

REQUERIMIENTO ENERGÉTICO EN PACIENTES EN ESTADO CRÍTICO

Dra. María Dolores Flores Solís

Tutora de la Especialidad en Nutriología Clínica, Facultad de Salud Pública y Nutrición, UANL.

Jefe del Servicio de Nutrición Enteral y Parenteral

Hospital General Dr. Miguel Silva, SS Michoacán

Docente e Investigador de Tiempo Completo

Facultad de Enfermería, U.M.S.N.H.

Introducción

La malnutrición en el paciente crítico es un problema común y su consecuencia más importante es el aumento en la morbilidad y mortalidad, la cual se ha asociado con una mayor incidencia de infecciones, retraso en los procesos de cicatrización de los tejidos, disminución en la funcionalidad muscular, aumento de la estancia hospitalaria y mayores costos en la atención. (1) Con el propósito de disminuir el riesgo de malnutrición en estos pacientes, el soporte nutricional (SN) es fundamental y debe ser parte de su manejo integral. En la unidad de cuidados intensivos (UCI), el Soporte Nutricional especializado debe estar a cargo del equipo multidisciplinario que implemente los protocolos desde la selección del paciente hasta el control ambulatorio. (2)

La calorimetría Indirecta (CI), es el método considerado, en la clínica, como el “estándar de oro”, (3) para obtener los requerimientos energéticos de estos pacientes en estado crítico. Presenta varios problemas cuando se quiere una CI (equipamiento costoso, tiempo para realizar las mediciones, experiencia y falta de disponibilidad en la mayoría de las unidades) y no está disponible en todas las Unidades. Además, intenta predecir el gasto energético total a partir de mediciones entre 5 y 30 minutos, habiéndose demostrado variaciones del mismo de hasta el 20% a lo largo del día. De esta forma deberemos añadir un 15-20% al gasto energético en reposo para calcular el gasto energético total. Más exacto es mantener las mediciones durante 24 horas para conocer el gasto energético total por medio de CI. (4)

La Calorimetría Indirecta (CI) es un método que permite estimar el gasto metabólico de forma indirecta mediante el estudio del intercambio gaseoso, midiendo el consumo de oxígeno (VO_2) y la producción de CO_2 (VCO_2). Esta metodología puede ser de dos tipos: calorimetría indirecta circulatoria y calorimetría indirecta ventilatoria. La primera requiere de la determinación del oxígeno en la sangre arterial y venosa mixta, mediante la inserción de un catéter Swan-Ganz, mientras que en la segunda, el paciente requiere respirar aire a una concentración determinada, a través de una boquilla cerrando la nariz con una pinza, a través de una mascarilla, tubo oro-traqueal/ traqueostomía o una caperuza, también llamado

canopy. Debido a que es menos invasiva, es más utilizada la ventilatoria, que a su vez se divide en circuitos abiertos (Deltatrac, MCOVX, bolsa Douglas) o cerrados (Body-Gem, MedGem), según la metodología del instrumento de medición. (5)

El paciente en estado crítico presenta una enfermedad aguda o crónica reagudizada que provoca un daño que va desde la limitación funcional de uno o más órganos hasta la muerte. Los pacientes con lesiones graves como quemaduras, traumatismo, y los que tienen infección documentada (sepsis), presentan una sucesión de trastornos progresivos que se reflejan en anomalías clínicas, hemodinámicas, metabólicas y funcionales que se conoce como la respuesta inflamatoria. (6) Cuando la inflamación aparece en áreas diferentes al sitio de la lesión afectando también tejidos sanos se le llama síndrome de respuesta inflamatoria generalizada (SRIG), que se caracteriza por liberación de citoquinas, enzimas, radicales libres tóxicos y activación de la cascada de complemento. Además, se producen otros cambios como disfunción endotelial progresiva con aumento de la permeabilidad capilar, llevando a alteración de los mecanismos de vasodilatación y vasoconstricción, responsables de la muerte por choque en muchos de los pacientes.

El síndrome de respuesta inflamatoria sistémica (SIRS) se caracteriza por hipermetabolismo, gasto cardíaco alto, consumo bajo de oxígeno, saturación alta de oxígeno en sangre venosa, acidosis láctica y balance de líquidos positivo que se acompaña de edema y disminución aguda de las proteínas circulantes. Una de las hipótesis del origen de este proceso es la falla de la barrera intestinal que permite el paso de las bacterias a los ganglios linfáticos mesentéricos para luego entrar al torrente sanguíneo y colonizar a distancia; a pesar de que esto no se ha demostrado en humanos, es claro, que existe una alteración en la relación simbiótica entre las bacterias intestinales y el huésped, ocasionada por la falta de nutrientes en la luz intestinal, la isquemia mesentérica provocada por la enfermedad o el tratamiento con fármacos vasoactivos que causan cambios en la flora intestinal. (7)

En pacientes en los que se determina el gasto energético mediante calorimetría indirecta CI, se recomienda comenzar con un aporte energético alrededor del 80% durante los primeros 7-10 días tras la fase de estabilización, dado lo próximo que están al gasto energético en reposo y el gasto energético total durante esta primera fase. Posteriormente se debería aumentar el aporte energético pero sin sobrepasar en las primeras semanas el 120-130% del gasto energético medido, dado el aumento del mismo durante la segunda semana y la fase de convalecencia. En pacientes con desnutrición previa importante y sin altos niveles de agresión, se pueden utilizar aportes en el rango más alto. En pacientes donde no se pueda medir el gasto energético son aplicables las recomendaciones de las guías que nos proporcionan: ACCP- ASPEN, SEMICYUC-SENPE, ESPEN, CRITICAL CARE. Estas Recomendaciones abarcan todo tipo de paciente crítico, estando contempladas diferentes situaciones clínicas y metabólicas, por lo que no son muy ajustadas. (8)

La literatura incluye más de 200 fórmulas para estimar el gasto energético (GE), ninguno de los cuales han demostrado una buena correlación con las mediciones realizadas por CI. Sin embargo, se recomienda su uso cuando no se puede realizar calorimetría. Para seleccionar la fórmula más adecuada, debe considerarse el tipo de pacientes de la evaluación (IIb). Un estudio ha sido publicado recientemente, que incluye a 202 pacientes críticos que reciben ventilación mecánica en comparación con CI utilizando diferentes fórmulas para el cálculo de base del GE. Los autores concluyeron que la fórmula de *Penn State*, proporciona una evaluación más precisa de la tasa metabólica en los pacientes críticamente enfermos con ventilación mecánica (Ib).

Ecuación de *Penn State*, Harris-Benedict $(0,85) + VE (33) + T_{max} (175) - 6433$.

(Peso actual. VE = volumen L/min, según el registro del ventilador. T_{max} = temperatura máxima, en grados centígrados, en las 24 horas previas según la gráfica del paciente). Por lo cual se requiere contar que el paciente este dependiente del ventilador.

Otro es el método de Fick un método alternativo para el cálculo del gasto-energético a partir de la medición del gasto cardiaco, la concentración de hemoglobina y la concentración de O₂ en sangre arterial y venosa mezclada, por lo que se necesita tener insertado un catéter de termo-dilución. En la literatura médica, mientras unos trabajos evidencian una alta correlación con la calorimetría indirecta otros no la encuentran, este método no ha mostrado una buena correlación con la calorimetría y raramente se utiliza en la práctica diaria (III). (9)

Método de Fick para el cálculo del Gasto energético (GE)

$$GE = GC \times Hb (Sa O_2 - Sv O_2) 95,18$$

Donde:

- GC: gasto cardiaco
- Hb: concentración de hemoglobina sanguínea
- Sa O₂: saturación arterial de oxígeno
- Sv O₂: saturación venosa de oxígeno

Todos los métodos han demostrado una correlación pobre con el GE medido, con sobreestimación en el 80% de los casos, por lo que se considera que los pacientes críticamente enfermos son a menudo una población diferente que la utilizada como base para esta fórmula.

La correlación no es buena debido a las múltiples variables del paciente crítico (III). Varios estudios muestran que no hay buena correlación entre la ingesta de una cantidad fija de calorías (25 kcal/kg/día) y calorimetría indirecta CI (IIa), para obtener mejores resultados con este último.

En el 2009 se publicaron los resultados de un estudio en el cuál se realizó CI en una población de 202 adultos críticos, bajo ventilación mecánica. Posteriormente se calculó el gasto energético con las siguientes ecuaciones: Penn State, Swinamer, Ireton-Jones, Mifflin, Mifflin x 1.25, HB x 1.25, HB con peso ajustado y HB con peso ajustado x 1.25. (10)

Penn State University (PSU). Fue formulada en una población de 169 adultos que se encontraban en terapia intensiva. Los datos de CI fueron recolectados entre 1992 y 1997. Toma en cuenta variables de tamaño corporal para el cálculo del gasto energético basal, ya sea con la ecuación de HB o Mifflin, y variables de la respuesta inflamatoria como la ventilación por minuto y la temperatura corporal¹⁹. Su utilización no requiere ajustar el peso corporal, multiplicadores de estrés ni agregar el efecto térmico de los alimentos (ETA).

Swinamer. La ecuación data de 1990, fecha en la que se realizó un estudio en 112 adultos críticos de una región de Canadá.

Ireton- Jones. La ecuación de Ireton Jones, una de las más populares en pacientes críticos, data de 1992, como resultado de una investigación en 65 adultos estadounidenses en estado crítico. Esta fórmula tiende a sobreestimar el requerimiento energético en la población sin obesidad, y a subestimar en la población con obesidad.

En el estudio mencionado, se encontró que la ecuación de Penn State University, modificada por Mifflin St-Jeor era la que tenía mejor exactitud de la predicción (67%) sin embargo su utilización no es exacta en la población de adultos mayores con obesidad, población para la cual proponen otra fórmula. Esta propuesta fue validada en el 2010 en 55 adultos mayores, la cual es únicamente para individuos de más de 60 años con un IMC mayor a 30.

La primera versión ha sido validada para pacientes en coma barbitúrico¹⁰. Así mismo, ambas fórmulas son propuestas por las guías ASPEN para el manejo nutricional de los pacientes en estado crítico con obesidad. (12)

Una de las propuestas del artículo, y de interés para realizar el cálculo del gasto energético en individuos que no están bajo ventilación mecánica es utilizar la ecuación de Mifflin x 1.25, la cual tiene una menor exactitud de la predicción comparada con la fórmula de HB utilizando peso ajustado x 1.25, sin embargo, ésta tiende a sobreestimar los requerimientos de los pacientes. Cuando se utilizan estos tipos de factores de estrés, no es necesario incorporar el ETA. Otra propuesta realizada por Frankenfield y su equipo de trabajo, para estimar el gasto energético en individuos no críticos ha sido publicada, sin embargo aún no ha sido validada. (12)

Una de las desventajas de la fórmula de PSU es que en población con IMC <20.5 kg/m², la exactitud de la predicción es menor a 60%, razón por la cual se han propuesto dos ecuaciones modificadas a utilizar en esta población, sin embargo faltan estudios que validen su exactitud de la predicción. (11)

Existen algunas otras recomendaciones para estimar el peso corporal que se basan únicamente en el peso corporal; ASPEN recomienda de 20 a 35 kcal/kg en adultos, y de 11 a 14 kcal/kg de peso actual para el caso de los adultos críticos con obesidad, o bien realizar el cálculo con 22-25 kcal/kg de peso ideal. Mientras tanto, la ACCP recomienda 25 kcal/kg, sin embargo la utilización de las estrategias que se basan únicamente en la variable de peso no es recomendable en los pacientes en estado crítico. (12)

Las necesidades cambiarán según la fase metabólica donde el paciente este: fase catabólica o fase anabólica de recuperación. Si el GE no puede medirse, una fuente tan cerca como sea posible a los requisitos medidos por calorimetría indirecta en la fase inicial, se recomienda aumentar en las fases de convalecencia más avanzadas, basadas en estudios que muestran una mayor incidencia de infecciones en comparación con balance negativo de Calorías (III) y mejores resultados con un balance de calorías positivas (Ib). Algunos autores recomiendan suplementar con nutrición parenteral (PN) cuando los requisitos no cumplen (60-70% de alimentación enteral). (13) Un meta-análisis de estudios que compararon la nutrición enteral (EN) con nutrición mixta, aplicada desde la admisión del paciente, no muestra menor incidencia de complicaciones infecciosas, días de estancia en UCI y días de ventilación mecánica (Ia).

El peso a utilizar en la fórmula dependerá del índice de masa corporal (IMC). En pacientes con IMC < 18 kg/m² se recomienda usar el peso actual, para prevenir el síndrome de realimentación, y para el resto de los pacientes el peso antes de la agresión, como el peso actual muestra cambios importantes como resultado de la reanimación inicial. En los últimos años hipoalimentación permisiva durante las primeras fases del paciente crítico (18 kcal/kg peso corporal/día) se está convirtiendo en cada vez más aceptado (III), espera alcanzar el objetivo completo de los requisitos (25 kcal/kg/día) después de la primera semana. Los estudios recientes apoyan este enfoque de búsqueda de mejores resultados clínicos cuando la ingesta de calorías, durante los primeros días de la fase de catabolismo, es entre 33 y 66% de los requerimientos estimados (IIb). Suministros de baja energía estimada estarían asociadas con un mayor número de bacteremias (III) y más alto con complicaciones (IV). Sin embargo, esta recomendación no puede ser fundada sin un estudio prospectivo, que aún no está disponible. (14)

La glucosa sigue siendo el sustrato principal de calorías en pacientes críticamente enfermos. Una infusión de glucosa a 4 mg/kg/min sólo suprime la gluconeogénesis (50%) en el catabolismo de proteína en 10-15%, por lo que se recomienda no

administrar una fuente de glucosa superior a 4 g/kg/día. En general, los hidratos de carbono representan el 50% de las necesidades de energía globales, aunque este porcentaje puede variar dependiendo de factores individuales y la severidad de la agresión. Debido a la alimentación y el estrés metabólico, la hiperglucemia se produce y se ha asociado con pobre mejoría clínica (III). Múltiples estudios y meta-análisis (Ia) recomiendan mantener la glucemia en valores entre 140 y 180 mg/dL, con insulina si se supera este límite, aunque no existe consenso sobre el valor límite más adecuado. Los valores más altos estarían relacionados con peores resultados clínicos, particularmente en las complicaciones infecciosas. (15)

El soporte nutricional especializado (SNS) en pacientes críticamente enfermos ha sido una de las intervenciones terapéuticas más polémicas, y se ha dado preferencia a otros tratamientos que se consideraban más importantes para mejorar el curso clínico de estos pacientes. Sin embargo, en los últimos años numerosos ensayos clínicos han causado que esta situación cambie. Hay pruebas suficientes de que la desnutrición es un factor de riesgo independiente para morbilidad, con una tasa mayor de infecciones, estancia en UCI y hospitalaria, días de ventilación mecánica, dificultad para la cicatrización y mayor mortalidad. Al mismo tiempo, la evidencia sobre la eficacia y el impacto del apoyo nutricional para mejorar resultados en el curso clínico de estos pacientes ha aumentado en la última década. Además, es un tipo de pacientes que pueden experimentar cambios o complicaciones durante su curso que podrá modificar perceptiblemente su gravedad y por lo tanto su pronóstico y tratamiento.

Sin embargo, el término "paciente crítico" se refiere a un grupo de pacientes con diversas enfermedades, con respuestas metabólicas a veces muy diferentes o incluso opuestas, por lo que no se puede establecer recomendaciones generales para todos los pacientes admitidos a un departamento de medicina de cuidados intensivos o a otras unidades de cuidados críticos, cualquiera que sea la causa de la admisión. (15)

Debido a la alta prevalencia de obesidad en adultos, los médicos de asistencia de nutrición están encontrando un mayor número de pacientes obesos que requieren apoyo nutricional durante la hospitalización. El propósito de esta guía clínica es servir como un marco para el apoyo de nutrición y cuidado de pacientes adultos con obesidad.

Una revisión sistemática de la mejor evidencia disponible para responder a una serie de preguntas relativas al manejo del soporte nutricional en pacientes con obesidad, se llevó a cabo y evaluó usando conceptos adoptados en el grupo de trabajo de clasificación de recomendaciones, evaluación, desarrollo y evaluación. Un proceso de consenso, que incluye la consideración de la fuerza de la evidencia junto con los riesgos y beneficios para el paciente, se utilizó para desarrollar las recomendaciones de la pauta clínica antes de múltiples niveles de revisión interno y externo y la aprobación por la Junta Directiva de A.S.P.E.N. Preguntas: los

resultados clínicos (1) varían según los niveles de obesidad en pacientes críticos.
(16)

¿Los resultados clínicos varían según los niveles de obesidad en pacientes de UCI no críticamente enfermos u hospitalizados?

Pacientes críticamente enfermos con obesidad experimentan más complicaciones que los pacientes con niveles óptimos de IMC. Evaluación de nutrición y desarrollo de un plan de ayuda de nutrición se recomienda dentro de 48 horas de la admisión de UCI.

Todos los pacientes hospitalizados, independientemente del IMC, deben ser defendidos para riesgo de nutrición dentro de las 48 horas de admisión, evaluación de nutrición para los pacientes que se consideran en riesgo.

¿Cómo deben determinarse los requerimientos de energía en los pacientes obesos críticamente enfermos u hospitalizados no UCI?

En el paciente obeso crítico, si la calorimetría indirecta no está disponible, los requisitos de energía deben basarse en la ecuación predictiva de 2010 de la *Penn State University*, o la ecuación de Penn State modificada si el paciente tiene 60 años o más.

En el paciente obeso hospitalizado, si la calorimetría indirecta está disponible y las ecuaciones de la *Penn State University* no puede utilizarse, las necesidades de energía pueden estar basadas en la ecuación de Mifflin-St Jeor utilizando el peso corporal real.

¿Son los resultados clínicos mejores con dieta hipocalórica alta en proteínas en los pacientes hospitalizados con obesidad?

Los resultados clínicos son al menos equivalentes en pacientes con dieta de alto valor proteico e hipocalórica a aquellos con alto valor proteico. Un ensayo de dieta hipocalórica, alta en proteínas se sugiere en pacientes que tienen disfunción renal o hepática severa. Alimentación hipocalórica puede comenzar con 50-70% de las necesidades energéticas estimadas o <14 kcal/kg de peso real. Alimentación alta en proteínas puede comenzar con 1,2 g/kg peso real o 2-2.5 g/kg de peso corporal ideal, con el ajuste de la ingesta de proteína meta por los resultados de los estudios de balance de nitrógeno.

hipocalórica, alimentación baja en proteínas se asocia con resultados desfavorables. Se sugiere vigilancia clínica para suministro de proteínas adecuadas en pacientes que tienen disfunción renal o hepática severa.

¿En los pacientes obesos que han tenido un procedimiento quirúrgico restrictivo o malabsorción, se deben evaluar qué micronutrientes?

Pacientes sometidos a manga gástrica, bypass gástrico o Derivación Biliopancreática *switch* duodenal con aumento del riesgo de deficiencia de nutrientes. En pacientes agudo hospitalizados con la historia de estos procedimientos, se sugiere evaluación de evidencia de la depleción de hierro, cobre, zinc, selenio, tiamina, ácido fólico y vitaminas B12, D y repleción de estados carenciales. (16)

Son datos que apoyan esta recomendación, donde la ingesta de proteínas de 1.2 g/kg de peso real, (2 g/kg de peso corporal ideal) todos los días se administró a pacientes con dieta hipocalórica, o aporte eucalórico. Un estudio adicional en comparación con los requisitos de proteína basados en estudios de balance de nitrógeno por separado, para pacientes de UCI y pacientes fuera de la UCI. Los pacientes de la UCI requirieron de 2-2.5 g/kg/día y los pacientes fuera de la UCI 1.8-1.9 g/kg/d para el equilibrio de nitrógeno de enfoque con los requisitos más altos para aquellos con IMC > 40 kg/m². Estos estudios incluyeron pacientes de hasta 302 kg y con IMC de hasta 50,6 kg/m², sin embargo la mayoría de los sujetos estuvieron considerablemente por debajo de estos niveles. Los datos no se han encontrado para establecer metas de ingesta de nitrógeno razonable para los pacientes, más allá de estos límites. El balance de nitrógeno fue similar a este nivel de ingesta de proteínas si el consumo de energía es hipocalórica o eucalórica. Estas recomendaciones iniciales deben ajustarse mediante estudios de balance nitrogenado, con el objetivo de equilibrar el nitrógeno entre la ingesta y la excreción. (16)

La terapia nutricional en pacientes críticamente enfermos es de suma importancia para la recuperación y rehabilitación de estos. La nutrición juega un papel crucial en la disminución de la fase catabólica, que es sinónimo de enfermedad aguda. Como una de las mejores prácticas en pacientes que requieren de ventilación mecánica se recomienda iniciar nutrición enteral (NE) en las primeras 24-48 horas de su admisión. Sin embargo, el aporte óptimo de NE para obtener resultados clínicos positivos es aún controversial. Diversos estudios sugieren que un aporte por debajo de los requerimientos energéticos totales en cortos periodos (“subalimentación permisiva”) puede mejorar la condición del paciente, o al menos no causar daño. Otros estudios han demostrado mejoras en la evolución clínica del paciente con un déficit reducido de energía. En un estudio observacional dirigido por un balance negativo de energía se correlacionó con resultados indeseables, como: falla renal, sepsis y una tasa mayor de complicaciones (Heidegger et al), recientemente reportaron una disminución del riesgo de infecciones nosocomiales en pacientes que recibieron adecuadas cantidades de nutrición versus aquellos que recibieron solo el 77% de sus requerimientos energéticos.

La sobrealimentación también ha sido relacionada con complicaciones como azoemia, aumento en el tiempo de ventilación mecánica y alteraciones de la función hepática. Se han relacionado dichas complicaciones cuando se aporta más del 110% de los requerimientos energéticos como resultado de un incremento de la demanda metabólica asociada a un exceso de sustrato y un aumento de la producción de dióxido de carbono. Cada vez un mayor número de artículos apoyan la necesidad de valorar, monitorear y ajustar cuidadosamente las metas nutricionales de los pacientes para evitar complicaciones. El método para determinar los requerimientos energéticos en pacientes críticamente enfermos hoy en día es un tema en debate.

Muchos apoyan el uso de la calorimetría indirecta (CI) para calcular GEER, a través de la medición del volumen de oxígeno inspirado y dióxido de carbono expirado. Sin embargo, la validación de las mediciones de la CI en la práctica clínica siguen siendo cuestionadas, y algunos autores han disputado su efectividad. La incapacidad de distinguir puntualmente entre el uso de sustrato de forma endógena y exógena y lograr la estabilidad del paciente en la unidad de cuidados intensivos, son factores que cuestionan la precisión del uso de la CI. Sin embargo, la CI sigue siendo considerada como el “*Gold Standard*” para determinar el GEER en pacientes críticamente enfermos. En ausencia de CI, dietistas estiman el GEER de los pacientes con ecuaciones predictivas, que en general, fueron validadas en poblaciones de pacientes sanos y que se cuestionan para su uso en poblaciones de paciente en la unidad de cuidados intensivos (UCI). (17)

Se ha desarrollado una ecuación predictiva del nuevo (Gasto Energético Total) GET en la cohorte predictiva de pacientes con *t* medido (en kcal/Kg/d) como variable dependiente y como variables independientes diferentes factores conocidos que influyen el GET: edad, género, peso, altura y tipo de lesión. Las variables independientes continuas fueron categorizadas para simplificar la ecuación predictiva. El género femenino y la edad de más de 50 años, tienen el valor 1 en la ecuación de regresión múltiple. Altura y peso actual (en el día cuando se realizó la CI) fueron reemplazados por el IMC. (18)

Los pacientes fueron estratificados en categorías de IMC según los criterios de la OMS, de manera similar para el estudio de Zauner et al., las categorías de IMC tienen los siguientes valores en regresión lineal: peso normal (IMC 18.5-24.9) valor de 0, los obesos (BMI 25-29.9) de 1, obeso clase I valor (IMC 30-34.9) de clase 2 y obesa valor II (IMC 35-39.9) de 3. El tipo de lesión tenía un valor de 0 para los pacientes de trauma, un valor de 1 para pacientes médicos y un valor de 2 para los pacientes quirúrgicos en el análisis de regresión lineal. La ecuación predictiva fue:

$$\text{GETEP} = 33 - (3 \times E) - (3 \times \text{IMC}) - (1 \times G).$$

Dónde: E (edad en años): $\leq 50 = 0$; $> 50 = 1$.

IMC (kg /m²): 18.5- 24.9 = 0; 25-29.9 = 1; 30-34.9 = 2; 35-39.9 = 3.

G (género): hombre = 0; mujer = 1.

El sesgo (IC del 95%) entre el GET medido y el predicho fue de -0.1 (-1.0 a 0.7) kcal/ kg/día y los límites (2 DE) fueron -8.0 a 7.8 kcal/kg/d. El GET de la ecuación predictiva fue preciso (entre el 85% y el 115%) en el 73,6% de los pacientes.

En el análisis de regresión lineal, las variables independientes que entraron en la nueva ecuación predictiva TEE (en kcal/Kg/d) fueron edad, IMC y género ($r^2 = 0,37$, $p < 0.001$), cayó el tipo de lesión de la ecuación (Fig. 2 y tabla II). La nueva ecuación predictiva de la TEE en la cohorte de validación fue simplificada sin decimales como se muestra a continuación: $T = 33 - (3 \times A) - (3 \times \text{IMC}) - (1 \times G)$ donde: (años): $\leq 50 =$

0; > 50 = 1; IMC (Kg/m²): 18.5 – 24.9 = 0, 25 – 29.9 = 1, 30 – 34.9 = 2, 35 – 39.9 = 3; Género: masculino = 0, mujer = 1.

Tabla 2 Regresión lineal de la ecuación predictiva del Gasto Energético Total (GET)			
Variable	B	95% IC for B	p
Constante	33.01	-32.1 – 34.2	< 0.001
Edad, (≤50 años= 0; > 50 años = 1)	- 2.97	- 4.4 -- - 1.6	<0.001
Género, (Hombre=0; Mujer =1)	- 1.3	- 2.6 -- - 0.1	0.03
Índice de Masa Corporal *	- 3.1	- 3.9 -- - 2.2	<0.001

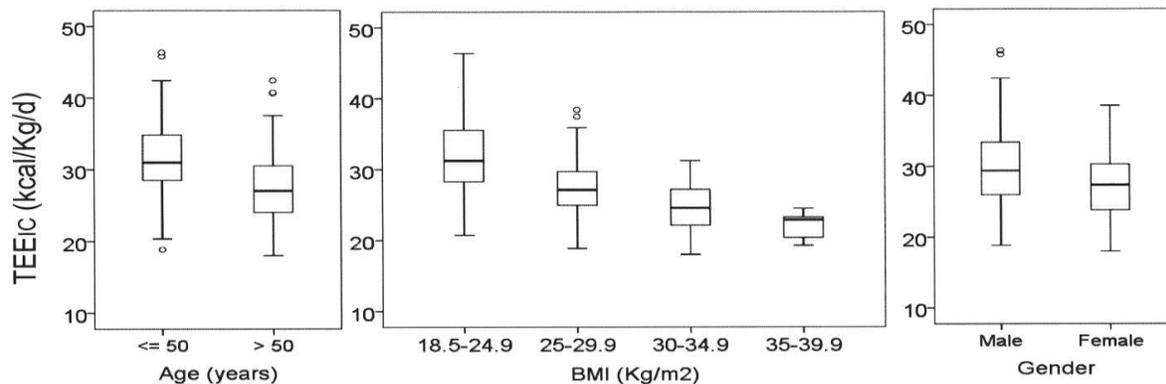


Figura 2: Gasto Energético Total medido por CI (GETCI) estratificado por IMC, edad ≤ 50 años o > 50 años de edad y género en 179 pacientes de la cohorte de predicción. Las líneas horizontales dentro de las cajas indican medianas, la parte inferior y superior, extremos de las cajas de los percentiles 25 y 75. Requisitos de energía óptima en pacientes críticamente enfermos están pendientes de un polémico tema. Diferentes estudios recientes demostraron una asociación entre el equilibrio de la energía negativa acumulada e infección nosocomial mayor y la mortalidad de UCI en pacientes críticamente enfermos con ventilación mecánica prolongada destacando la necesidad de una vigilancia estrecha de la ingesta de calorías y proteína. En este entorno, el concepto de "control de calorías" se presentó para evitar sobre y sub alimentación en estos pacientes.

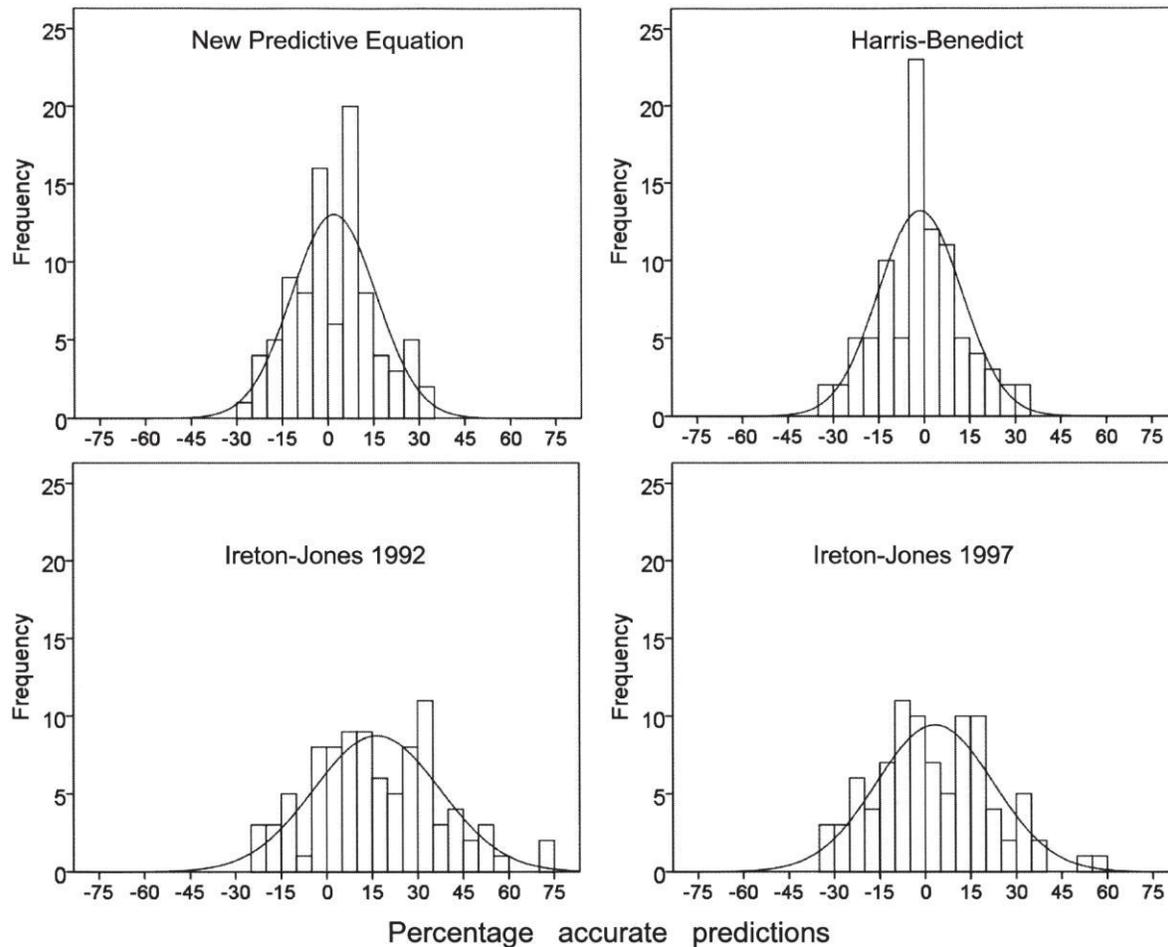
Validación de ecuación predictiva.

Las diferencias entre medición y predicción de la *t* por la ecuación de Harris-Benedict y la ecuación de Ireton-Jones 1997, fueron imparciales (IC del 95%), o por Ireton-Jones 1992, ecuación parcial (IC del 95%) (Tabla III). Los límites de acuerdo (diferencia de medias, 2 DE) entre medida y predicción del GET fueron ancho para todas las ecuaciones, sobre todo por las 2 ecuaciones de Ireton-Jones (tabla III).

Predicción del GET por la ecuación de nuevo y por la ecuación de Harris - Benedict (REE predijo un 30%) en 90% - 110% de la medida *t* en casi 55% de los pacientes y en 85% - 115% en casi 75% de los pacientes (Figura 3). Las ecuaciones de Ireton-Jones 1992 y 1997, tuvieron menor exactitud para predecir GET, dentro de 90-110%

de la medida t en solamente 29% y 36% de los pacientes y en 85-115% en 44% y 55% de los pacientes respectivamente (Figura 3)

Figura 3. — Porcentaje de predicción precisa de la t (cada barra representa un 5% de diferencia de medida t) con la nueva ecuación de predicción, la ecuación de Harris-Benedict y las 2 ecuaciones de Ireton-Jones.



En esta cohorte de pacientes la nueva ecuación predictiva de t tenía una exactitud aceptable en casi 74% de los pacientes. Sin embargo, debido a los grandes límites de acuerdo entre GET medido por CI y el GET predicho por la nueva ecuación, debe utilizarse con precaución en la práctica clínica. Lo mismo se aplica a la ecuación de Harris-Benedict aumentada en un 30%, mientras que la t predicha por las ecuaciones de Ireton-Jones, tuvo exactitud pobre y tenía límites muy grandes, por lo tanto, no debe utilizarse en pacientes críticamente enfermos con ventilación mecánica.

Una exactitud del 10% de ecuaciones predictivas del GET (dentro de 90-110%) en comparación con t medido por CI sería lo ideal. Sin embargo, teniendo en cuenta que la ecuación de Harris-Benedict es ampliamente aceptada, se estima el GER de 37

un sujeto normal con una precisión del 14%, los autores la consideraron aceptable en la práctica clínica habitual con una precisión del 15% (dentro de 85-115%).

Muchos factores influyen en el GET en pacientes críticamente enfermos, y todos ellos no se han tenido en cuenta en nuestra ecuación, porque el objetivo del estudio fue describir una ecuación simplificada para pacientes críticamente enfermos con ventilación mecánica. Los principales factores que modifican el GET en pacientes críticamente enfermos son:

- El envejecimiento. Hemos simplificado el efecto del envejecimiento en nuestra nueva ecuación predictiva de t con un límite de 50 años de edad, ya que la disminución progresiva de GER tiene un punto de interrupción para una más rápida declinación alrededor de 39 a 54 años de edad según género e IMC.
- Género. Encontramos que las mujeres tenían 1,3 kcal/Kg/día menos que los hombres, mucho más bajos que las 3,7 kcal/Kg/d en el estudio de (Drolz et al). Las causas pueden incluir el número uno de mujer y la potencial interacción entre la edad, el IMC y el sexo con el GER.
- Índice de masa corporal, altura y peso. Utilizamos el peso actual para calcular el IMC, ya que anteriormente se encontró que el GER en kcal/Kg/d es el mismo (27 ± 3 kcal/Kg/d) con alto y bajo peso. Las variaciones rápidas de peso fueron atribuibles a cambios agudos en el volumen de agua extracelular.
- Tipo de lesión. Como era de esperar, el tipo de lesión se cayó de la regresión lineal. Anteriormente encontramos que los pacientes críticamente enfermos con diferentes tipos de lesiones que reciben ventilación mecánica, tenían mediciones de GER similares cuando fueron emparejados según edad, género, peso, composición corporal y temperatura, como en la ecuación de Frankenfield. (18)

Conclusiones

Definir el requerimiento de Energía de un paciente crítico depende de la fase metabólica por la que este cursando, el tipo de patología o trauma, o lesión, como quemaduras, neurocrítico, con problema ventilatorio, pancreatitis, sepsis o quirúrgico, por lo que es muy variada su estabilidad, y por otro lado son muy dinámicos los cambios, su proceso y evolución, lo que se debe de cuidar es no sobreestimar las calorías ni subestimar el aporte de energía como marcan las guías de la práctica clínica que debemos de aplicar en nuestro quehacer profesional, esto según las condiciones de estabilidad hemodinámica de nuestro enfermo.

ASPEN

Los requerimientos energéticos se pueden calcular por ecuaciones o por CI (E). Se debe proveer >50-65% del requerimiento calórico durante la primera semana de hospitalización para obtener los beneficios clínicos de la Nutrición Enteral (NE) (E).

Importante: previo a iniciar la NE se deben evaluar la pérdida de peso e ingesta alimentaria antes del ingreso, severidad de la enfermedad y su correlación con el estado nutricional, comorbilidades y función del tracto gastrointestinal (GI) (E).

la NE se debe iniciar en los pacientes críticos incapaces de alcanzar sus requerimientos calóricos por vía oral (C).

La nutrición se debe aumentar hasta alcanzar sus requerimientos en las siguientes 48-72 hrs (E).

Si el paciente está comprometido hemodinámicamente (requiere soporte hemodinámico que incluye dosis de agentes vasopresores, ya sea solos o combinados, con grandes volúmenes de líquidos o resucitación sanguínea para mantener la perfusión celular, entonces la NE se debe detener hasta que el paciente este completamente resucitado/estable y con datos de adecuada perfusión tisular (E). (19)

ESPEN

El uso de la CI en el paciente crítico es recomendado. (A)

Durante la enfermedad aguda, el objetivo debe ser proporcionar energía lo más cerca posible al gasto de la energía medido, con el fin de disminuir el balance energético negativo (B)

No se puede hacer una recomendación general, debe de adecuarse a la evolución de la enfermedad y la tolerancia digestiva.

En ausencia de calorimetría indirecta, los pacientes de UCI deben recibir 25 kcal/kg/día e ir progresando a la meta en los próximos 2-3 días. (C)

Durante la fase anabólica de recuperación el objetivo es de 25-30 kcal/kg. (C)

Durante la fase aguda de la enfermedad un aporte mayor a 20-25 kcal/kg se puede asociar a peores resultados.

En pacientes con desnutrición severa se debe proveer más de 25-30 kcal/kg/día por vía enteral. si los requerimientos no son alcanzados durante los primeros 2 días considere suplementar con NP (C). (20)

CANADIENSE

Calorimetría indirecta vs formulas predictivas:

Sin cambios en las guías del 2013 al 2015.

No existe suficiente información para hacer una reconvencción sobre el uso de CI vs formulas predictivas para determinar los requerimientos energéticos o como guía para la indicación de soporte nutricional en el paciente crítico.

El uso de calorimetría indirecta comparada con fórmulas predictivas para cubrir los requerimientos nutricionales no tiene efecto sobre la mortalidad.

El uso de CI comparada con fórmulas predictivas para complementar la NET con NPT se asocia con una disminución significativa de la mortalidad hospitalaria.

El uso de CI comparada con fórmulas predictivas para complementar la NET con NPT pudiera asociarse con una mayor incidencia de infecciones.

El uso de CI comparada con fórmulas predictivas para complementar la NET con NPT pudiera asociarse con una estancia prolongada en UCI y duración de ventilación mecánica

El uso de CI comparada con fórmulas predictivas pudiera mejorar la ingestión nutricional. (12)

SENPE

Se recomienda el inicio de la NE en los pacientes dentro de las 24-48 hrs de ingreso a UCI.

La precocidad en el aporte se ha relacionado, en algunos grupos de pacientes críticos, con mejoría de la tolerancia a la dieta, menor disfunción de la barrera intestinal, disminución de infecciones y días de estancia hospitalaria, así como disminución de días de ventilación mecánica.

No hay estudios planteados en cuanto al plazo de consecución de los objetivos energéticos establecidos. El plazo en el que deben alcanzarse estos objetivos, según la recomendación de algunos autores, estaría en torno a 48-72 hrs de inicio del soporte nutricional.

Los propios autores de los estudios relacionados recomiendan aplicación juiciosa de estos hallazgos en la práctica clínica.

Aporte calórico: las necesidades variaran dependiendo de la fase metabólica en la que se encuentre el paciente: fase catabólica inicial o fase anabólica de recuperación.

Donde no se pueda medir el GE se recomienda un aporte lo mas próximo posible a los requerimientos medidos mediante CI (a) en la fase inicial, para aumentar en fases más avanzadas de la convalecencia, basándose en estudios que demuestren una mayor incidencia de infecciones en relación con el balance calórico negativo y mejores resultados con un balance calórico positivo.

Algunos autores recomiendan suplementar con nutrición parenteral (NP) cuando no se llegan a cubrir los requerimientos (60-70% del aporte enteral)

En pacientes con IMC <18kg/m² se recomienda usar el peso actual para evitar el síndrome de sobrealimentación, y para el resto de los pacientes se ha recomendado que sea el peso previo a la agresión, ya que el peso actual presenta amplias variaciones como consecuencia de la reanimación inicial.

En ausencia de CI, se recomienda aportar de 25 kcal/kg peso actual/día en pacientes con IMC <30 (C).

En enfermos con ventilación mecánica se recomienda un cálculo estimado en los requerimientos calóricos mediante la ecuación de Penn State (B) (22)

CRITICO OBESO

ASPEN

La evaluación inicial de los pacientes críticamente enfermos deben incluir medidas antropométricas (peso corporal actual, peso ideal y circunferencia de cintura), así como biomarcadores de síndrome metabólico (niveles séricos de triglicéridos, colesterol y glucosa). Específicamente peso, IMC, debe considerarse, "signos vitales para los pacientes obesos y registrarse en el expediente clínico.

El grado de la reacción inflamatoria sistémica debe ser evaluado para determinar si el paciente está en una condición de estrés oxidativo o metabólico.

Patrones de ingesta y cambio de peso antes de una nueva admisión, debe ser evaluado.

El uso de peso actual no es recomendado debido a la falta de estudios de validación y variabilidad de la definición en la literatura.

Los requerimientos de proteína y calorías deben ser determinados y utilizados para establecer los objetivos de la terapia nutricional, los requerimientos calóricos se deben medir cuando sea posible por CI.

La provisión calórica debe ser aproximadamente de 60-70% de kcal, requerimientos calóricos determinados por calorimetría indirecta o por ecuaciones predictivas cuando la CI no esté disponible.

Una simple fórmula basada en el peso puede aproximar este objetivo (11-14 kcal/peso actual o 22-25 kcal/peso ideal).

En pacientes con IMC mayor de 30 los requerimientos proteicos van de 1.2 a 2 gr/kg de peso actual/día y puede ser más alto en pacientes con quemaduras o trauma múltiple. (E) (23)

SENPE

El uso de recomendaciones calóricas basadas en el peso real puede inducir la aparición de complicaciones como hiperglucemia e infecciones secundarias, por lo que hay controversia acerca de la utilización del peso actual, peso ideal o peso ajustado para el cálculo calórico.

Hay recomendaciones basadas, bien en un porcentaje fijo del gasto energético (60-70%) o bien en el peso actual (11-14 kcal/kg/día) o en el peso ideal (22-25 kcal/kg/día).

En tipos de obesidad se puede usar la nutrición hipocalórica, al igual en la obesidad mórbida, o estimar 20-25 kcal/peso ajustado. (C)

Se considera la CI como *gold standard*. (A)

Estudio demostró que solo las ecuaciones de Ireton Jones 1992 y Penn-State fueron precisas, por lo que Penn-State 1998 se considera como la ecuación recomendable para su uso en paciente crítico, obeso o no obeso.

Se constató que ni la severidad de la enfermedad medida por el SOFA, ni la fiebre, ni la patología traumática, quirúrgica o médica cambiaban la precisión de las ecuaciones.

Existe consenso en considerar que en el paciente obeso crítico, la aplicación de cualquier fórmula utilizando el peso real sobrestima las necesidades calóricas, pero la utilidad de las diferentes alternativas existentes sigue siendo objeto de controversia.

No hay suficiente evidencia para recomendar el uso del peso ideal o del peso ajustado.

La relación de hidratos de carbono/lípidos como fuente energética no se ha estudiado en el paciente obeso crítico, por lo que deben seguirse las recomendaciones habituales, con una relación 60/40 o 70/30 del total energético proteico, buscando siempre la mejor relación que permita controlar la glucemia en valores adecuados, así como los triglicéridos (deben mantenerse por debajo de 400 mg/dl). (22)

Referencias bibliográficas

- (1) Ulibarri Pérez JI, Picón César MJ, García Benavent E. Detección precoz y control de la desnutrición hospitalaria. *Nutr Hosp*. 2002; 17:139–46.
- (2) Villazon A, Torres R. Importancia de la nutrición en el apoyo metabólico del paciente grave. En: Morales JL, ed. *Nutrición, cirugía y terapia intensiva*. Bogotá: Manual Moderno; 2004. p. 521–7.
- (3) García de Lorenzo A, Montejo JC, Planas M: Requerimientos energéticos en los pacientes críticos. Calorimetría indirecta. *Med Intensiva* 1995, 2:86-94
- (4) Ortiz Leyba C.; Gómez-Tello V y Serón Arbeloa C.; Requerimientos de Macronutrientes y Micronutrientes *Nutr. Hosp.* (2005) XX (Supl. 2) 13-17 ISSN 0212-1611
- (5) Marsé P. Calorimetría: aplicaciones y manejo. *Nutrición Clínica en Medicina*. 2008; 2(3): 155-166
- (6) Nin L, Pemann M, Kiegler G. Apoyo nutricional en el paciente grave En: Arenas H, Anaya R eds. *Nutrición enteral y parenteral*. México: McGraw–Hill; 2007. p. 321–38.
- (7) Agudelo Ochoa G.M, Giraldo Giraldo N.A. Soporte Nutricional en el Paciente crítico: una puesta al día. Revisión Bibliográfica, *PERSPECTIVAS EN NUTRICIÓN HUMANA*. ISSN 0124-4108 Vol. 10 No. 2 Julio-Diciembre de 2008. Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia págs. 191-211
- (8) Bonet Sarisa, A; Márquez Vácarob JA; Serón Arbelo C. Guidelines for specialized nutritional and metabolic support in the critically-ill patient. Update. Consensus SEMICYUC-SENPE: Macronutrient and micronutrient requirements. *Nutr Hosp* 2011;26 (Supl. 2):16-20 ISSN (Versión papel): 0212-1611 ISSN (Versión electrónica): 1699-5198
- (9) Raurich JM, Ibañez J: Gasto energético en reposo: calorimetría indirecta frente a Fick. *Nutr Hosp* 1998, 13:303-309.
- (10) Frankenfield D. Analysis of estimation methods for resting metabolic rate in Critically Ill Adults. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. 2009; 33:27
- (11) Ashcraft C, Frankenfield C. Energy expenditure During Barbiturate Coma. *Nutrition in Clinical Practice*. 2013; 28:603
- (12) Choban P. ASPEN Clinical Guidelines: nutrition Support of Hospitalized Adult Patients with Obesity. *Journal of Parenteral and Enteral nutrition*. 2013.
- (13) Frankenfield D. Prediction of Resting Metabolic Rate in Critically Ill Patients at the extremes of Body Mass Index. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. 2013; 37: 361
- (14) A. Bonet Sarisa, J. A. Márquez Vácarob and C. Serón Arbeloaca. Guidelines for specialized nutritional and metabolic support in thecritically-ill patient. Update. Consensus SEMICYUC-SENPE: Macronutrient and micronutrient requirements. *Nutr Hosp* 2011; 26(Supl. 2):16-20 SSN (Versión papel): 0212-1611. ISSN (Versión electrónica): 1699-5198
- (15) A. Mesejoa, C. Vaquerizo Alonsob, J. Acosta Escribanoc, C. Ortiz Leibad and J. C. Montejo González, Guidelines for specialized nutritional and metabolic support in the critically-ill patient. Update. Consensus SEMICYUC-SENPE: Introduction and methodology. *Nutr Hosp* 2011; 26(Supl.2):1-6. ISSN (Versión papel): 0212-1611. ISSN (Versión electrónica): 1699-5198.
- (16) Patricia Choban, MD1; Roland Dickerson, PharmD, BCNSP2; Ainsley Malone, MS, RD, CNSC3; Patricia Worthington, A.S.P.E.N. Clinical Guidelines: Nutrition Support of Hospitalized Adult Patients With Obesity. ASPEN. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. Volume 37 Number 6, November 2013 714–744c 2013. American Society for Parenteral and Enteral Nutrition. DOI: 10.1177/0148607113499374. www.jpen.sagepub.com. hosted at online.sagepub.com
- (17) Oana A. Tatucu-Babet, APD, B; Emma J. Ridley, APD and Audrey C. “The Prevalence of Underprescription or Overprescription of Energy Needs in Critically Ill Mechanically Ventilated Adults as Determined by Indirect Calorimetry: A Systematic Literature Review. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. Volume XX Number X Month 201X 1–14. © 2015 American Society for Parenteral and Enteral Nutrition. DOI: 10.1177/0148607114567898Downloaded from pen.sagepub.com at American Society for Parenteral and Enteral Nutrition (A.S.P.E.N.) on September 18, 2015
- (18) Raurich, JM; Llompert-Pou, JA; Ferreruela, M; Riera, M; Homar, J; Pere. Marse, Asuncion Colomar and Ignacio Ayestaran. “A simplified equation for total energy expenditure in mechanically

ventilated critically ill patients. *Nutr Hosp.* 2015; 32(3):1273-1280. ISSN 0212-1611 • CODEN NUHOEQ.S.V.R. 318

(19) American Society for Parenteral and Enteral Nutrition (A.S.P.E.N.) Board of Directors. Clinical "Guidelines for the Use of Parenteral and Enteral Nutrition in Adult and Pediatric Patients, 2009 *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*" Volume 33 Number 3, May/June 2009 255-259. © 2009 American Society for Parenteral and Enteral Nutrition, 10.1177/0148607109333115, <http://jpen.sagepub.com>, hosted at, <http://online.sagepub.com>

(20) ESPEN Guidelines on Parenteral Nutrition: Intensive care. Pierre Singer a, Mette M. Berger b, Greet Van den Berghe c, Gianni Biolo d, Philip Calder e, Alastair Forbes f, Richard Griffiths g, Georg Kreyman h, Xavier Leverve i, Claude Pichard j. *Clinical Nutrition* 28 (2009) 387-400.

(21) Critical Care nutrition, Guías Canadienses de práctica Clínica 2013.

(22) A. Bonet Saris., J.A. Márquez Vácara y C. Serón Arbeloa. "Recomendaciones para el soporte nutricional y metabólico especializado del paciente crítico". Actualización. Consenso SEMICYUC-SENPE: Requerimientos de macronutrientes y micronutrientes. *Med Intensiva*. 2011;35 (Supl 1):17-21

(23) Guidelines for the Provision and Assessment of Nutrition Support Therapy in the Adult Critically Ill Patient: Society of Critical Care Medicine (SCCM) and American Society for Parenteral and Enteral Nutrition (A.S.P.E.N.) *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2009 33: 277. Stephen A. McClave, Robert G. Martindale, Vincent W. Vanek, Mary McCarthy, Pamela Roberts, Beth Taylor, Juan B. Ochoa, Lena Napolitano, Gail Cresci, the A.S.P.E.N. Board of Directors and the American College of Critical Care Medicine.