

“CALORIMETRÍA INDIRECTA VERSUS HARRIS-BENEDICT PARA DETERMINAR GASTO ENERGÉTICO BASAL EN PACIENTES VENTILADOS”

JOSÉ JAVIER ESPINOSA

Médico Internista

Residente de Medicina Crítica y de Cuidados Intensivos

Colegio Mayor del Rosario

Fundación Santa Fe de Bogotá

ARTURO VERGARA

Cirujano General

Soporte Metabólico y Nutricional

Fundación Santa Fe de Bogotá

DIANA PAOLA LANDAETA M

Asesora

MD. Epidemióloga Clínica

Fundación Santa Fe de Bogotá

COLEGIO MAYOR DEL ROSARIO

BOGOTÁ, JUNIO 2012

RESUMEN

El inadecuado aporte nutricional en los pacientes con enfermedades críticas, ha llevado al desarrollo de complicaciones que incrementan la mortalidad y los costos de la atención en salud. Muchos factores están involucrados en el consumo de los nutrientes por el organismo, como: los traslados, las intervenciones quirúrgicas, el uso de vasopresores, la ventilación mecánica, entre otros. Si se presenta imprecisión en la determinación del gasto energético, puede conllevar a un sobre aporte alimenticio en el paciente el cual puede afectar la evolución y pronóstico del individuo.

Es de conocimiento universal que los costos en salud cada día se incrementan, en especial cuando se presenta requerimiento del manejo de un paciente en la unidad de cuidados intensivos. Para predecir el gasto energético basal de los paciente en las UCI se cuentan con herramientas de evaluación sencillas, de fácil uso y económicas, como la ecuación de *Harris-Benedict*, o herramientas complejas y de difícil manejo como la *Calorimetría Indirecta*.

El incremento en la demanda de servicios con mayor tecnología en el tratamiento de los pacientes, enfrenta al personal de salud para ser más crítico en el uso de la nueva tecnología, por tal motivo, se evaluó la presencia de correlación entre las ecuaciones de *Harris-Benedict* y *Calorimetría Indirecta*, encontrando que se presenta una buena correlación entre las ecuaciones, con un valor de Pearson de 0,700 y una $p = 0.002$. Por lo que se puede concluir que las ecuaciones pueden ser utilizadas para estimar el gasto energético basal de los pacientes en la UCI.

Palabras Claves: UCI, Calorimetría Indirecta, ecuación de Harris - Benedict, Correlación y Gasto Energético Basal.

ABSTRACT

The Inadequate nutritional in the critical patients has led to the development of complications that increase mortality and costs of the health care. Many factors are involved in the consumption of nutrients by the body, such as transfers, surgery, use of vasopressors, mechanical ventilation, and others. If there errors in the determination of energy expenditure may causes an excess supply for nutrients for the patients, which can affect the evolution and prognosis.

It is universal knowledge that the costs of the health care increased every day, especially when there is requirement for management of a patient in the intensive care unit. To predict basal energy expenditure of the patient in the Intensive Care Unit, the tools must be economical, simple and easy, as the Harris-Benedict equation, other tool to calculate de basal energy expenditure is the Indirect Calorimetry, but is more expensive and complex to manage.

The demand for new technology increase for the treatment in the ICU, the health personnel have to be more critical in the use of new technology, for that reason, we evaluated the correlation between the equations of Harris-Benedict and Indirect Calorimetry, the study results shows a good correlation between the equations, with a Pearson value = 0.700 and $p= 0.002$, and we concluded that the equations can be used to estimated basal energy expenditure of patients in the ICU for at the same time.

Keywords: ICU, Indirect Calorimetry, Harris-Benedict equation, Correlation test and basal energy expenditure.

TABLA DE CONTENIDO

• INTRODUCCIÓN.....	6
• OBJETIVOS	7
General	7
Específicos.....	7
• HIPÓTESIS.....	8
Hipótesis Nula.....	8
Hipótesis Alterna.....	8
Control de Sesgos.....	8
Sesgo del Observador.....	8
Control del Sesgo	9
• MARCO TEÓRICO	9
Nutrición en Cuidados Intensivos	10
Métodos Para Evaluar Gasto Energético	12
Calorimetría Indirecta.....	12
Método de Fick	13
Ecuaciones Predictivas	13
Estudios de Evaluación de los Métodos para Determinar el Gastos Energético	15
Decisiones Clínicas a Partir de la Medición del Gasto Energético	16
• METODOLOGÍA	18
Tipo de Estudio.....	18
Población Objetivo o Universo	18
Muestra y Muestreo.....	18
Criterios de Selección.....	19
Criterios de Inclusión	19
Criterios de Exclusión	19
Materiales y Métodos	19
Captura Electrónica de Datos.....	20
• Plan de Análisis:.....	20
Definiciones Operacionales de las Variables.....	21
Consideraciones Éticas.....	23
• CRONOGRAMA	24
• PRESUPUESTO	24

• RESULTADOS.....	25
• DISCUSIÓN.....	29
• CONCLUSIONES.....	30
• REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
• ANEXO I.....	34
• ANEXO II.....	35
• ANEXO III.....	37
• ANEXO IV	38
• ANEXO V.....	39
• ANEXO VI.....	39

LISTADO DE GRÁFICAS Y TABLAS

Gráfico 1. Ecuación Harris-Benedict ²⁸	14
Gráfico 3. Proporción de los rangos de edad Vs estado nutricional	25
Gráfico 4. Proporción diagnóstico de ingreso a UCI.....	26
Gráfico 5. Proporción de Antecedentes Relevantes.....	26
Gráfico 8. Proporción del modo de la ventilación de los pacientes en UCI.....	27
Tabla 1. Factores predictores para estimar el gasto energético ³¹	14
Tabla 2. Guías para predecir el gasto energético en pacientes con TCE cerrado ³²	15
Tabla 3. Indicaciones para la valoración de la calorimetría indirecta ³⁶	17
Tabla 4. Proporción de la severidad de la enfermedad crítica según APACHE II	27
Tabla 5. Resultados del cálculo del Gasto Energético Basal.....	28

INTRODUCCIÓN

La enfermedad crítica y su tratamiento puede alterar profundamente el metabolismo del individuo y significativamente incrementar o disminuir su gasto energético¹. Por estas razones la determinación del gasto energético de reposo es necesario en los pacientes que reciben soporte nutricional para asegurar que la energía que se requiere se suministre y se eviten las complicaciones asociadas con la sobrealimentación o subalimentación². La sobrealimentación es causada por la administración excesiva de carbohidratos y grasas que puede resultar en infiltración grasa del hígado y compromiso pulmonar; la subalimentación puede llevar a una pobre cicatrización de la herida y compromiso inmunológico².

Muchos métodos están disponibles para la medición del gasto energético en reposo, pero todos tienen limitaciones. Sobre el rango de medida, en un extremo se encuentra la calorimetría indirecta considerada como la prueba de oro. Este método siendo muy preciso es técnicamente demandante, consume tiempo, involucra el uso de equipo costoso y especializado que no está universalmente al alcance de los servicios de salud y requiere de personal entrenado para su uso³. Además, la calorimetría indirecta puede ser imprecisa en varias circunstancias que comúnmente afectan a los pacientes críticos⁴.

En el otro extremo, se usan las ecuaciones predictivas estandarizadas como es la de Harris-Benedict, las cuales son modificables a partir de factores como el estrés y la actividad, que hacen parte del estado clínico del paciente. Estas ecuaciones aunque son fáciles en su uso, económicas y universalmente disponibles, han demostrado ser imprecisas en un sinnúmero de cuadros clínicos y varían considerablemente con los valores de medición directa⁵.

La magnitud en los resultados de desenlace a partir de una determinación inicial del gasto energético basal, con respecto a morbilidad y mortalidad, y a el impacto en la utilización de recursos de salud adicionales, que se expresan en forma de costos; no han sido evaluados hasta el momento con respecto a comparar una herramienta de medición frente a la otra. Dado el caso de este trabajo, podría ser el origen para plantear estas posibilidades en estudios más complejos para el futuro, ya conociendo preliminarmente los resultados comparativos de estos ítems.

Pregunta de investigación:

¿Existe una correlación alta y significativa estadísticamente entre la calorimetría indirecta y la ecuación de Harris-Benedict, utilizadas para la medición de gasto energético en los pacientes ventilados que ingresan a la Unidad de Cuidados Intensivos de la Fundación Santa Fe de Bogotá?

OBJETIVOS

General

Determinar la correlación entre los resultados del gasto energético basal obtenidos por calorimetría indirecta y la ecuación de Harris-Benedict, en los pacientes de la Unidad de Cuidados Intensivos de la Fundación Santa Fe de Bogotá durante 45 días en el primer semestre de 2012.

Específicos

1. Describir las características de la población que ingresan a las Unidades de Cuidados Intensivos de la Fundación Santa Fe de Bogotá.
2. Determinar el gasto energético basal de pacientes ventilados en las Unidades de Cuidados Intensivos de la Fundación Santa Fe de Bogotá, por medio de la calorimetría indirecta y la ecuación de Harris-Benedict.
3. Evaluar la correlación entre los métodos calorimetría indirecta y la ecuación de Harris-Benedict.

HIPÓTESIS

Hipótesis Nula

Los resultados de la ecuación predictiva del gasto energético de Harris-Benedict no se correlacionan con los resultados de la calorimetría indirecta en la medición del gasto energético basal, en los pacientes ventilados mecánicamente de las Unidades de Cuidados Intensivos de la Fundación Santa Fe de Bogotá.

Hipótesis Alterna

Los resultados de la ecuación predictiva del gasto energético de Harris-Benedict se correlacionan con los resultados de la calorimetría indirecta en la medición del gasto energético basal, en los pacientes ventilados mecánicamente de las Unidades de Cuidados Intensivos de la Fundación Santa Fe de Bogotá.

Control de Sesgos

Al evaluar el protocolo de nuestro estudio identificamos las siguientes fuentes de sesgo:

Sesgo del Observador

- Las variables anteriormente expuestas se obtendrán mediante el diligenciamiento del formato de recolección de variables previamente diseñado.
- El cálculo del gasto energético basal por medio de la ecuación de Harris - Benedict

Control del Sesgo

- Se establecerá con el personal de recolección de datos, que estos deben ser del mismo día de la toma de la calorimetría indirecta y de la ecuación predictiva de Harris-Benedict, por medio de la historia clínica.
- Se documentarán situaciones especiales alrededor del momento en el que se estén realizando las mediciones de las variables de la investigación.
- La ecuación de Harris-Benedict fue realizado por personal entrenado del grupo de soporte metabólico y nutricional de la institución.

MARCO TEÓRICO

La unidad de cuidados intensivos en los últimos 50 años ha sido el lugar donde se han manejado las patologías críticas de los pacientes. Este contexto representa la mayor capacidad de monitorización, estudios imagenológicos avanzados, procedimientos invasivos, tratamientos de soporte (cardiovascular, respiratorio, renal, nutricional, entre otros) y respuesta inmediata del personal de salud. Dado los avances en diferentes disciplinas que han nutrido la medicina, el progreso tecnológico ha llevado a que se realicen diferentes estudios clínicos que han tenido impacto en la sobrevivencia de los pacientes en estado crítico como son el manejo de las sepsis, las enfermedades cardiovasculares, la insuficiencia renal aguda, el trauma y el manejo de las enfermedades neurológicas severas.

Todas estas entidades patológicas pueden en algún momento requerir de diferentes tipos de terapias de mantenimiento como es la del soporte nutricional artificial (otro gran avance terapéutico en la medicina convencional). Esta estrategia está basada en la administración de nutrientes al sistema orgánico dependiendo de sus necesidades, variables intrínsecas del paciente, la patología crítica de base y el cambio de estas características en el tiempo. Esto se puede realizar usando o no el sistema gastrointestinal como vía de alimentación, que en caso de inhabilitación se podría administrar por vía endovenosa (dadas las características del paciente en ese momento).

La valoración nutricional inicial es el pilar fundamental para establecer un plan de soporte alimenticio. Una de las características más importantes en su estudio es el gasto energético basal, ya que a partir de este resultado se inicia una cadena de eventos para establecer en forma definitiva cuanta energía en forma de alimento un paciente requiere

para el mantenimiento de sus funciones orgánicas mientras enfrenta una patología determinada.

El establecimiento del gasto energético se puede realizar por la medición sobre el paciente (calorimetría indirecta) o por medio de predictores aritméticos. El propósito de este estudio es comparar estas medidas para determinar la correlación de sus resultados y establecer el método que podría ser el más apropiado en pacientes ventilados en la unidad de cuidado intensivo.

Nutrición en Cuidados Intensivos

La nutrición ha sido uno de los pilares básicos como estrategia en el mantenimiento y fortalecimiento de la salud en los seres humanos. En la enfermedad este tópico toma aun más importancia, dado que se depende de esta para poder sobrellevar esta condición en la fase aguda y en la convalecencia. Gracias a la aparición de la nutrición artificial, se ha podido establecer una nueva perspectiva en el aporte de nutrientes en diferentes situaciones patológicas. Una de las más importantes es la nutrición de los pacientes de cuidados intensivos, dado que el aporte energético es la base para el funcionamiento vital de la economía, en una situación de condiciones tan adversas como es la etapa crítica de la enfermedad.

Para desarrollar un plan de soporte nutricional, se requiere la evaluación del gasto energético. El paciente crítico presenta un reto clínico dado que los requerimientos energéticos en esta población son muy variables por múltiples circunstancias; y la inexactitud de este cálculo puede producir condiciones deletéreas que pueden empeorar la entidad clínica de base. Por ejemplo, la subalimentación del paciente crítico está asociado al retraso en la curación de la herida quirúrgica, a la disfunción orgánica múltiple, al aumento del riesgo de infecciones y al aumento de la mortalidad de los pacientes⁶; y la sobrealimentación está relacionada con hiperglicemia, incremento de la producción de dióxido de carbono, falla respiratoria y esteatosis hepática, entre otras muchas características adversas para el paciente⁷.

Cuando se evalúa el gasto energético de los pacientes en cuidados intensivos, es importante entender los conceptos básicos de la dinámica energética. El gasto energético se define como una suplencia constante de energía que debe alcanzar las demandas del

cuerpo de adenosina trifosfato (ATP). La energía se suministra a través de la oxidación de macronutrientes que dan como resultado dióxido de carbono, agua y calor. Este calor en forma de ATP es usado por los tejidos para lograr sus demandas metabólicas. El gasto energético total está determinado por diferentes condiciones: el gasto energético basal, el efecto termogénico de la alimentación, la actividad física, las condiciones críticas del paciente y el uso de medicamentos empleados en el manejo usual del cuidado crítico.

El gasto energético basal corresponde a la actividad mínima de procesos metabólicos que ocurren en el cuerpo; y en los pacientes hospitalizados comúnmente se refiere al gasto energético de reposo^{8, 9}. El gasto energético de reposo fundamentalmente se emplea para el funcionamiento celular de las bombas iónicas, la degradación de constituyentes celulares y las reacciones metabólicas cíclicas de los sistemas biomoleculares⁹.

El más fuerte determinante del gasto energético es la masa libre de grasa por su significativa actividad metabólica. Otros factores que influyen en esta son la edad, el género, la temperatura, la función tiroidea y el proceso patológico¹⁰. La actividad física en el paciente crítico y sus efectos en el gasto energético total se relacionan con las actividades del cuidado de enfermería y la fisioterapia que pueden alcanzar un aumento del 10% del gasto energético total. Otra condición que incrementa este, es la presencia de convulsiones o actividad postural tónica, las cuales pueden hacer que se requiera un adicional de 20% a 30% de calorías por encima del gasto energético de reposo.

El efecto térmico de la comida comprende la energía requerida para digestión de nutrientes, la absorción, hidrólisis y regeneración de los sustratos. Esta característica corresponde de un 8% a un 10% del gasto energético total, pero, ocurre principalmente con los métodos de nutrición artificial en bolos; siendo que la infusión continua de nutrientes no contribuye significativamente al incremento del gasto energético de reposo correlacionado al nivel de ayuno¹¹.

El proceso de enfermedad del paciente crítico puede afectar directa o indirectamente el gasto energético total. Los mecanismo directos incluyen: la estimulación del sistema nerviosos simpático que conllevan a un aumento en la entrega y utilización de oxígeno en los tejidos y concomitantemente a un aumento en la temperatura corporal. Los mecanismos indirectos corresponden a efectos de desacoplamiento en el metabolismo para la producción de la energía (ácido tricarbónico y fosforilación oxidativa), metabolismo ineficiente (ciclos metabólicos fútiles de poca producción energética, como diabetes Mellitus y acidosis metabólica) y a la liberación de las hormonas contrareguladoras (cortisol, glucagón, interleukina 1, factor de necrosis tumoral, entre otros) que incrementan ciclos catabólicos como gluconeogénesis, glicogenólisis y lipólisis¹². Diferentes agentes farmacológicos, como son la morfina y los agentes paralizantes musculares, han demostrado disminuir el gasto energético total hasta en un 20%¹³. La elevación de la temperatura incrementara el gasto energético total aproximadamente en un 13%¹².

Métodos Para Evaluar Gasto Energético

La valoración del requerimiento energético en los pacientes críticos constituye una de las más amplias y variadas prácticas para determinar el soporte nutricional. Los métodos empleados generalmente dependen de la disponibilidad de equipo tecnológico y la experiencia clínica. Cualquiera que sea el método escogido es importante recordar que una evaluación seriada del gasto energético es importante para establecer los cambios de requerimientos en el estado clínico actual del paciente.

A continuación una descripción de los más utilizados:

Calorimetría Indirecta

La calorimetría indirecta se describe como la prueba de oro para evaluar el gasto energético total de los pacientes críticos¹⁴. La metodología de la medición, se fundamenta en la oxidación fisiológica de los macronutrientes; por cada sustrato como combustible, una cantidad conocida de oxígeno se requiere para su oxidación; y una cantidad conocida de calor en la forma de oxígeno y dióxido de carbono es generada¹³. El gasto energético de reposo puede ser calculado indirectamente con la medición del consumo de oxígeno y la producción de dióxido de carbono. Estos se obtienen mediante la medición de gases inspirados y espirados en un minuto de ventilación. El cálculo del gasto energético en reposo a partir del consumo de oxígeno y la producción de dióxido de carbono se logra usando la ecuación de Weir, en donde se usan valores constantes en equivalentes calóricos de oxígeno para cada sustrato¹⁵.

La calorimetría indirecta puede medir el gasto energético en pacientes ventilados mecánicamente o en respiración espontánea. La medida en los pacientes ventilados ofrece la mayor exactitud debido a que no existen las posibles variables de confusión que se pueden encontrar en los pacientes respirando espontáneamente¹⁶. Se deben tener en cuenta varias condiciones en la realización de la calorimetría indirecta para minimizar el riesgo de mediciones inválidas, como es la calibración de los gases¹⁷, el mantenimiento de un estado estable¹⁸ y el momento oportuno de medición¹⁹.

Otras condiciones que permiten la validez de la calorimetría indirecta son: requerimiento de fracciones inspiradas de oxígeno menores del 60%, sistema ventilatorio sin fugas y ausencia de terapia hemodialítica¹⁶. La interpretación de la calorimetría indirecta depende de todos los factores mencionados anteriormente, requiriendo que el cociente respiratorio obtenido se encuentre dentro del rango fisiológico calculado que está entre 0.63 a

1.3²⁰. Una vez que la validación de la prueba es fidedigna, el gasto energético total se puede calcular adicionándole un 10% a la medida del gasto energético basal²¹. En pacientes en quienes se realiza desbridamiento de heridas u otro procedimiento de alto estrés, un 15% se debe adicionar a la medida energética del gasto basal. La repetición de la calorimetría indirecta se debe obtener cuando hay un cambio el estado clínico (estado hemodinámico, fiebre y estado posoperatorio, entre otros).

Método de Fick

En algunos pacientes críticos inestables, se requiere de la monitoria de un catéter de arteria pulmonar para guiar las decisiones terapéuticas. Este dispositivo ofrece la posibilidad de calcular el consumo de oxígeno y de esta manera estimar el gasto energético basal. Esto se realiza basado en la ecuación de Fick y el valor calórico conocido del oxígeno (4.86 Kcal/L). Utilizando el gasto cardiaco, el nivel de hemoglobina, la saturación arterial y venosa mixta de oxígeno, y el consumo de oxígeno se puede calcular el gasto energético basal²². Se sugiere su uso cuando la calorimetría indirecta tiene limitaciones como las expuestas anteriormente. Errores potenciales en la medida pueden ocurrir con una técnica inapropiada en la obtención del gasto cardiaco (especialmente con cambios en el ciclo respiratorio) y su variabilidad en diferentes contextos clínicos.

Una desventaja de este método es la estandarización de un cociente respiratorio fijo (0.85), lo cual no refleja la realidad del contexto de un estado crítico; y la observación que el gasto energético derivado de la calorimetría es aproximadamente 10% mayor al derivado de la ecuación de Fick²³. Por lo cual diferentes autores han concluido que la calorimetría indirecta es el método preferido para medir el consumo de oxígeno y determinar el gasto energético.

Ecuaciones Predictivas

Son los métodos más comúnmente usados para determinar el gasto energético en la unidad de cuidado intensivo, ya que han demostrado ser las más convenientes por la facilidad de su uso y su muy bajo costo. Los componentes para su uso se obtienen de los datos clínicos del paciente. Existen múltiples ecuaciones de evaluación como son: Ireton-Jones²⁴, Swinamer²⁵, Frankenfield²⁶ y Harris Benedict²⁷, entre otros. Esta última se expone como referencia del presente estudio. Desarrollada por Harris y Benedict, es la

más usada y mencionada técnica para valorar el gasto energético. Se desarrollo para establecer una estandarización de línea de base, comparando el gasto energético basal de individuos con diferentes estados patológicos²⁸.

La ecuación fue desarrollada a través de análisis de regresión de medidas por calorimetría indirecta obtenidas de un total de 136 hombres y 103 mujeres (voluntarios sanos, edad promedio 27-31 años, IMC 21-22 respectivamente, reflejando sujetos jóvenes y delgados), desarrollando ecuaciones separadas por genero, con una correlación entre el gasto energético predicho y medido de 0.75 para hombres y 0.53 para mujeres²⁸.

Gráfico 1. Ecuación Harris-Benedict²⁸.

HOMBRE	$66.47 + 13.75(W) + 5.00(H) - 6.75(A)$
MUJER	$655.09 + 9.56(W) + 1.85(H) - 4.68(A)$
W = peso en kilogramos	
H = estatura en centímetros	
A = edad en años	

Para esta ecuación se debe tener un componente adicional de estudio con relación a los cambios en el gasto energético durante varios estados clínicos, para poder estimar la totalidad del gasto energético. Long et al, en 1979²⁹ identificó porcentajes específicos por encima del gasto energético basal que estimaban la variación sobre el gasto energético total relacionados a un estado clínico en particular. Recomendaciones recientes en base a la actividad metabólica y factores de injuria, han estimado un nuevo modelo para el gasto energético total, por encima del basal³⁰.

Tabla 1. Factores predictores para estimar el gasto energético³¹

Clinical Status	Factor
Simple starvation	0.85
Elective operation	1.05 - 1.15
Sepsis	1.2 - 1.4
Closed head injury	1.3
Multiple trauma	1.4
Systemic inflammatory response syndrome	1.5
Major burn	2.0

Harper et al, en 1995 publica guías de manejo para predecir gasto energético en pacientes con trauma craneoencefálico cerrado.

Tabla 2. Guías para predecir el gasto energético en pacientes con TCE cerrado³²

Clinical Status	Guideline
Seizures / posturing	Increase 20% to 30% over standard estimates
Nonsedated coma	140% of Harris - Benedict BEE
Pentobarbitol coma	100% to 120% of Harris - Benedict BEE
Afebrile non - ICU patients	120% to 130% of Harris - Benedict BEE
Standard head injury range	120% to 140% of Harris - Benedict BEE

Estudios de Evaluación de los Métodos para Determinar el Gastos Energético

Se han desarrollado estudios comparando el método de Fick o las ecuaciones predictivas en relación a la calorimetría indirecta, de los cuales se han obtenido resultados variables. En 1994, Osborne et al³³ comparan el gasto energético por calorimetría indirecta, la ecuación de Fick y la ecuación de Harris Benedict con un factor de ganancia del 10 y el 30% en 25 pacientes de postoperatorio de cirugía torácica. El gasto energético por la ecuación de Fick fue significativamente menor que el obtenido por calorimetría indirecta ($p < 0.05$). El gasto energético predicho por la ecuación de Harris Benedict no fue signi-

ficativamente al gasto energético medido. Los autores recomiendan que la educación de Harris- Benedict pudiera ser la primera opción en el cálculo del gasto energético cuando la calorimetría indirecta no sea una opción viable.

Esta población estudiada se limitaba a pacientes en posoperatorio quirúrgico torácico que requerían catéter de arteria pulmonar; reflejando que no se considera el representativo estándar de la población de pacientes críticos en una unidad de cuidados intensivos general. Amato et al³⁴ en 1995 midió el gasto energético con calorimetría indirecta y comparo los resultados con múltiples ecuaciones predictivas de gasto energético en 113 pacientes obesos ($145 \pm 21\%$ peso corporal inicial), ventilados en cuidados intensivos. Los resultados de la medida directa y las ecuaciones predictivas fueron comparados por correlación y por límites de acuerdo, para establecer comparativamente el método más adecuado.

Todos los métodos estudiados confirman una correlación significativa con el relación al gasto energético medido por calorimetría exceptuando la ecuación de Ireton- Jones, por lo cual los autores sugieren que el uso de esta ecuación está limitada como valoración inicial en este tipo de pacientes y que la calorimetría indirecta es la opción preferible en la valoración del gasto energético en los pacientes crítico obesos. Flancbaun et al³⁵ comparo el gasto energético de reposo por calorimetría indirecta con el método de Fick y las ecuaciones predictivas (Harris Benedict, Ireton – Jones, Frankenfield y Fusco) en 36 pacientes críticos de unidad de cuidado intensivo. Todos los métodos comparados tenían poca correlación con el gasto energético medido que alcanzo a ser hasta más del 80%.

Los autores concluyeron que en la población de pacientes estudiados en la unidad de cuidado intensivo fueron significativamente diferentes contribuyendo a la pobre correlación con el gasto energético basal; sugiriendo que la calorimetría indirecta podría ser un componente integral en lo regímenes de soporte nutricional de las unidades de cuidados intensivos.

Decisiones Clínicas a Partir de la Medición del Gasto Energético

Se ha documentado de manera extensa que el uso de la calorimetría indirecta es el método más adecuado para realizar la valoración del gasto energético en pacientes críticamente enfermos^{14, 18,19}; tecnología que hasta hace poco no estaba disponible como herramienta en la valoración inicial del soporte nutricional en las unidades de cuidados

intensivos de la Fundación Santa Fe de Bogotá (Unidad de Cuidado Intensivo Médico y quirúrgico). Si la calorimetría indirecta está disponible para el clínico esta debería ser la primera opción cuando se elige un método para valorar el gasto energético.

Lamentablemente no a todos los pacientes críticos se les realiza un test de calorimetría indirecta (ya sea para establecer o no el inicio de soporte nutricional) dada la complejidad de múltiples características de esta población y su aplicación clínica. Por lo que en la historia de la unidad de cuidado intensivo de esta institución, solo se podían hacer valoraciones a partir de ecuaciones predictivas del gasto energético. Es importante tener presente que hay condiciones específicas del paciente que invalidan los resultados (ej. $FiO_2 < 60\%$). A continuación se describen las características más deseables para poder realizar la medición de la calorimetría indirecta, ya que los resultados con ecuaciones predictivas estándar son imprecisos.

Tabla 3. Indicaciones para la valoración de la calorimetría indirecta.³⁶

Patients with altered body composition
Underweight
Obese
Limb amputation
Peripheral edema
Ascites
Severe hypoalbuminemia
Difficulty weaning from mechanical ventilation
Patients s/p organ transplant
Patients with sepsis or hyperdynamic state
Hypercatabolic states
Pancreatitis
Trauma
Burns
Acute respiratory distress syndrome
Postoperative complications
Failure to respond to standard nutrition support

La calorimetría indirecta es un procedimiento de alta tecnología que requiere que el clínico este bien entrenado en la realización del test y la interpretación de sus resultados. Sin el adecuado entrenamiento y experiencia en esta área, la medición precisa del gasto energético por calorimetría indirecta será limitada²⁰. Cuando la calorimetría indirecta no es una opción el método de Fick (requerimiento de catéter de arteria pulmonar) y las

ecuaciones predictivas pueden ser usadas, sabiendo que se puede sobrestimar o subestimar el valor gasto energético basal.

Como ya se menciono previamente los estudios comparando ecuaciones predictivas con la calorimetría indirecta ha mostrado resultados conflictivos debido a su metodología (población, diseño de estudio, numero de muestra y métodos estadísticos), por lo cual un estudio comparativo entre la calorimetría indirecta y la ecuación predictiva más utilizada en las unidades de cuidados intensivos a nivel mundial, Harris Benedict ¹³, es importante para poder establecer la correlación de las mismas como primer paso en el desarrollo de un plan de soporte nutricional en los pacientes críticos teniendo presente que sus resultados están ligados directamente al estado clínico para ese momento del paciente. Ya que se presente un cambio continuo del estado de los pacientes, siempre se debe realizar una revaloración del gasto energético para tratar de condicionar una terapéutica acorde con las necesidades que se requieran.

METODOLOGÍA

Tipo de Estudio

Estudio descriptivo, de corte transversal y de correlación.

Población Objetivo o Universo

Adultos masculinos y femeninos que ingresaron a la Unidad de Cuidados intensivos de la Fundación Santa Fe de Bogotá entre el 5 de marzo al 20 de abril de 2012, que estuvieron en ventilación mecánica y que cumplieron los Criterios de Selección.

Sujetos de estudio: Sujetos que cumplan con los Criterios de Selección.

Muestra y Muestreo

Al tratarse de un estudio con población limitada y con poco tiempo para el reclutamiento de la muestra, se reclutaron todos los individuos que aceptaran la participación en el estudio por medio de la firma del consentimiento informado y que cumplieran con los criterios de selección.

Criterios de Selección

Criterios de Inclusión

- Edad mayor de 18 años.
- Pacientes con 24 horas de intubación y ventilación mecánica (con un ventilador que tenga el Software de calorimetría indirecta).
- Tener consentimiento informado firmado acerca de la participación en el estudio. (familiar o paciente). (Anexo II).

Criterios de Exclusión

- Pacientes con Índices de Masa Corporal < 18 o > 35 .
- Inestabilidad hemodinámica dada por: Tensión arterial media < 65 mm Hg.
- Inestabilidad respiratoria dada por: $SO_2 < 88\%$ o $FIO_2 > 0.6$ o $PaO_2 < 60$ mm Hg o $PaCO_2 > 45$ mm Hg.
- Infusión de carbohidratos > 15 Kcal/Kg/Día.
- Fugas de aire por el ventilador y por drenaje de neumotórax.
- Diagnostico de cetoacidosis diabética o intoxicación por alcohol.

Materiales y Métodos

El proyecto se desarrollo en 3 fases que abarcan el diseño de protocolo y herramientas de recolección de información y consentimiento informado, recolección de la información y por último se consolido, analizo y elaboro los resultados.

FASE I:

El presente protocolo será presentando al jefe del departamento de las Unidades de Cuidados Intensivos, Doctor Edgar Celis, y al comité de Ética de la Fundación Santa Fe de Bogotá para su aprobación y ejecución.

Luego de la aprobación se realizara socialización del objeto del estudio al grupo de soporte metabólico y nutricional (médicos, enfermeras y nutricionistas) de las unidades para solicitar su colaboración en la búsqueda de los potenciales candidatos a participar en el estudio e informar a los investigadores encargados, quienes tiene la obligación de evaluar el ingreso al estudio.

FASE II:

Una vez seleccionado el paciente (cumplen con los criterios de selección, ver Anexo I), se realizara la lectura y firma del consentimiento informado por parte de los familiares del paciente autorizando el uso de la información (Anexo II).

Posteriormente se tomaran los datos del estado clínico del paciente entre las 8am y las 10am, diligenciando el Anexo III, de la siguiente forma: primero, se obtendrá información de la historia clínica; segundo, se obtendrá la información que da el ventilador Calorimetria Indirecta y otras variables; tercero, se calcula ecuación predictiva a partir fórmula de Harris-Benedict para el mismo paciente (Anexo VI).

El formato debe ser completamente diligenciado y firmado por la persona que lo realice, posteriormente el formato será guardado en la carpeta del estudio.

FASE III:

Esta fase tendrá una duración de 1 meses, donde se realizara la consolidación de la información, análisis descriptivo, cualitativo y estadístico de las variables, elaboración de las conclusiones y resultados de estudio.

Captura Electrónica de Datos

El ingreso de los datos para la creación de la Base de Datos de este protocolo se realizara con el programa Excel 2007 y luego se utilizara el programa SPSS17 para el análisis estadístico.

Plan de Análisis:

Se realizo una descripción de las variables demográficas y del estado de los pacientes por medio de proporciones y medidas de tendencia central, posteriormente se realizo un análisis estadístico bivariado, con el fin de evaluar la correlación entre los métodos, se realizo el Coeficiente de Correlación de Pearson debido que los datos tiene una distribución normal.

Definiciones Operacionales de las Variables

Variable	Definición Operativa	Naturaleza	Tipo	Valores
Edad	Años Cumplidos desde el nacimiento a la fecha del estudio	Cuantitativa	Independiente	
Género	Sexo del paciente	Cualitativa	Independiente	Masculino = 1 Femenino = 2
Peso	Medida antropométrica indicador de la masa y volumen corporal de una persona kilogramos (kg)	Cuantitativa	Independiente	
Talla	Mide el crecimiento lineal en de la persona en centímetros (cm)	Cuantitativa	Independiente	
IMC (Índice de masa Corporal)	$IMC = \text{Peso} / \text{estatura en metros}^2$	Cuantitativa	Independiente	
RASS	Escala de sedación y analgesia	Cualitativa / ordinal	Independiente	1= +4,+3,+2,+1 (agitado) 2 = 0 (tranquilo y alerta) 3 = -1,-2,-3 (sedación leve) 4 = -4,-5 (sedación profunda)

Variable	Definición Operativa	Naturaleza	Tipo	Valores
Gasto energetico basal Harris-Benedict	Ecuación predictiva del gasto energético basal (Kcal)	Cuantitativa	Dependiente	
Gasto energetico basal	Dispositivo que calcula por los gases inspirados	Cuantitativa	Dependiente	
Factor de estrés	% adicional que se debe agregar a una ecuación predictiva de gasto energético basal (según el estado clínico del paciente)	Cualitativa	Independiente	1= <1 2= >1 y <2 3= >2
Gasto energético total predictivo	El gasto energético basal (HB) por el factor de estrés	Cuantitativa	dependiente	
Diagnostico principal de Ingreso UCI	Motivo medico por el cual el paciente ingresa a la UCI	Cualitativa	Independiente	0= Accidental 1= Post-cirugía 2= Enf. Respiratoria 3= Enf. Cardiovascular 4= Enf. Neurológica 5= Neoplasias Malignas 6= Sepsis
Antecedentes médicos relevantes	Patologías previas al ingreso de las unidades de cuidados intensivos	Cualitativa	Independiente	Si la respuesta es sí: 1= Cáncer 2= VIH 3= Falla Renal 4= Falla Hepática 5= Autoinmunidad
Modo de Ventilación	Manera por la cual el ventilador le administra los gases a un paciente	Cualitativa	Independiente	1=Controlada 2=Asistida-Controlada 3=Bilevel 4=APRV 5= SIMV +PS
PEEP	Presión positiva al final de la espiración	Cuantitativa	Independiente	
APACHE II	Sistema de clasificación de severidad de enfermedad critica tomado al ingreso de la UCI	Cuantitativa	Independiente	
Tensión Arterial	Fuerza con que la sangre presiona el árbol arterial, a la hora del diligenciamiento del formato de recolección	Cuantitativa	Independiente	

Variable	Definición Operativa	Naturaleza	Tipo	Valores
Frecuencia cardiaca	Número de veces que el corazón late por minuto, a la hora del diligenciamiento del formato de recolección	Cuantitativa	Independiente	
Frecuencia respiratoria	Número de veces que se respira por minuto, a la hora del diligenciamiento del formato de recolección	Cuantitativa	Independiente	
Temperatura	Magnitud referida a las nociones de caliente o frío en Grados centígrados, a la hora del diligenciamiento del formato de recolección	Cuantitativa	Independiente	
Saturación de oxígeno	Porcentaje de oxígeno unido a la hemoglobina, a la hora del diligenciamiento del formato de recolección	Cuantitativa	Independiente	
Uso de medicamentos	Grupo al que corresponde los fármacos utilizados en el tratamiento del paciente en la UCI	Cualitativa	Dependiente	Si la respuesta es sí: 1 = Opioides 2 = Inotrópicos / Vasopresores 3 = Antibióticos 4= Todos 99 = 0
Tipo de Nutrición	Aumentar la sustancia del cuerpo animal o vegetal a través del alimento	Cualitativa	Dependiente	1= Enteral 2=Parenteral 3=Ninguna

Consideraciones Éticas

Este estudio se considera como una investigación de riesgo mínimo (resolución número 8430 de 1.993) al ser un estudio prospectivo que emplea el registro de datos de la historia clínica y del tratamiento rutinario del paciente. También se realizará informará a los acudientes del paciente las consideraciones y condiciones del estudio, se aclararan las preguntas y se solicitará el consentimiento informado para el ingreso al estudio de acuerdo al formato (ver Anexo II).

Se garantiza la confidencialidad de los pacientes incluidos. También se garantiza que los investigadores poseen la competencia técnica requerida para este estudio y que disponen de herramientas necesarias para el cuidado y utilización de los datos de investigación.

CRONOGRAMA

FASES	ACTIVIDADES	2010 - 2011	2012				
			Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Fase I	Diseño de Protocolo de investigación	X					
	Sometimiento a aprobación del protocolo de investigación Comité de Ética FSFB	X					
	Socialización del estudio al grupo de soporte metabólico y nutricional de la UCI de la FSFB	X					
Fase II	Selección de pacientes según criterios de inclusión y exclusión		X	X	X		
	Firma de Consentimiento Informado		X	X	X		
	Recolección de Información de Historia Clínica		X	X	X		
Fase III	Consolidación de la Información		X	X	X		
	Análisis y resultados de los datos				X	X	
	Entrega del Trabajo Final					X	

PRESUPUESTO

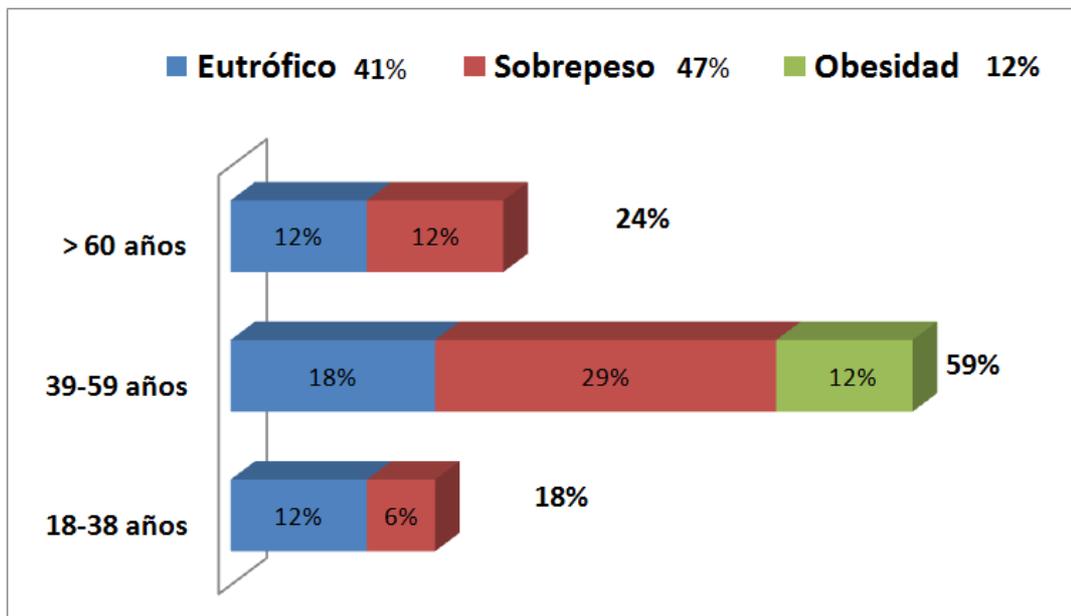
INVESTIGADOR/ EXPERTO/ AUXILIAR	FORMACIÓN ACADEMICA	FUNCIÓN DENTRO DEL PROYECTO	DEDICACIÓN Horas	HONORARIOS COLCIENCIAS	TOTAL
Dr. José Javier Espinosa	MD. Internista/ Intesivista	Investigador	160	\$ 6.000.000,00	\$ 6.000.000,00
Dr. Arturo Vergara	Cirujano General/ Soporte Metabólico y nutricional	Investigador	72	\$ 6.000.000,00	\$ 2.700.000,00
Dra. Diana Landaeta	MD. Epidemióloga Clínica	Acesor	64	\$ 4.500.000,00	\$ 1.800.000,00
	Estadístico	Acesor	24	\$ 4.100.000,00	\$ 615.000,00
	Nutricionistas	Colaboradores	80	\$ 2.500.000,00	\$ 1.250.000,00
MATERIALES					\$ 700.000,00
TRANSPORTE					\$ 500.000,00
TOTAL			400		\$ 13.565.000,00

RESULTADOS

La investigación fue un estudio, descriptivo, de corte transversal y de correlación, con una población de 17 pacientes, de los cuales un 35% (6) eran mujeres y un 65% (11) eran hombres.

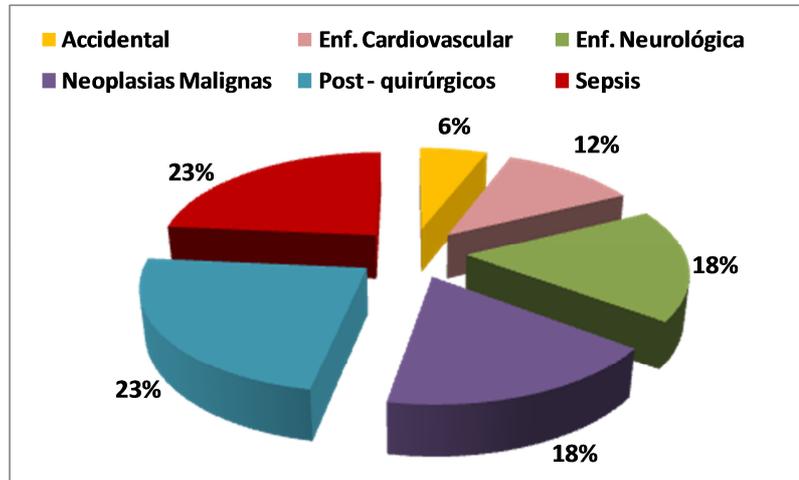
La mayoría de los pacientes se encontraban entre el rango de edad de los 39 a los 59 años en un 59% (10), seguido por los rangos de edad entre los 18 a 38 con un 18% (3) y los mayores de 60 años con un 24% (4), con un promedio de edad de 54 años. El estado nutricional de los pacientes tenían un peso adecuado (eutrófico) en un 41%, el 47% presentaban sobrepeso y el 12% obesidad, (Ver Gráfico No. 3).

Gráfico 2. Proporción de los rangos de edad Vs estado nutricional



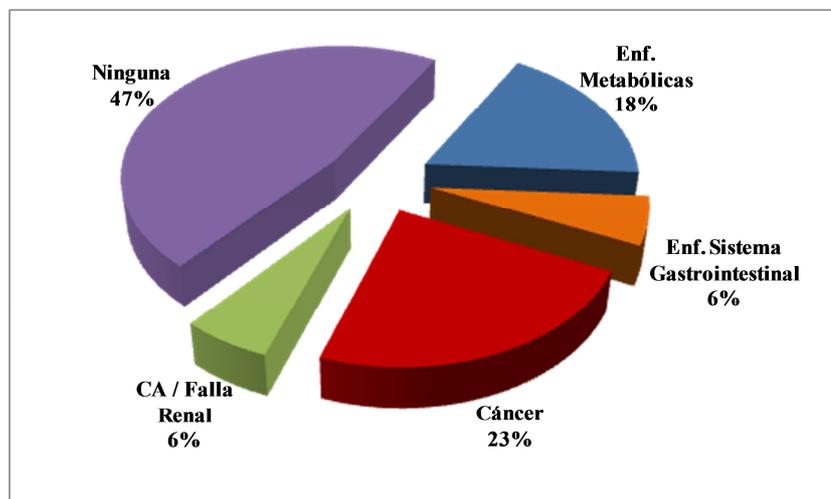
Según la clasificación de los diagnósticos de ingreso a UCI, la mayoría fueron por Neoplasias Malignas y Sepsis cada una con un 25%, seguidos por las Enfermedades Cardiovasculares y Post quirúrgicos con un 17% cada uno, y por último las Enfermedades Neurológicas y por Accidentes en un 8% cada uno, (Ver Gráfico No. 4).

Gráfico 3. Proporción diagnóstico de ingreso a UCI



Dentro de las enfermedades relevantes en los antecedentes de los pacientes en un 23% eran el Cáncer, le seguían las Enfermedades Metabólicas como la Diabetes Mellitus, las Dislipidemias e Hipotiroidismo con un 18%, seguido por las Enfermedades del sistema Gastrointestinal (Reflujo Gastro-Esofágico) y el Cáncer con Falla Renal, (Ver, Gráfico No. 5).

Gráfico 4. Proporción de Antecedentes Relevantes



Según el sistema de clasificación de severidad de la enfermedad crítica APACHE II tomado al ingreso a la UCI, los pacientes presentaban un riesgo de mortalidad menor del 50%, (Ver Tabla No.4).

Tabla 4. Proporción de la severidad de la enfermedad crítica según APACHE II

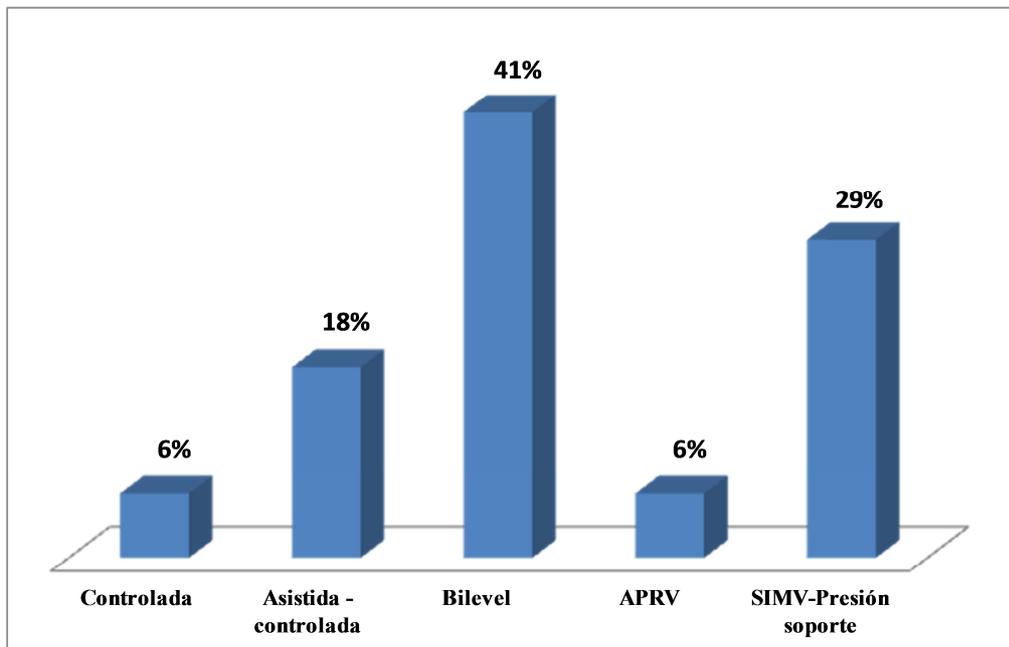
APACHE II		
Probabilidad de Mortalidad	No. Pacientes	%
4	2	12
8	7	41
15	3	18
25	3	18
40	2	12
Total	12	100

Los grupos de medicamentos con los que se estaba tratando a los pacientes fueron todos los Medicamentos (Opioides, Inotrópicos, Vasopresores y Antibióticos) en un 29%, con solo manejo con Opioides un 35 % y el 35% no tenía ningún medicamento.

Los pacientes se encontraban sin nutrición en un 65%, con nutrición Parenteral en un 23% y con nutrición Enteral en un 12%.

En un 41% de los pacientes presentaban ventilación Bilevel, le siguen los pacientes con la ventilación SIMV – Presión soporte en un 29%, los pacientes con ventilación Asistida – controlada en un 18%, y por último los pacientes con ventilación Controlada y ventilación APRV fueron los de menor proporción en un 6% cada uno, (Ver Gráfico No. 8).

Gráfico 5. Proporción del modo de la ventilación de los pacientes en UCI



Se determino el gasto energético basal de los pacientes ventilados de la Unidades de Cuidados Intensivos de la Fundación Santa Fe de Bogotá, por medio de la Calorimetría Indirecta y la ecuación de Harris-Benedict, (Ver Tabla No. 5).

Tabla 5. Resultados del cálculo del Gasto Energético Basal

	Calorimetria Indirecta	Harris - Benedict
1	2700	1912
2	1290	1769
3	1800	1445
4	2793	1793
5	1350	1341
6	1684	1430
7	1897	1586
8	1900	1674
9	1718	1827
10	1930	1644
11	1350	1214
12	1250	1370
13	2130	1967
14	2122	1722
15	1732	1551
16	1243	828
17	2212	2003

Para identificar la normalidad de los datos se realizo la prueba de Shapiro - Wilk en SPSS 17 ya que son pocos datos (< 30), los resultados para la ecuación de Harris - Benedict fue de $P = 0,401$ y para la Calorimetría Indirecta fue de $P = 0,165$ los datos de, ambos valores de P son mayores a $0,05$, por lo que se acepta la hipótesis nula (H_0) de la normalidad, por lo que probablemente los datos tengan una distribución normal y por tal motivo, se realizo la prueba estadística de Correlación de Pearson, la cual dio una $p = 0,002$, al ser una valor menor al de significancia de $0,05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna la cual dice que los resultados de la ecuación predictiva del gasto energético de Harris-Benedict se correlacionan con los resultados de la Calorimetría Indirecta en la medición del gasto energético basal, de los pacientes con ventilación mecánica de las Unidades de Cuidados Intensivos de la Fundación Santa Fe de Bogotá, el valor de prueba de Pearson fue de $0,700$ al ser un valor cercano a 1 se puede inferir la posibilidad de una buena correlación entre los datos de ambas ecuaciones.

DISCUSIÓN

El manejo en cuidados críticos cada vez es más exigente a medida que se obtienen nuevos conocimientos sobre el comportamiento de las enfermedades y las interacciones de los diferentes factores del medio que rodea al individuo, este trabajo está dirigido a evaluar dos herramientas utilizadas en las UCI, para predecir el gasto energético basal, con el fin de determinar el mejor manejo y suplencia de nutrientes de los pacientes hospitalizados, conociendo que un inadecuado aporte nutricional puede llevar a complicaciones que incrementan la mortalidad y aumentar los costos de la atención en salud.

Que la muestra estudiada es pequeña (17 pacientes), los resultados del estudio es de gran utilidad para aumentar la crítica por parte de los profesionales de salud hacia las nuevas tecnologías entrantes, las herramientas y tratamientos para las distintas enfermedades emergentes, además de estimular la práctica clínica basada en la evidencia.

La muestra de estudio fue seleccionada a conveniencia, obteniendo una proporción de hombres mayor (65%) que el de las mujeres (35%), la edad promedio fue de 54 años, las enfermedades predominantes de ingreso a UCI de la Fundación Santa Fe de Bogotá según la clasificación, en su mayoría se debieron a Sepsis y Post-quirúrgicos en un 47%, seguidas por las Neoplasias Malignas y Sistema Neurológico en un 35%, y por último las Enfermedades Cardiovasculares con un 12% y por Accidentes con un 6%. Dentro de los antecedentes relevantes se encontró en un 23% el Cáncer, seguido por las Enfermedades Metabólicas en un 18%, Enfermedades Gastrointestinales en un 6% y Cáncer con Falla Renal en un 6%, hay que resaltar que un 47% de los pacientes no referían antecedentes relevantes para su tratamiento.

El manejo de estos pacientes en la UCI se caracterizó tener una ventilación mecánica Bilevel (41%), seguida por SIMV-PS, Asistida-Controlada y Controlada, y por último los modos de ventilación Controlada y APRV. En la mayoría de la muestra no se encontraban con ningún tipo de nutrición (65%), el 23% recibía nutrición parenteral y un 12% nutrición enteral; con tratamiento farmacológico compuesto por Antibióticos, Opioides, Vasopresores e Inotrópicos; El cual es un manejo convencional en las UCI.

Luego de haber descrito el estado de los pacientes de la muestra estudiada, se puede observar que todos se encontraban con un estado clínico estable, con un riesgo de mortalidad menor al 50%, se encontró una correlación buena (Pearson =0.700 y $p = 0.002$) entre los resultados de las ecuaciones de Harris-Benedict y Calorimetría Indirecta, es decir que aunque el estándar de Oro es la Calorimetría Indirecta, los resultados de ambas ecuaciones son similares para pronosticar el gasto energético basal, por lo tanto al ser utilizadas conjuntamente se puede tener mayor seguridad en la toma de decisiones en el manejo y tratamiento de los pacientes en la UCI. Sin embargo este estudio está limitado

por el número de pacientes participantes, por lo que se sugiere realizar más estudios similares para obtener una mejor evidencia.

CONCLUSIONES

La población de la muestra al momento del ingreso al estudio, sin desvalorar su condición crítica presentaba un estado clínico estable, con manejo médico usual, patologías conocidas y habituales en las UCI, y una proporcionalidad entre hombres y mujeres, que pudieran comprometer o sesgar los resultados.

Por lo anteriormente descrito se puede concluir que los resultados obtenidos por las ecuaciones de Harris-Benedict y Calorimetría Indirecta, para predecir el gasto energético basal de los pacientes en manejo en la UCI, presentan una relación lineal y proporcionalidad entre los datos, es decir, los valores de una vara sistemáticamente con respecto a los valores de su homónima, sin olvidar que esto no signifique que haya una relación de causalidad.

Como bien fue descrito anteriormente, la ecuación de Harris-Benedict es una herramienta de fácil aplicación por el equipo de soporte nutricional y metabólico, a demás, de ser más conocida por el personal de salud, en comparación con la Calorimetría Indirecta la cual es una herramienta nueva en la UCI de la Fundación Santa Fe de Bogotá (ingresó en enero de 2012), y con requerimientos de entrada para la aplicación en el manejo de los pacientes, como es la capacitación previa del personal de salud; por lo anterior, es de utilidad continuar calculando el gasto energético basal con la ecuación de Harris-Benedict, en el contexto en el cual no se posea el equipo para realizar calorimetría indirecta (ya que esta herramienta es la prueba de oro), ya que se demostró en este estudio una buena correlación, entre las herramientas y así asegurar un adecuado manejo del paciente. No obstante se requiere de estudios de mayor escala para establecer que esta correlación se mantiene en grupos poblacionales más grandes.

El incremento en la demanda de servicios con mayor tecnología en el tratamiento de los pacientes, enfrenta al personal de salud para ser mas critico en el uso de la nueva tecnología, que no siempre son las más costo/efectivas en el manejo de los pacientes, por tal motivo es importante incentivar la crítica por parte del personal de salud, con el fin de adoptar la práctica clínica basado en la evidencia y según el lugar donde se encuentre.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kinney JM. Metabolic responses of the critically ill patient. *Critical Care Clinic* 1995; 11:569–86.
2. Barton RG. Nutrition support in critical illness. *Nutritional Clinical Practice* 1994; 9:127–39.
3. Feurer I, Mullen JL. Bedside measurement of resting energy expenditure and respiratory quotient via indirect calorimetry. *Nutrition Clinical Practice* 1986; 1:43–9.
4. Ultman JS, Bursztein S. Analysis of error in the determination of respiratory gas exchange at varying FiO₂. *J Applied Physiology* 1981; 50:210–6.
5. Daly JM, Heymsfield SB, Head CA, et al. Human energy requirements: overestimation by widely used prediction equation. *Am J Clinical Nutrition* 1985; 42:1170–4.
6. Albina JE. Nutrition and wound healing. *JPEN* 18:367–376, 1994.
7. Fuhrman, MP. Management of complications of parenteral nutrition. IN *Contemporary Nutrition Support Practice: A Clinical Guide*, Matarese LE, Gottschlich MM (eds). WB Saunders, Philadelphia, 1998, pp 243–263.
8. Molina P, Burzstein S, Abumrad NN. Theories and assumptions on energy expenditure. *Crit Care Clin* 11:587–601, 1995.
9. McClave SA, Snider HL. Understanding the metabolic response to critical illness: Factors that cause patients to deviate from the expected pattern of hypometabolism. *New Horizons* 2:139–145, 1994.
10. Fung EB. Estimating energy expenditure in critically ill adults and children. *AACN Clin Iss* 11:480–497, 2000.
11. McClave SA, Snider HL. Use of indirect calorimetry in clinical nutrition. *Nutr Clin Pract* 7:207–221, 1992.
12. Dubois EF. The basal metabolism in fever. *JAMA* 77:352–357, 1921.
13. Frankenfield D. Energy dynamics. IN *Contemporary Nutrition Support Practice: A Clinical Guide*, Matarese LE, GottschlichMM (eds). WB Saunders, Philadelphia, 1998, pp 79–95.
14. McClave SA. Should predictive equations or indirect calorimetry be used to design nutrition support regimens? *Nutr Clin Pract* 13:141–145, 1998.

15. Am J Physiol, Mansell PI, Macdonald IA. Reappraisal of the Weir equation for calculation of metabolic rate. Department of Physiology and Pharmacology, Queen's Medical Centre, Nottingham, United Kingdom. 1990 Jun; 258(6 Pt 2):R1347-54
16. McArthur C. Indirect calorimetry. *Resp Clin North Am* 3:291–307, 1997.
17. Campbell RS, Branson RD, Burke WC, Covington J. AARC Clinical Practice Guideline: Metabolic measurement using indirect calorimetry during mechanical ventilation. *Resp Care* 39:1170–1175, 1994.
18. Mullen JL. Indirect calorimetry in critical care. *Proc Nutr Soc* 50:239–244, 1991.
19. Ireton-Jones CS. Indirect calorimetry. IN *Dietitian's Handbook of Enteral and Parenteral Nutrition*, Skipper A (ed). Aspen Publishers, Gaithersburg, MD, 1998, pp 148–164.
20. Porter C, Cohen N. Indirect calorimetry in critically ill patients: Role of the clinical dietitian in interpreting results. *J Am Diet Assoc* 96:49–57, 1996.
21. Weissman C, Kemper M, Damask MC, et al. Effect of routine intensive care interactions on metabolic rate. *Chest* 86:815–818, 1984.
22. Smithies MN, Royston B, Makita K, Konieczko K, Nunn JF. Comparison of oxygen consumption measurements: indirect calorimetry versus the reversed Fick method. *Crit Care Med* 1991; 19:1401–6.
23. deBoisblanc BP, McCalrity E, Lord K. Oxygen consumption in the intensive care unit: Indirect calorimetry is the way to go, but where? *Crit Care Med* 26:1153–1154, 1998.
24. Ireton-Jones CS, Turner WW, Liepa GU, et al. Equations for the estimation of energy expenditures in patients with burns with special reference to ventilatory status. *J Burn Care Rehabil* 13:330–333, 1992.
25. Swinamer DL, Grace MG, Hamilton SM, et al. Predictive equation for assessing energy expenditure in mechanically ventilated critically ill patients. *Crit Care Med* 18:657–661, 1990.
26. Frankenfield DC, Omert LA, Badellino MM, et al. Correlation between measured energy expenditure and clinically obtained variables in trauma and sepsis patients. *JPEN* 18:398–403, 1994.
27. Harris JA, Benedict FG. *Biometric Studies of Basal Metabolism in Man*. Publication 270. Carnegie Institution of Washington, Washington DC, 1919.

28. Frankenfield DC, Muth ER, Rowe WA. The Harris-Benedict studies of human basal metabolism: History and limitations. *J Am Diet Assoc* 98:439–445, 1998.
29. Long CL, Schaffel N, Geiger JW, et al. Metabolic response to injury and illness: Estimation of energy and protein needs from indirect calorimetry and nitrogen balance. *JPEN* 3:815–818, 1979.
30. Shronts EP, Fish JA, Hammond KP. Nutrition assessment. IN *The A.S.P.E.N. Nutrition Support Practice Manual*, Sauba WW (ed). A.S.P.E.N., Silver Spring, MD, 1998, pp 1-5–1-17.
31. Ireton-Jones CS, Turner WW, Liepa GU, et al. Equations for the estimation of energy expenditures in patients with burns with special reference to ventilatory status. *J Burn Care Rehabil* 13:330–333, 1992.
32. Harper R, Magnuson BA, Laon T. Nutrition support for traumatic brain injury. *Support Line* 17:12–16, 1995.
33. Osborne, BJ, Saba AK, Wood SJ, et al. Clinical comparison of three methods to determine resting energy expenditure. *Nutr Clin Pract* 9:241–246, 1994.
34. Amato P, Keating KP, Quercia RA, et al. Formulaic methods of estimating calorie requirements in mechanically ventilated obese patients: A reappraisal. *Nutr Clin Pract* 10:229–232, 1995.
35. Flanchbaum L, Choban PS, Sambucco S, et al. Comparison of indirect calorimetry, the Fick method and prediction equations in estimating the energy requirements of critically ill patients. *Am J Clin Nutr* 69:464–466, 1999.
36. Brandi LS, Bertolini R, Calafa M. Indirect calorimetry in critically ill patients: Clinical applications and practical advice. *Nutrition* 13:349–358, 1997.

ANEXO I

“COMPARACION ENTRE LA CALORIMETRIA INDIRECTA Y LA ECUCACION PREDICTIVA DE HARRIS-BENEDICT PARA DETERMINAR EL GASTO ENERGÉTICO BASAL DE PACIENTES VENTILADOS EN LAS UNIDADES DE CUIDADOS INTENSIVOS DE ADULTOS EN LA FUNDACIÓN SANTA FÉ DE BOGOTÁ”		
Fecha		
Nombre del paciente		CC
Criterios de Inclusión		
	SI	NO
Edad mayor de 18 años		
Pacientes con 24 horas de intubación y ventilación mecánica (con un ventilador que tenga el Software de calorimetría indirecta).		
Consentimiento informado firmado		
Criterios de Exclusión		
Índice corporal < 18 o > 35		
Tensión arterial < 65 mm Hg		
SO ₂ < 90%		
FIO ₂ > 0.6		
PaO ₂ < 60 mm Hg		
PaCO ₂ > 45 mmHg		
Infusión de carbohidratos > 15 Kcal/Kg/Día		
Fugas de aire por el ventilador y por drenaje de neumotórax		
Cetoacidosis diabética		
Intoxicación por alcohol.		

ANEXO II

FUNDACION SANTA FE DE BOGOTA

PROCESOS DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

“COMPARACION ENTRE LA CALORMIETRIA INDIRECTA Y LA ECUCACION PREDICTIVA DE HARRIS-BENEDICT PARA DETERMINAR EL GASTO ENERGÉTICO BASAL DE PACIENTES VENTILADOS EN LAS UNIDADES DE CUIDADOS INTENSIVOS DE ADULTOS EN LA FUNDACIÓN SANTA FÉ DE BOGOTÁ”

Cordial saludo,

El objetivo del presente documento, es invitarlo a participar en la investigación dirigida por parte del Dr. José Javier Espinosa, la cual conforma su tesis de grado, requisito para la obtención del grado de especialización en Medicina Critica y Cuidado Intensivo.

Mediante esta investigación queremos comparar la evaluación del gasto energético en reposo de un individuo que se encuentra en ventilación mecánica, por medio de una forma aritmética, versus la medición que puede realizar un aparato (calorímetro) destinado para tal fin; para encontrar que grado de correlación existe entre estos 2 resultados.

Su participación es muy valiosa, ya que nos permitirá concluir cual de los dos métodos empleados para medir el gasto energético basal es el más efectivo para brindar un consumo adecuado de nutrientes.

Las conclusiones derivadas de este estudio podrán influenciar en el futuro, una mejor forma de medir el gasto energético mejorando la nutrición del paciente ventilado, disminuyendo su estancia en las Unidades de Cuidados Intensivo y generando un impacto costo efectivo favorable.

Este es un estudio de bajo riesgo que no lo pondrá a usted en ningún peligro. Si acepta participar en el estudio, una persona perteneciente al equipo de investigación, realizara las mediciones necesarias preestablecidas en un tiempo no mayor a 30 minutos. En lo restante su atención no se verá incomodada de ninguna otra manera. Las mediciones se realizaran de manera estándar a los procedimientos de este hospital y no afectara en ningún momento su tratamiento o procedimiento.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto, puede hacer preguntas en cualquier momento durante su participación al Dr. José Javier Espinosa R.M. 253216-06 al teléfono 3202318745 o dirigirse al Comité de Ética en la investigación de la Fundación Santa Fe de Bogotá.

La participación en este estudio es estrictamente voluntaria y la información que se recoja será confidencial no será usada para ningún otro propósito fuera de los de esta investigación.

Si decide no participar en el estudio, no hay ningún problema. Los exámenes que le sean ordenados por su médico tratante junto con el tratamiento formulado, se practicarán de la forma usual como la Fundación Santa Fe de Bogotá los hace y su atención médica no se verá afectada en ningún momento.

Agradezco su participación.

Nombre

Firma del participante

Representante Legal

Testigo I

Investigador Principal

Fecha

ANEXO III

Formato de recolección de variables del estudio

“COMPARACION ENTRE LA CALORMETRIA INDIRECTA Y LA ECUCACION PREDICTIVA DE HARRIS-BENEDICT PARA DETERMINAR EL GASTO ENERGÉTICO BASAL DE PACIENTES VENTILADOS EN LAS UNIDADES DE CUIDADOS INTENSIVOS DE ADULTOS EN LA FUNDACIÓN SANTA FÉ DE BOGOTÁ”	
Nombre: _____	Identificación (cc) : _____
Harris-Benedict : _____	Factor de estrés: _____
Gasto Energético Total Predictivo: _____	Calorimetría Indirecta: _____
Edad: _____	
Género: Masculino Femenino	
Índice de Masa Corporal (IMC= Peso /estatura en metros ²): _____	
RASS: -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4	
Diagnostico principal de Ingreso UCI: _____ Cod. CIE 10 _____	
Postquirúrgico Respiratorio Cardiovascular Neurológico Sepsis	
Antecedentes médicos relevantes: (marque con una X)	
Cáncer (SI / NO) VIH (SI / NO) Falla renal (SI / NO) Falla hepática (SI / NO)	
Enfermedad autoinmune (SI / NO) Cual? _____	
b. Otros: _____	
Modo ventilación: _____	PEEP: _____
Controlada Asistido-Controlada Bilevel APRV SIMV + Presión soporte	
APACHE II:	
Signos Vitales: Tensión Arterial: _____ Frecuencia Cardíaca: _____ Frecuencia respiratoria: _____	
SO ₂ : _____ Temperatura: _____	
Uso medicamentos: Opioides (SI / NO) Inotrópicos/Vasopresores (SI / NO)	
(si marca si subrayar el medicamento)	
Tipo de Nutrición: Enteral Parenteral Ninguna	
Gases Arteriales: pH pCO ₂ pO ₂ HCO ₃	
Fecha y Hora de registro: _____	
Nombre quien diligencia: _____	Cargo: _____

ANEXO IV

Escala RASS de sedación-agitación (de Richmond)

- [+4] Combativo. Ansioso, violento
- [+3] Muy agitado. Intenta retirarse los catéteres, el tubo orotraqueal, etc.
- [+2] Agitado. Movimientos frecuentes, lucha con el respirador
- [+1] Ansioso. Inquieto, pero sin conducta violenta ni movimientos excesivos
- [0] Alerta y tranquilo
- [-1] Adormilado. Despierta a la voz, mantiene los ojos abiertos >10 seg.
- [-2] Sedación ligera. Despierta a la voz, no mantiene los ojos abiertos más de 10 seg.
- [-3] Sedación moderada. Se mueve y abre los ojos a la llamada, no dirige la mirada
- [-4] Sedación profunda. No responde a la voz, abre los ojos a la estimulación física
- [-5] Sedación muy profunda. No respuesta a la estimulación física

ANEXO V

Escala APACHE II

Puntuación APACHE II									
APS	4	3	2	1	0	1	2	3	4
Tª rectal (°c)	> 40,9	39-40,9		38,5-38,9	36-38,4	34-35,9	32-33,9	30-31,9	< 30
Pres. arterial media	> 159	130-159	110-129		70-109		50-69		< 50
Frec. cardíaca	> 179	140-179	110-129		70-109		55-69	40-54	< 40
Frec. respiratoria	> 49	35-49		25-34	12-24	10-11	6-9		< 6
Oxigenación: SI FIO2 ≥ 0.5 (AaDO2) SI FIO2 ≤ 0.5 (paO2)	> 499	350-499	200-349		< 200				
pH arterial	> 7,69	7,60-7,69		7,50-7,59	7,33-7,49	61-70	7,25-7,32	7,15-7,24	< 7,15
Na plasmático (mmol/l)	> 179	160-179	155-159	150-154	130-149		120-129	111-119	< 111
K plasmático (mmol/l)	> 6,9	6,0-6,9		5,5-5,9	3,5-5,4	3,0-3,4	2,5-2,9		< 2,5
Creatinina * (mg/dl)	> 3,4	2-3,4	1,5-1,9		0,6-1,4		< 0,6		
Hematocrito (%)	> 59,9		50-59,9	46-49,9	30-45,9		20-29,9		< 20
Leucocitos (x 1000)	> 39,9		20-39,9	15-19,9	3-14,9		1-2,9		< 1
Suma de puntos APS									
Total APS									
15 - GCS									
EDAD	Puntuación	ENFERMEDAD CRÓNICA		Puntos APS (A)	Puntos GCS (B)	Puntos Edad (C)	Puntos enfermedad previa (D)	Total Puntos APACHE II (A+B+C+D)	
≤ 44	0	Postoperatorio programado	2						
45 - 54	2	Postoperatorio urgente o Médico	5						
55 - 64	3								
65 - 74	5								
≥ 75	6								
Enfermedad crónica:									
Hepática: cirrosis (biopsia) o hipertensión portal o episodio previo de fallo hepático Cardiovascular: Disnea o angina de reposo (clase IV de la NYHA) Respiratoria: EPOC grave, con hipercapnia, policitemia o hipertensión pulmonar Renal: diálisis crónica Inmunocomprometido: tratamiento inmunosupresor inmunodeficiencia crónicas									

ANEXO VI

Ecuación Harris- Benedict.

HOMBRE $66.47 + 13.75(W) + 5.00(H) - 6.75(A)$

MUJER $655.09 + 9.56(W) + 1.85(H) - 4.68(A)$

W = peso en kilogramos

H = estatura en centímetros

A = edad en años