tienen margen de error de variable magnitud en el paciente enfermo. Vale la pena mencionar que parte de este error se debe a que con el peso, la talla, la edad y el sexo se predice mejor el gasto energético basal, condición que difícilmente se observa en los pacientes internados. (31)

La terapia médica nutricia pretende preservar masa magra y mantener una adecuada función inmune mientras evita las complicaciones de la sobre e infra alimentación, por esto es muy importante que la ecuación empleada para predecir el gasto energético en reposo sea lo más cercano posible a lo real. (32)

Para la interpretación de los resultados de calorimetría indirecta, se debe entender que la calorimetría mide también la termogénesis. No mide la energía excretada por heces, lo que puede resultar importante en un paciente con malabsorción y diarrea por ejemplo. Se asumen varias premisas al interpretar la calorimetría (31):

Los sustratos (proteína, hidratos de carbono y lípidos) son totalmente oxidados. Incluyendo la inferencia de que no existe cetogénesis ni lipogénesis al mismo tiempo.

No existe crecimiento o anabolismo. Los sustratos depositados en tejidos durante el anabolismo no son oxidados y por lo tanto no contribuyen al VO₂ y VCO₂.

En 1919, J. Arthur Harris y Francis G. Benedict publicaron un llamado primer intento para analizar los datos de metabolismo basal en sanos basadas en sexo, talla, edad y peso. Este trabajo en particular dio pie al concepto de gasto estimado o ecuaciones predictivas derivadas de la calorimetría indirecta para determinar el gasto energético en reposo (32, 33, 34).

En su estudio original, Harris y Benedict intentaron evitar hipótesis como las previas de “superficie corporal” o “ley de superficie” en las que se basaban ecuaciones como la de Kleiber y utilizaron parámetros como sexo, edad, peso y talla. Se analizaron inicialmente 249 sujetos sanos y los gastos estimados por esta ecuación concordaban con los medidos por intercambio de gases según Long et al. Sin embargo, Daly et al condujeron otro estudio donde se percataron de que la ecuación de Harris y Benedict sobre estimaba el gasto energético de 10 a 15%. De ahí a la actualidad, han aparecido diferentes publicaciones de fórmulas que intentan predecir el gasto energético en reposo a partir de la composición corporal.

Desde el trabajo de Harris y Benedict, con el advenimiento de las nuevas ecuaciones, se han asignado incluso grupos de pacientes en quienes cada una de estas es más exacta. Esto se ha realizado en base a estudios comparativos contra calorimetría en pacientes sanos con distintas características (32,33,34,35,36,37,38,39,40).

En los diferentes estudios, se han descrito errores de medición mayores al 20% con las ecuaciones predictivas y este margen es más notorio en los extremos de peso. También se han observado variaciones en los cálculos y lo medido con distintos grupos étnicos, sexo y actividad física.

La ecuación de Mifflin fue desarrollada en 1990 con una población de más de 400 individuos sanos sin distinción entre obesidad e índice de masa corporal normal encontrando mejor correlación con calorimetría en el paciente obeso con la ecuación de Mifflin. Se ha propuesto por organizaciones como ASPEN el uso de la

ecuación de Mifflin con 25% de estrés en pacientes enfermos con buena correlación con calorimetría casi en todos los grupos de pacientes (38).

La ecuación del ACP (American College of Chest Physicians) de 25 a 30 Kcal por kilogramo de peso ha tenido reportes de infra estimar en algunos grupos y podría sobre estimar el requerimiento en otros (39). Es una ecuación comúnmente utilizada por su facilidad y en organismos como ESPEN es recomendada como meta temprana de la terapia médica nutricia en los pacientes críticos (9).

Ecuación	Jóvenes	Jóvenes Obesos	Ancianos	Ancianos Obesos
HB X 1.25	0	+	+	+
Mifflin	-	-	-	-
Mifflin x 1.25	0	0	0	0
ACCP peso actual	-	+	+	+
ACCP peso ajustado	-	-	+	-
Swinamer	+	+	+	+
Ireton- Jones	+	-	+	0
PSU (HBE)	-	0	0	0
PSU (HBEa)	+	-	+	-
PSU(m)	0	0	0	0
Brandi	0	+	0	+
Faisy	0	0	+	+

Tabla 2. Ecuaciones comunes y hallazgos en pacientes críticamente enfermos.

+ Sobre estimación

- sub estimación

0 similar a calorimetría

En los pacientes internados el conocer el gasto energético es la base sobre la cual se iniciará la terapia médica nutricia. Es de esto de donde deriva la importancia de seleccionar una ecuación predictiva útil en cada población para evitar las complicaciones de la equivocación de los cálculos.

No existe una ecuación hecha en poblaciones de pacientes enfermos no críticos y debemos considerar que los pacientes internados están cursando en su mayoría un proceso inflamatorio de diferente grado que condiciona distintas alteraciones metabólicas y cambios en el gasto energético. Se ha descrito que 30 a 50% de los

pacientes críticamente enfermos son normo metabólicos, 15-20% hipo metabólicos y 35 a 65% híper metabólicos, dependiendo de la fase de la respuesta inflamatoria sistémica que cursen. Se ha propuesto por estas causas, usar los factores de estrés agregados a cada fórmula para poder calcular adecuadamente en cada uno de estos grupos. Sin embargo, el uso de cada uno de los factores de estrés es empírico y los marcadores de cambio en el metabolismo son sólo indirectos. Se infiere que ciertas patologías aumentan más el gasto energético. Sin embargo no se conoce con exactitud ni la cantidad de elevación ni el porcentaje de aumento sobre el gasto energético basal. En el no crítico, las variaciones en el gasto energético están dadas por la gravedad y tipo de padecimiento.

Planteamiento del problema

Se ha establecido que en una población tan heterogénea como los hospitalizados, la exactitud de las ecuaciones queda comprometida en subgrupos de pacientes como está evidenciado en la tabla. Este hallazgo es de vital importancia ya que una diferencia de 100 kcal/día puede ocasionar ganancia o pérdida de peso y podría tener implicaciones particularmente en la población obesa y en los ancianos que es en quien menos exactitud exhiben las ecuaciones predictivas.

Justificación

La calorimetría indirecta es el estándar de oro para la medición del gasto energético en reposo. Este estudio no siempre está disponible por lo que se recurre al uso de ecuaciones predictivas.

Las ecuaciones predictivas han sido, en su mayoría, validadas en pacientes sanos y en razas diferentes. No existe en nuestro medio un estudio que compare las ecuaciones más comunes con calorimetría.

Encontrar la ecuación con menos margen de diferencia contra calorimetría podrá ser una herramienta útil para establecer el aporte adecuado de la terapia médica nutricia.

Objetivos

Objetivo principal

Encontrar la ecuación predictiva con menor diferencia contra la calorimetría indirecta en un grupo heterogéneo de pacientes hospitalizados

Hipótesis

Hipótesis alterna

Existe una ecuación que se apega más al gasto energético en reposo encontrado por calorimetría

Hipótesis nula

No existe una ecuación que se apegue más al gasto energético en reposo encontrado por calorimetría

Material y Métodos

Estudio transversal, prospectivo observacional de pacientes internados en los pisos de medicina interna del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán.

Se realizó Valoración Global Subjetiva según Detsky (41) a todos los pacientes que ingresaron a las salas de hospitalización del INCMNSZ. (Anexo 1) Se evaluó el cambio de peso en los últimos 6 meses, los cambios en la ingestión, los síntomas gastrointestinales, la capacidad funcional y el edema. Se asignó valoración A, B o C según los puntos obtenidos siendo A un buen estado nutricional, B riesgo de desnutrición y C desnutrición franca.

Se realizó medición de peso y talla en todos los pacientes. Se calculó también el índice de Quetelet con peso en kilogramos entre estatura en metros al cuadrado para índice de masa corporal (42).

Los pacientes clasificados como B (en riesgo de desnutrición) fueron seguidos cada semana para ver su evolución hacia desnutrición o hacia mejoría. Este seguimiento se realizó con los parámetros de evaluación nutricional establecidos por ESPEN que incluye (43):

1. Medición del balance nutricional
 - a. Se realizaron recordatorios de ingestión de 24h
 - b. Evaluación de la excreción
 - c. Calorimetría indirecta y fórmulas predictivas para GER
 - d. Balance nitrogenado
2. Composición corporal
 - a. Antropometría
 - i. Peso
 - ii. Talla
 - iii. IMC

3. Medición de actividad inflamatoria

- a. Albúmina sérica
- b. Hemoglobina

En caso de determinarse la evolución hacia desnutrición, se elaboró un plan de apoyo nutricional para ellos igual que se hizo para los pacientes que fueron evaluados como C (desnutridos) desde el principio.

Se realizó calorimetría indirecta a ese grupo de pacientes con un equipo Cosmed Quark v 7.3 (PFT Ergo, Roma, Italia). Con el paciente en posición supina y se realizó medición durante tiempo suficiente para alcanzar estado estable definido por 5 minutos de medición de VCO₂ y VO₂ con variabilidad minuto a minuto menor al 10%. Si se realizaron varias mediciones de calorimetría en el mismo paciente, sólo el resultado de la primera fue incluida en el estudio (44,46,47). No se encontraron pacientes con sedación ni se realizaron mediciones las 24 horas posteriores a hemodiálisis en pacientes que la requerían.

Se calculó también GER a cada uno de los pacientes con las ecuaciones predictivas (48) más comúnmente usadas en el departamento de Nutriología Clínica del INCMNSZ. Todos los cálculos fueron realizados usando el peso real del paciente.

Se determinaron las ecuaciones usadas mediante una encuesta con los encargados de la terapia médica nutricional en el departamento empleando todas las ecuaciones predictivas mencionadas por los usuarios. Se compararon los resultados contra los obtenidos por calorimetría indirecta

Índice de masa corporal	Peso/talla (en metros) 2
Harris Benedict	Hombres $66.5+(13.8)(\text{peso})+(5)(\text{talla})-(6.8)(\text{edad})$ Mujeres $655+(9.6)(\text{Peso})+(1.8)(\text{talla})-(4.7)(\text{edad})$
Mifflin-St Jeor	Hombres $(10)(\text{peso})+(6.25)(\text{talla})-(5)(\text{edad})+5$ Mujeres $(10)(\text{peso})+(6.25)(\text{talla})+(5)(\text{edad})-161$ Hombres y Mujeres: Mifflin(1.25)
American College of Chest Physicians	(25)(peso) (30)(peso)

Tabla 3. Ecuaciones predictivas utilizadas

Peso en kilogramos

Talla en centímetros

Edad en años

Se calculó la diferencia entre las ecuaciones y la calorimetría por medio de una resta del resultado de los resultados obtenidos por calorimetría menos los obtenidos por ecuaciones predictivas.

Calorimetría – Ecuación predictiva = Diferencia. Si el resultado era negativo, la ecuación sobre estimaba, si era positivo, se encontraba en infra estimación. Se tomó como significativa la diferencia mayor a 10%.

Se inició aporte nutricional según el plan establecido para cada paciente de acuerdo con la calorimetría previo análisis de la validez de la misma y comprobación del rango fisiológico del R/Q.

Análisis estadístico:

Los resultados se expresaron en media, mediana y desviación estándar. Se utilizó análisis univariado (Pearson) y multivariado (regresión múltiple), utilizando como variable dependiente las mediciones de calorimetría indirecta y como variables independientes los cálculos obtenidos de las ecuaciones de Mifflin, Harris Benedict, Mifflin ajustado 1.25, y estimaciones con 25 y 30 Kcal/Kg de peso. Se tomaron como significativas p menores a 0.05. Cuando se construyeron intervalos de confianza se construyeron al 95%.

Se utilizó el Software Minitab 13.1.

Resultados

Se incluyeron 74 pacientes internados en las salas de Medicina Interna del INNSZ, todos tenían al menos una medición del GER por calorimetría indirecta. 54% eran hombres y ninguno tenía fracción inspirada de oxígeno mayor a 40%. No se excluyeron pacientes. Las características demográficas de la población se presentan en la tabla

62% pacientes quirúrgicos, 38% con diagnóstico de sepsis abdominal.

Características de los pacientes	
Edad (años)	47.54 ± 18.97
Peso (kilogramos)	59.28 ± 17.70
Talla (metros)	1.63 ± 0.0965
IMC (kg/m ²)	22 ± 5.350
GER calorimetría	1620.7 ± 392.2
R/Q	0.83365 ± 0.07958

Tabla 4. Características demográficas

Con cada una de las ecuaciones predictivas se encontró:

Ecuación	Gasto encontrado (Media y desviación e.)	Diferencia con calorimetría
25 kcal/kg	1482 +/- 442.4	
28 kcal/ kg	1638 +/- 495.5	
30 kcal/kg	1778 +/- 530.9	
HB	1306.4 +/- 255.7	
Mifflin	1293 +/- 274.1	
Mifflin 1.25	1616 +/- 342.6	

Tabla 5. Resultados con ecuaciones predictivas

Diferencias con calorimetría indirecta (tabla 6):

Ecuación	Media	Desviación estándar	Mediana	Mínimo	Máximo.
25 Kcal/Kg	138.6	351.0	176.3	-878	863.3
28 Kcal/Kg	-39.2	381.9	9.3	-1178	635.3
30 Kcal/Kg	-157.8	405.1	-124.4	-1378	532.3
HB	253.7	287.2	254.4	-345	1198
Mifflin	316.5	322.7	275.5	-330.8	1202.1
Mifflin 1.25	-9.5	282.7	-12.6	-745.4	811.7

Los resultados del análisis univariado se muestran en la tabla 7:

Ecuación	Coefficiente correlación	P
25	0.652	0.0001
30	0.652	0.0001
Harris Benedict	0.682	0.0001
Mifflin	0.712	0.0001
Mifflin 1.25	0.712	0.0001

En análisis multivariado se observó un coeficiente de determinación de 51.8% con una r^2 ajustada de 49.7%. Las significancias en el modelo fueron Harris Benedict ($p=0.006$), Fórmula con 25 ($p=0.006$) y Mifflin ($p=0.0001$). La ecuación de regresión: $877 - 1.70 (HB) + 0.377 (\text{fórmula } 25) + 1.91 (\text{Mifflin})$.

Discusión

Ninguna ecuación predijo exactamente el GER en la mayoría de los pacientes hospitalizados (48).

Hasta la fórmula que presentó mayor exactitud, que en este estudio fue Mifflin, a diferencia de lo descrito en otros estudios presentó sobre estimación de hasta 1202 kcal, cálculo que de traducirse en terapia médica nutricia podría significar cambios en el peso del paciente. Al quitar ese valor extremo en el que todas las ecuaciones fueron inexactas, probablemente por las condiciones del paciente, Mifflin aún sobre estima hasta 600 kcal al igual que Mifflin con 1.25%. Son, sin embargo, las ecuaciones predictivas más homogéneas ya que no tienen un rango de error no tan grande como el resto de las fórmulas (48, 49, 50, 51).

Se evidencia la inexactitud de las fórmulas predictivas y se reitera la evidencia de que la creencia previa que todos los pacientes internados tienen una elevación importante del gasto energético en reposo no es necesariamente exacta. Calculando con factores de estrés según la patología se podría caer en hiper alimentar a un gran número de pacientes. No se encuentra muy clara la definición de la relación entre gasto energético en reposo y basal en pacientes enfermos (48-56).

Se encontró también que tanto HB como Mifflin al sobre estimar el gasto energético tienen un error grande, no así al infra estimar el mismo. Este hallazgo apoya la práctica de hipo alimentación permisiva en pacientes enfermos y no críticos. Pueden recibir aporte nutricional no al 100% de sus requerimientos. Sin embargo, su déficit calórico sí podría traducirse en cambios en el peso.

Se pudiera argumentar la diferencia étnica y de grupo de pacientes en los que se desarrollaron las ecuaciones predictivas ya que fueron hechas principalmente en poblaciones de raza blanca, también probablemente, las características demográficas de los mismos y que todos eran pacientes sanos. Sin embargo, a pesar de que esas cohortes fueron realizadas en grupos de pacientes de raza blanca y sanos, la correlación que mostraron en sus estudios originales, r^2 0.53 y

0.71 respectivamente es similar a la encontrada en el presente estudio r^2 0.68 y 0.71 y que ha sido encontrada consistentemente a lo largo de la literatura (1). Estableciendo a Harris y Benedict como la fórmula más estable. Cambia en nuestro estudio porque es Mifflin la que tiene correlación más alta en población general. Incluso es muy similar a la encontrada en los pacientes obesos que es el nicho principal para lo que se utiliza esta fórmula.

La ecuación de Mifflin sin factor de estrés presenta la correlación más alta con calorimetría. Ya con 1.25% de estrés, no cambia la correlación y la ecuación mantiene su estabilidad. Sin embargo, al sobre estimar valores, el margen de error es mucho más grande.

De la ecuación del ACCP con 25 a 30 kcal/kg cuando sobre estima, esta fórmula es la que más lo hace en 30 kcal/kg. Este hallazgo ha sido diferente a lo previamente descrito y se ha propuesto incluso utilizar 30 a 32 kcal/kg en pacientes de bajo peso con algún proceso mórbido concomitante. No se realizó análisis por subgrupos, pero en pacientes con peso normal, 30 kcal/kg puede sobre estimar el gasto energético ocasionando complicaciones metabólicas importantes como hiperglucemia además de ganancia de masa grasa.

La ecuación de HB es la ecuación más sensible a los valores extremos perdiendo correlación al suprimirlos y la ecuación de Mifflin sin factor de estrés es la más estable ante los mismos.

El presente estudio incluyó solamente 74 pacientes, por lo que no se puede predecir si los resultados serían iguales en una población más grande. Asimismo, otra de las debilidades del estudio es la heterogeneidad de los pacientes incluidos y la falta de análisis por subgrupos, sin embargo, se intentó utilizar una muestra representativa de los pacientes internados en el Instituto.

No existe tampoco un sub análisis con los medicamentos de cada paciente ni se hizo diferencia entre pacientes en ayuno y con diferentes aportes calóricos. Los pacientes que recibían más calorías pueden haber tenido alterado el gasto energético considerando el efecto de la termogénesis inducida por alimentos. Se

podría argumentar que la infusión continua de nutrientes no debería afectar tanto el gasto energético en reposo, sin embargo no contamos con un registro exacto de las horas de nutrición administrada de cada paciente.

Las rutas de apoyo también fueron diferentes y sólo se tomó en cuenta una medición de calorimetría indirecta, la cual reflejaba el estado del paciente en ese momento. No se contó con estudios de composición corporal que nos pudieran informar más acerca de la masa libre de grasa de los pacientes para no utilizar el peso medido de los pacientes sin ajustar para edema ni en obesidad.

Las fortalezas del estudio son también la heterogeneidad de los pacientes y las mediciones con calorimetría. Este estudio puede dar pie a la realización de otros que nos permitan conocer una fórmula predictiva probablemente no encontrada por regresión que pueda ser más exacta y se aplique a las características demográficas y estado de la población de nuestro medio.

Conclusiones

La calorimetría indirecta sigue siendo el estándar de oro para evaluar el gasto energético en reposo en los pacientes hospitalizados.

En una población heterogénea como la que existe hospitalizada en sala de medicina interna, no se puede predecir con exactitud el comportamiento metabólico ni cuáles pacientes van a presentar mayor margen de error en las ecuaciones predictivas por lo que es preferible utilizar siempre calorimetría indirecta.

En caso de no disponer de calorimetría, la ecuación de Mifflin representa una alternativa útil para estimar GER en pacientes hospitalizados estables dada su homogeneidad de predicción ante valores extremos.

Bibliografía

1. Boullata J, W. J. Accurate Determination of Energy Needs in Hospitalized Patients. *J Am Diet Assoc.* 2007; 107, :393-401.
2. Frary CD, J. R. (2008). En Krause's Food & Nutrition Therapy. St Louis Missouri: Saunders, Elsevier.
3. Kleiber M. *The Fire of Life: An Introduction to Animal Energetics.* Huntington, NY: Robert E. Kreiger, 1975.
4. Kinney JM. Energy metabolism: heat, fuel, and life. In: Kinney JM, Jeejeebhoy KN, Hill GL et al., eds. *Nutrition and Metabolism in Patient Care.* Philadelphia: WB Saunders, 1988:3-34
5. Vitello J. Prevalence of malnutrition in hospitalized patients remains high. *J Am Coll Nutr.* 1993;12:589
6. Heyland DK, Dhaliwal R, Rover JW et al. Canadian clinical practice guidelines for nutrition support in mechanically ventilated, critically ill adult patients. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2003; 27: 355-73
7. Martindale RG, McClave SA, Vanek VW, et al. Guidelines for the provision and assessment of nutrition support therapy in the adult critically ill patient: Society of Critical Care Medicine and American Society for Parenteral and Enteral Nutrition: executive summary. *Crit Care Med* 2009;37:1757-61
8. Singer P, Berger M, Van den Berghe G et al. ESPEN guidelines on parenteral nutrition: intensive care. *Clin Nutr* 2009; 28: 387-400
9. Jennifer A. Wooley, MS, RD, CNSD David Frankenfield, MS, RD, CNSD. Energy. 7: 19-32. *The A.S.P.E.N. Nutrition Support Core Curriculum: A Case-Based Approach—The Adult Patient.* American Society for Parenteral And Enteral Nutrition.
10. Butte N, Caballero B. Energy needs: assessment and requirements. Shils ME, Shike M, Ross AC, Baballero B, Cousins RJ, eds. *Modern Nutrition in*

Health and Diseases. 10th ed. Philadelphia,PA: Lippincott Williams & Wilkins; 2006:136–148.

11. Van Ooijen AMJ, Lichtenbelt VM, van Steenhoven AA, et al. Seasonal changes in metabolic and temperature responses to cold air in humans. *Physiol Behav.* 2004;82:545–553.
12. Charkoudian N. Skin blood flow in adult human thermoregulation. How it works, when it does not, and why. *Mayo Clin Proc.* 2003;78:603–612.
13. Compher CW, Frankenfield DC, Roth-Yousey L. Best practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: a systematic review. *J Am Diet Assoc.* 2006;106:881–903.
14. Wang Z, Heshka S, Gallagher D, et al. Resting energy expenditure-fat-free mass relationship: new insights provided by body composition modeling. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2000;279:E539–E545.
15. Webb P. Energy expenditure and fat-free mass in men and women. *Am J Clin Nutr.* 1981;34:1816–1826.
16. Fukagawa NK, Bandini LG, Young JB. Effect of age on body composition and resting metabolic rate. *Am J Physiol.* 1990;259:E233–E238.
17. Jones A, Shen W, St. Onge MP, et al. Body composition differences between African-American and white women: relation to resting energy requirements. *Am J Clin Nutr.* 2004;79:780–786.
18. Kimm SYS, Glynn NW, Aston CE, et al. Racial differences in the relation between uncoupling protein genes and resting energy expenditure. *Am J Clin Nutr.* 2002;75:714–719.
19. Malnutrition Syndromes: A Conundrum vs Continuum. Jensen G.L, Bistran B, Roubenoff R. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2009; 33; 710

20. Bursztein S, Elwyn DH, Askanazi J, Kinney JM, editors. Energy metabolism, indirect calorimetry and nutrition. Baltimore: Williams and Wilkins; 1989.
21. Harris JA, Benedict FG. A biometric study of basal metabolism in man. Washington, DC: Carnegie Institute of Washington, Publ. 279; 1919
22. Rocha EEM. Is there a place for indirect calorimetry in nutritional assessment[in Portuguese]. Rev Bras Nutr Clin 1998; 13:90–100.
23. Wang Z, Heshka S, Zhang K, et al. Resting energy expenditure: systematic organization and critique of prediction methods. Obes Res 2001; 9:331–336.
24. Frankenfield DC, Muth ER, Rowe WA. The Harris–Benedict studies of human metabolism: history and limitations. J Am Diet Assoc 1998; 98:439–445.
25. Brandi LS, Bertolini R, Calafa M. Indirect calorimetry in critically ill patients: clinical applications and practical advice. Nutrition 1997; 13:349–358.
26. Moreira da Rocha E., Girard F. Alves V., Barcellos V. da Fonseca R. Indirect calorimetry: methodology, instruments and clinical application. Curr Opin Clin Nutr Metab Care 2006, 9:247–256
27. McClave S.A., McClain C.J., Snider H.L., Should Indirect Calorimetry be Used as Part of Nutritional Assessment? J Clin Gastroenterol 2001;33(1):14–19.
28. MacDonald A, Hildebrandt L. Comparison of formulaic equations to determine energy expenditure in the critically ill patient. Nutrition. 2003;19:233–239
29. Haugen H.A., Chan L, Li F. Indirect Calorimetry: A Practical Guide for Clinicians. Nutr Clin Pract 2007 22: 377

30. SA McClave, CC Lowen, MJ Kleber, JW McConnell, LY Jung and LJ Goldsmith. Clinical use of the respiratory quotient obtained from indirect calorimetry. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2003; 27; 21
31. Porter C, Cohen N. Indirect calorimetry in critically ill patients: Role of the clinical dietitian in interpreting results. *J Am Diet Assoc.* 1996; 49-54,57.
32. Clark HD, Hoffer LJ. Reappraisal of the resting metabolic rate of normal young men. *Am J Clin Nutr.* 1991;53:21-26.
33. Taaffe DR, Thompson J, Butterfield G, Marcus R. Accuracy of equations to predict basal metabolic rate in older women. *J Am Diet Assoc.* 1995;95:1387-1392.
34. Siervo M, Boschi V, Falconi C. Which REE prediction equation should we use in normal-weight, overweight and obese women? *Clin Nutr.* 2003;22:193-204.
35. Frankenfield D, Roth-Yousey L, Compher C. Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: A systematic review. *J Am Diet Assoc.* 2005;105:775-789.
36. Reeves MM, Capra S. Variation in the application of methods used for predicting energy requirements in acutely ill adult patients: A survey of practice. *Eur J Clin Nutr.* 2003;57:1530-1535.
37. Flancbaum 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.* 1999;69:461-466.
38. 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;51:241-247

39. Cerra FB, Benitez MR, Blackburn GL, Irwin RS, Jeejeebhoy K, Katz DP, Pingleton SK, Pomposelli J, Rombeau JL, Shronts E, Wolfe RR, Zaloga GP. Applied nutrition in ICU patients: A consensus statement of the American College of Chest Physicians. *Chest*. 1997;111:769-778.
40. Renee N Walker MSc RD LD CNSD and Roschelle A Heuberger PhD RD. Predictive Equations for Energy Needs for the Critically Ill. *Respir Care* 2009;54(4):509–521.
41. Detsky AS, Mc Laughlin JR, Baker JP et al. What is subjective global assessment of nutritional status? *JPEN* 1987; 11: 8-13.
42. Manual of the international statistical classification of diseases, injuries, and causes of death. Geneva: World Health Organization. Physical status: the use and interpretation of anthropometry: report of a WHO expert committee. 30, 1995, WHO Tech Rep Ser, Vol. 1, págs. 854:1-452.
43. Soeters P.B., Reijven P.L.M., et al. A rational approach to nutritional assessment. *Clinical Nutrition* (2008) 27, 706e716
44. Ferrannini E. The theoretical bases of indirect calorimetry: a review. *Metabolism*. 1988;37:287–301
45. McClave SA, Lowen CC, Kleber MJ, et al. Clinical use of the respiratory quotient obtained from indirect calorimetry. *J Parenter Enter Nutr* 2003; 27:21–26.
46. Holdy KE. Monitoring energy metabolism with indirect calorimetry: instruments, interpretation and clinical application. *Nutr Clin Pract* 2004; 19:447–454.
47. McClave SA, Spain DA, Skolnick JL, et al. Achievement of steady state optimizes results when performing indirect calorimetry. *J Parenter Enter Nutr* 2003; 27:16–20

48. Müller MJ, Bosy-Westphal A, Klaus S, 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; 80:1379–1390.
49. Vander Weg MW, Watson JM, Klesges RC, et al. Development and crossvalidation of a prediction equation for estimating resting energy expenditure in healthy African-American and European-American women. *Eur J Clin Nutr* 2004; 58:474–480.
50. Wilson M-MG, Morley JE. Invited review: aging and energy balance. *J Appl Physiol* 2003; 95:1728–1736.
51. Palesty JA, Dudrick SJ. The goldilocks paradigm of starvation and refeeding. *Nutr Clin Pract* 2006; 21:147–154
52. 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; 56:848–856.
53. Zaloga GP, Roberts P. Permissive underfeeding. *New Horizons* 1994; 2:257–263.
54. Hoffer LJ. Protein and energy provision in critical illness. *Am J Clin Nutr* 2003; 78:906-11.
55. Schoeller DA. Making indirect calorimetry a gold standard for predicting energy requirements for institutionalized patients. *J Am Diet Assoc* 2007; 107:390-2.
56. Holdy KE. Monitoring energy metabolism with indirect calorimetry: instruments, interpretation and clinical applications. *Nutr Clin Pract* 2004; 19:447-54.

1. VALORACION GLOBAL SUBJETIVA

1. Cambio de peso

En los últimos 6 meses: _____ kgs. _____ %

En las últimas 2 semanas: _____ Aumento
_____ Disminución
_____ Sin Cambio

2. Cambios en ingestión (en relación a lo normal)

_____ Sin Cambios
_____ Cambios _____ Duración= _____ Semanas
_____ Tipo _____ Sólida sub óptima _____ Líquida entera
_____ Líquidos hipo calóricos _____ Ayuno

3. Síntomas Gastrointestinales (Más de 2 semanas de duración)

_____ Ninguno _____ Náusea _____ Vómito _____ Diarrea _____ Anorexia

4. Capacidad Funcional

_____ No disfunción (ej. Capacidad normal)
_____ Disfunción _____ Duración = _____ Semanas
_____ Tipo : _____ Trabajo sub óptimo
_____ Incapacidad
_____ En cama

Físico (especificar 0= normal, 1+= leve, 2+= moderado, 3+= grave)

_____ Pérdida de masa grasa (tríceps, tórax)

_____ Pérdida de músculo (Cuádriceps, deltoides)

_____ Edema de tobillos

_____ Edema sacro

_____ Ascitis

Valoración Global Subjetiva

_____ A _____ B _____ C

A: Pérdida de menos del 5% de su peso o más del 5 % con reciente ganancia y mejora del apetito

B: Pérdida de 5 a 10% del peso con estabilización reciente o ganancia, pobre ingestión, pérdida de tejido subcutáneo leve (1+)

C: Pérdida de peso continuada de más del 10% con pérdida de tejido subcutáneo y pérdida muscular, pueden tener edema.