



BUAP

**Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los
Trabajadores del Estado**

**Dirección de Estudios de Posgrado del Área de la Salud
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**

Facultad de Medicina

Título de la tesis

“Comparación del grado de sarcopenia de pacientes críticamente enfermos bajo ventilación mecánica invasiva, alimentados con nutrición enteral calculada a través de la producción de dióxido de carbono derivada del ventilador (VCO₂) versus cálculo ponderado por kilogramo día”.

**Para obtener el diploma en la especialidad de Medicina del Enfermo en
Estado Crítico**

Presenta

Dra. Samantha Atenea Negreros García

Asesor Experto: Dr. Sergio Reyes Inurrigarro.

Asesor Metodológico: M.D., Ph.D. José Luis Gálvez Romero.

Número de registro: 620.2024

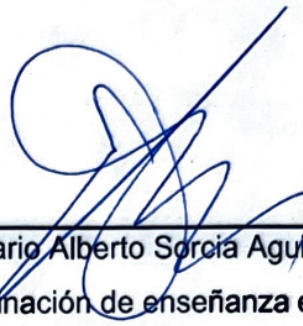


Puebla de Zaragoza a 6 de febrero del 2025

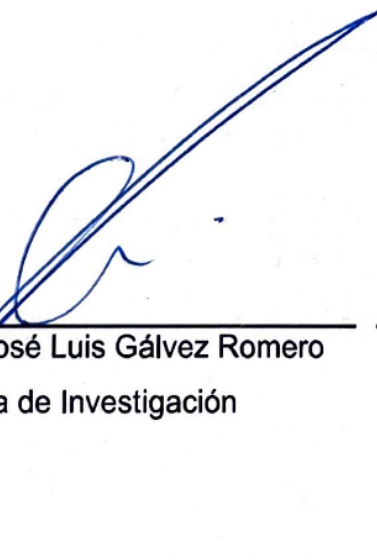
AUTORIZACIÓN



Dr. Carlos Efrén Ruiz Cancino
Director Médico



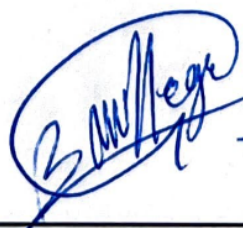
Mtro. Mario Alberto Sorcia Aguilar
Coordinación de enseñanza e
investigación



M.D., Ph.D. José Luis Gálvez Romero
Jefatura de Investigación



Dr. Sergio Reyes Murrigarro
Asesor Experto



Dra. Samantha Atenea Negreros García
Tesisista



Gobierno de
México



ISSSTE
INSTITUTO DE SEGURIDAD
Y SERVICIOS SOCIALES DE LOS
TRABAJADORES DEL ESTADO



Cuatro veces Heroica, Puebla de Zaragoza, a 13 de febrero del año 2025

**SERVICIO DE POSGRADO
BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE MEDICINA
A QUIEN CORRESPONDA**

PRESENTE

A través de este conducto informo que no tengo inconveniente para **Samantha Atenea Negreiros García** de la especialidad en **Medicina del Enfermo en Estado Crítico**, pueda imprimir su tesis titulada: **"Comparación del grado de sarcopenia de pacientes críticamente enfermos bajo ventilación mecánica invasiva, alimentados con nutrición enteral calculada a través de la producción de dióxido de carbono derivada del ventilador (VCO2) versus calculo ponderal por kilogramo día"**.

Anexamos reporte de puntaje de coincidencia del 9% a través de la plataforma Turnitin.

Se extiende la presente, para los fines que convenga.

ATENTAMENTE

M.D. PH. D. José Luis Gálvez Romero
Jefatura de Investigación
ISSSTE Hospital Regional ISSSTE - Puebla

MD, Ph. D. José Luis Gálvez Romero
Jefatura del departamento de Investigación
Hospital Regional ISSSTE Puebla

CCP. Interesado
CCP. Archivo



2025
Año de
**La Mujer
Indígena**

AGRADECIMIENTOS

Al concluir una etapa tan importante en mi crecimiento personal y profesional, quiero extender un profundo agradecimiento a todas aquellas personas que hicieron posible este sueño.

Primero que nada, quiero agradecer a mi esposo, Norman, por ser el principal pilar en mi vida. Por su apoyo incondicional, por siempre traerme cena a las guardias, por desvelarse conmigo haciendo exposiciones o estudiando.

Además, quiero agradecer a todas las personas involucradas en mi aprendizaje durante estos dos años de subespecialidad. En especial, al doctor Sergio R. Inurrigarro, quien me dio la oportunidad y confianza de pertenecer a esta sede, de ser el mayor ejemplo a seguir y por ayudarme a cultivar un amor más grande por la Medicina del Enfermo en Estado Crítico.

A mis compañeros, Alonso, Ileana, Karla y Diego, por estar presentes y apoyarnos mutuamente para seguirnos preparando como profesionales. También por todos los momentos divertidos y buenos recuerdos durante estos dos años.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
ANTECEDENTES	7
ANTECEDENTES GENERALES	7
ANTECEDENTES ESPECÍFICOS	12
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
OBJETIVOS	18
OBJETIVO GENERAL.....	18
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
MATERIAL Y MÉTODOS.....	19
DISEÑO Y TIPO DE ESTUDIO.....	19
POBLACIÓN DE ESTUDIO	19
UNIVERSO DE TRABAJO.....	19
TIEMPO DE EJECUCIÓN.....	19
ESQUEMA DE SELECCIÓN	19
Definición del grupo de control.....	19
Definición del grupo a intervenir	19
Criterios de inclusión	20
Criterios de exclusión	20
Criterios de eliminación.....	20
TIPO DE MUESTREO	20
Muestreo probabilístico	20
Muestreo no probabilístico.....	20
METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA Y TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	20
DESCRIPCIÓN OPERACIONAL DE LAS VARIABLES	21
TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS EMPLEADOS	23
PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	23
PRUEBA PILOTO.....	24
ASPECTOS ÉTICOS	25
CONFLICTO DE INTERES.....	25
RESULTADOS.....	26
DISCUSIÓN.....	31
CONCLUSIONES.....	34
CONCLUSIONES ESPECÍFICAS	34

CONCLUSIÓN GENERAL	34
RECOMENDACIONES	35
PROPUESTA DE MEJORA (ALGORITMO)	35
BIBLIOGRAFÍA	36
ANEXOS	39
ANEXO 1. Formato de hoja de recolección de datos.	39
ANEXO 2. Medición del músculo cuádriceps por ultrasonografía.	40
ANEXO 3. Medición del VCO ₂ derivada del ventilador.	41
ANEXO 4. Puntuación SOFA (Sequential Organ Failure Assessment).....	42
ANEXO 5. Sistema de valoración de la gravedad APACHE II (Acute Physiology And Chronic Health Evaluation).	43
ANEXO 6. Puntaje NUTRIC.....	44
ANEXO 7. Formato de consentimiento informado.....	45

RESUMEN

Antecedentes. La estimación precisa del gasto energético basal (GEB) en pacientes en estado crítico es esencial para garantizar una adecuada provisión de nutrientes. Las fórmulas predictivas han sido un recurso convencional para estimar el GEB en pacientes en estado crítico debido a su simplicidad y accesibilidad; la limitación clave de estas fórmulas radica en su susceptibilidad a la variabilidad individual y a las alteraciones metabólicas en condiciones médicas agudas. El VCO2 medido a través del ventilador es empleado en la actualidad para el cálculo aproximado del GEB. Por otro parte, la baja masa muscular en pacientes críticamente enfermos forma parte del diagnóstico de desnutrición, siendo además un parámetro clave para ayudar a guiar las intervenciones nutricionales.

Objetivo. Comparar el grado de sarcopenia a través de la medición ultrasonográfica del diámetro del músculo cuádriceps de pacientes críticamente enfermos bajo ventilación mecánica invasiva, alimentados con nutrición enteral calculada a través del VCO2 versus cálculo ponderado por kilogramo día.

Material y métodos. Se analizaron pacientes que se encontraban en UCI bajo VMI, a los que se midió el diámetro del músculo cuádriceps por ultrasonografía los primeros cinco días de estancia. Se conformaron 2 grupos de cálculo de aporte calórico, GEB ponderado y GEB calculado por VCO2, previa aleatorización se inició alimentación vía enteral a ambos grupos el primer día al 50% y el segundo al 100%. Al ingreso, tercer y quinto día se solicitó niveles de urea, y al cuarto día se realizó balance nitrogenado.

Resultados: Se incluyeron 20 pacientes, 55% eran hombres, la edad media fue de 63.8 años. El diámetro muscular medido por ultrasonido durante los primeros 5 días en el grupo que se administró nutrición calculada por fórmula fue del lado derecho de 22.5 mm (DE +/- 1.6), del lado izquierdo fue de 22.3 mm (DE +/- 1.4) ($p=0.05$), en el que se administró calculado por VCO2 fue del lado derecho 23.85 mm (DE +/- 1.3), del lado izquierdo 23.6 (DE +/- 1.2) ($p=0.1$). Las kcal administradas el primer día en el grupo calculado por fórmula fue de 792.8 (DE +/- 128.1) y el grupo calculado por VCO2 fue de 667.7 (DE +/- 96.6) ($p=0.02$).

Conclusión: El grado de sarcopenia de pacientes críticamente enfermos bajo ventilación mecánica invasiva, alimentados con nutrición enteral calculada a través de la producción

de dióxido de carbono derivada del ventilador (VCO₂) versus cálculo ponderado por kilogramo día es similar. El cálculo del gasto energético basal calculado por VCO₂ es tan eficaz como el calculado por fórmula predictiva durante los primeros cinco días.

INTRODUCCIÓN

La nutrición tiene un papel clave en el manejo de pacientes en estado crítico, dado que su impacto no se limita únicamente a la alimentación básica, sino que abarca factores esenciales para su recuperación y sobrevida (Jolliet et al., 1999).

En el ámbito de cuidados intensivos, la nutrición es un componente esencial para la respuesta metabólica del paciente frente al estrés, ya que estos pacientes generalmente experimentan un aumento en las demandas energéticas debido al importante catabolismo que conlleva dicha respuesta. El adecuado aporte de nutrientes se convierte en una estrategia para reducir la pérdida muscular, preservar la función inmunológica y favorecer la recuperación. Además, la desnutrición en enfermos en estado crítico no solo prolonga la estancia intrahospitalaria, sino que también incrementa la morbilidad (Gubari et al., 2020).

Las estrategias nutricionales específicas, como la administración vía enteral o parenteral, deben ajustarse según las necesidades de cada paciente. El gasto energético basal (GEB) representa la cantidad de energía necesaria para mantener las funciones básicas del organismo en reposo, su estimación en los pacientes en estado crítico constituye un desafío para la implementación de estrategias nutricionales efectivas y la mejora de los resultados clínicos (Gubari et al., 2020).

Como se ha mencionado, los enfermos en estado crítico suelen experimentar alteraciones metabólicas significativas, resultado de las respuestas fisiológicas agudas a condiciones como traumatismos graves, enfermedades severas o cirugías de alto riesgo. Estas respuestas pueden tener un impacto significativo en el GEB, lo que podría provocar que las fórmulas convencionales no representen de manera precisa las necesidades energéticas reales de estos pacientes, por lo que la comparación de diversos métodos para calcular el GEB surge como un elemento esencial para determinar la utilidad y fiabilidad de estos instrumentos de evaluación (Osooli et al., 2019).

Las fórmulas convencionales se basan en variables como el peso, la altura y la edad, estas han sido utilizadas desde hace mucho tiempo como un método tradicional para estimar el GEB, ya que son fáciles de usar. No obstante, el principal problema de estas fórmulas es que no toman en cuenta los cambios significativos en la composición corporal o respuestas metabólicas alteradas de los pacientes, pudiendo proporcionar estimaciones inexactas (Bear et al., 2017).

La calorimetría indirecta (CI), surge como un recurso tecnológico más sofisticado y exacto para medir el gasto energético en pacientes en estado crítico. Este método mide directamente la cantidad de calor que el organismo libera durante la respiración, por lo que ofrece una valoración más precisa de las necesidades energéticas de cada paciente. Por los motivos previamente mencionados la CI se considera el estándar de oro, sin embargo, su implementación puede ser difícil debido a factores logísticos y costos relacionados (Achamrah et al., 2021).

La búsqueda de métodos alternativos para determinar el GEB ha impulsado el estudio de métodos más avanzados, entre los que sobresalen el empleo del consumo de oxígeno (VO₂) del catéter de la arteria pulmonar y la producción de dióxido de carbono (VCO₂) del ventilador. Estos métodos constituyen avances significativos para proporcionar mediciones directas y continuas de los intercambios gaseosos, facilitando una evaluación más precisa de las necesidades metabólicas de los pacientes (Singer, 2016).

El VO₂, que se mide mediante el catéter de la arteria pulmonar, proporciona una visión detallada de la cantidad de oxígeno que el organismo utiliza durante el metabolismo. Este método se fundamenta en la detección de la diferencia de concentración de oxígeno entre la sangre arterial y la venosa, permitiendo el cálculo del consumo de oxígeno en tiempo real. El beneficio de este método es que ofrece mediciones continuas y directas, permitiendo modificaciones inmediatas en la terapia nutricional de acuerdo con las variaciones en las necesidades metabólicas (Koekkoek et al., 2020).

Así mismo, la medición del VCO₂ realizada a través del ventilador refleja la cantidad de dióxido de carbono producido durante el metabolismo. Este método se basa en el análisis continuo de los gases exhalados, permitiendo una estimación directa de la producción de CO₂, proporcionando información valiosa sobre la tasa metabólica y el uso de sustratos energéticos, permitiendo una adaptación más dinámica de la terapia nutricional (Kerklaan et al., 2017).

Si bien estos procedimientos brindan una mayor precisión en comparación con las fórmulas predictivas convencionales, su uso puede verse limitado por la necesidad de equipo especializado y la complejidad técnica asociada. No obstante, en entornos clínicos avanzados, como la unidad de cuidados intensivos, la incorporación de estas técnicas pueden ser una valiosa herramienta para la personalización de la terapia nutricional en pacientes en estado crítico. (Singer, 2016).

En resumen, la medición de VCO₂ del ventilador constituye un progreso importante en la evaluación del GEB, facilitando una adaptación más dinámica de la terapia nutricional en pacientes en estado crítico. Conforme la tecnología progresa y se hace más accesible, estos métodos alternativos pueden jugar un papel crucial en la optimización de la atención nutricional y, en consecuencia, en los resultados clínicos de pacientes en circunstancias metabólicas desafiantes (Singer, 2016).

Por otra parte, la baja masa muscular en pacientes en estado crítico forma parte del diagnóstico de desnutrición según los criterios GLIM y la guía ESPEN sobre nutrición clínica en la UCI. Además, la masa muscular es un parámetro clave para ayudar a guiar las intervenciones terapéuticas como la nutrición. Hay diversos métodos y técnicas para medir la masa muscular, incluyendo la tomografía computarizada, el estudio de bioimpedancia y la ecografía, no obstante, no todos son habitualmente factibles en la práctica clínica de la UCI. El empleo del ultrasonido en la evaluación de la masa muscular en pacientes en estado crítico ha despertado un gran interés recientemente porque no es invasivo y se puede utilizar fácilmente a pie de cama. Un indicador es la medición del diámetro o del área de sección transversal del músculo cuádriceps, ya que el ultrasonido

ha demostrado sensibilidad de hasta 81% y una especificidad del 96% para la detección de cualquier alteración anormal del tejido muscular (Barreto et al., 2019).

El objetivo de este estudio fue comparar el grado de sarcopenia a través de la medición ultrasonográfica del diámetro del músculo cuádriceps de pacientes críticamente enfermos bajo ventilación mecánica invasiva, alimentados con nutrición enteral calculada a través VCO2 versus cálculo ponderado por kilogramo/día. Este enfoque permitió evaluar la eficacia de ambos métodos en la estimación precisa del gasto energético en pacientes críticamente enfermos. Se espera que este enfoque proporcione una comprensión más completa de las diferencias entre los métodos y su impacto en la nutrición y el tratamiento de los pacientes en estado crítico.

ANTECEDENTES

ANTECEDENTES GENERALES

La desnutrición en el paciente en estado crítico constituye un problema significativo en el ámbito de la atención médica, ya que se asocia con una serie de complicaciones y consecuencias negativas para la recuperación. Esta se presenta como un resultado multifactorial de la respuesta fisiológica del organismo frente al estrés, característica de situaciones clínicas agudas como traumatismos graves, intervenciones quirúrgicas de alto riesgo o enfermedades críticas (Paez Candelaria et al., 2018).

La incidencia de la desnutrición en pacientes en estado crítico es significativo, siendo afectados hasta un 50% de los pacientes ingresados en unidades de cuidados intensivos (UCI). El paciente en estado crítico enfrenta diversos desafíos metabólicos, donde el hipercatabolismo y el inadecuado aporte nutricional surgen como factores esenciales que contribuyen de forma considerable a la desnutrición en este escenario clínico (Gubari et al., 2020).

El hipercatabolismo, una respuesta fisiológica característica del paciente en estado crítico, se presenta como un aumento desproporcionado en la degradación de proteínas y la movilización de reservas energéticas. Este fenómeno surge como respuesta al estrés provocado por enfermedades severas, traumas o intervenciones quirúrgicas de alto riesgo. La liberación de mediadores de la inflamación y hormonas catabólicas, como el cortisol, impulsa la degradación de tejido muscular y el uso acelerado de nutrientes para satisfacer las demandas metabólicas elevadas. Este hipercatabolismo prolongado puede provocar una pérdida considerable de masa muscular y nutrientes esenciales (Gubari et al., 2020).

Al mismo tiempo, el paciente en estado crítico frecuentemente experimenta un aporte nutricional inadecuado debido a diversos motivos, como la intolerancia a la dieta enteral, restricciones postoperatorias o políticas hospitalarias. La interrupción o restricción de la provisión de nutrientes esenciales en un momento crítico puede exacerbar el estado nutricional comprometido del paciente, contribuyendo a la desnutrición (Lobatón, 2020).

La combinación del hipercatabolismo y de un aporte nutricional insuficiente crea un ciclo vicioso que incrementa la pérdida de músculo y compromete la función inmunológica y la capacidad de recuperación del paciente. Este deterioro nutricional no solo prolonga la estancia hospitalaria, sino que también aumenta la morbimortalidad y la susceptibilidad a complicaciones infecciosas (Osooli et al., 2019).

El impacto de la desnutrición en el paciente en estado crítico se traduce en un aumento de las complicaciones, una mayor estancia hospitalaria y un deterioro en la calidad de vida. Por tanto, es crucial entender la incidencia y fisiopatología de la desnutrición en este contexto clínico para desarrollar estrategias preventivas y terapéuticas que respondan eficazmente a las necesidades nutricionales específicas de estos pacientes en situación de vulnerabilidad (Lobatón, 2020).

La desnutrición en el paciente en estado crítico se caracteriza por una ingesta insuficiente de nutrientes que provoca un desequilibrio entre las demandas metabólicas aumentadas y la capacidad del cuerpo para satisfacer dichas demandas. Este estado nutricional comprometido se manifiesta no solo como una deficiencia calórica sino también como una pérdida de masa muscular, alteraciones en la composición corporal y disfunciones metabólicas (Lobatón, 2020).

El uso de herramientas de detección (NRS 2002) y de evaluación (evaluación global subjetiva (SGA), minievaluación de la nutrición (MNA)) se recomiendan en la práctica diaria para establecer el diagnóstico de desnutrición en la UCI. Los cambios de peso son difíciles de medir debido a la administración de fluidoterapia y a la rápida pérdida de masa muscular. Así pues, el peso y el índice de masa corporal (IMC) no reflejan de forma adecuada el grado de desnutrición. No existen herramientas validadas para la cuantificación de la masa muscular, aunque puede ser evaluada por impedancia bioeléctrica, tomografía computarizada (TC) o ultrasonido (US). La impedancia bioeléctrica puede emplearse para determinar la composición corporal en un paciente estable, aunque su uso no es habitual. La TC no es una herramienta factible para monitorear la masa muscular en la práctica clínica, ya que hay que tener en cuenta su exposición a la radiación,

los costos y los riesgos asociados con el transporte del paciente. El US es no invasivo, es simple, puede realizarse a pie de paciente y puede repetirse cuantas veces sea necesario (Van Ruijven et al., 2021).

La sarcopenia se define como pérdida de masa muscular o funcionalidad, es común en pacientes desnutridos ingresados en la UCI. Esta disminución muscular puede considerarse delicada y se asocia con una estancia hospitalaria prolongada y una disminución en la calidad de vida y capacidad funcional. Otras herramientas como el dinamómetro pueden evaluar la funcionalidad muscular para medir la fuerza de la mano en pacientes conscientes (Barreto et al., 2019).

Las guías clínicas de nutrición clínica en cuidados intensivos, publicadas en 2023 por la ESPEN, recomiendan considerar la terapia nutricional en todos los pacientes ingresados en la UCI, fundamentalmente tras más de 48 horas de ingreso. Cuando iniciar la nutrición, la vía de administración que usar y cómo progresar han sido un tema de debate durante años. Existe acuerdo sobre una preferencia de la nutrición enteral (NE) sobre la nutrición parenteral (NP), aunque en estudios recientes, cuando se administra la misma cantidad de calorías por vía enteral o parenteral no existen diferencias en cuanto a la incidencia de complicaciones infecciosas (Singer et al., 2023).

Es necesario evitar el aporte excesivo de nutrientes por cualquier vía durante la fase aguda de la enfermedad crítica, que está relacionada con una elevada producción de energía endógena. De esta manera se preserva la autofagia, que es un proceso catabólico por el cual los contenidos intracelulares son digeridos en los lisosomas. Parece que este proceso puede tener un papel relevante en la recuperación de la homeostasis tras la enfermedad crítica. Para evitar la sobrealimentación, la nutrición enteral y la parenteral debe ser prescrita paulatinamente de 3 a 7 días. Se debe evitar la administración de nutrición enteral o parenteral completa de inicio (Van Dyck et al., 2018).

La determinación del aporte energético en el paciente en estado crítico es un componente esencial de la administración nutricional para abordar las demandas metabólicas elevadas

y prevenir la desnutrición. El objetivo es proporcionar una cantidad adecuada de calorías para mantener las funciones fisiológicas esenciales y apoyar la recuperación (Wernerman, 2011).

En el caso de pacientes en estado crítico que requieren ventilación mecánica, se recomienda determinar el gasto energético mediante la calorimetría indirecta. Este procedimiento implica calcular el gasto energético al medir tanto el consumo de oxígeno como la producción de dióxido de carbono. Sin embargo, su implementación presenta desafíos significativos, como el alto costo del equipo, la necesidad de tiempo para realizar las mediciones, la exigencia de contar con personal capacitado y la falta de disponibilidad en la mayoría de las unidades (Achamrah et al., 2021).

Las ecuaciones predictivas están relacionadas con una imprecisión significativa, alcanzando hasta un 60%, lo que conduce a una subestimación o sobreestimación de las necesidades. Además, la determinación exacta del peso corporal supone un reto. Si no se dispone de calorimetría indirecta, se recomienda medir la producción de CO₂ del respirador como una opción más exacta que las fórmulas predictivas. Cuando se conoce el VCO₂, se puede determinar el GEB a través de la siguiente ecuación: Gasto energético en reposo = VCO₂ × 8.19; la cual deriva de la readaptación de la fórmula de Weir utilizando un RQ de 0,86, que es el RQ de la mayoría de los productos nutricionales, y después de convertir litros por minuto a mililitros por minuto. También es posible emplear la medición del consumo de oxígeno a través del catéter de arteria pulmonar (Stapel et al., 2015a).

En el caso de fórmulas predictivas, especialmente cuando el paciente se encuentra bajo ventilación mecánica, la fórmula de Penn-State podría ser la más apropiada. En ausencia de los métodos anteriores, se podrían recurrir a fórmulas más simples, como 20-25 Kcal/kg/día (Stapel et al., 2015a).

Cuando se opta por la calorimetría indirecta, se recomienda una estrategia nutricional hipocalórica (<70% del gasto energético) durante las primeras 72 horas de la enfermedad aguda, seguida de una nutrición isocalórica, conforme a las directrices de la ESPEN. En el

caso de utilizar ecuaciones predictivas, se sugiere implementar una nutrición hipocalórica (<70% de las necesidades estimadas) durante la primera semana de ingreso en la UCI, según las recomendaciones de la ESPEN (Kreymann, 2008).

Tanto la sobrenutrición como la infranutrición han demostrado ser perjudiciales en el paciente en estado crítico. El tema del adecuado aporte calórico sigue siendo objeto de discusión. Las recomendaciones actuales se basan en que en investigaciones donde los pacientes recibieron nutrición parenteral exclusiva experimentaron peores resultados, esto podría atribuirse a un suministro calórico excesivo, lo que resultó en un mayor riesgo de infecciones, probablemente asociado a hiperglucemia. Existe un consenso generalizado en que, durante las primeras 72 horas de la enfermedad crítica, no se debe equilibrar el gasto energético, ya que esto podría llevar a una sobrealimentación debido a la suma de la producción de energía endógena (500-1400 Kcal/día) (Van Dyck et al., 2018).

El uso del balance nitrogenado en pacientes en estado crítico con nutrición es una herramienta útil para evaluar y optimizar el estado nutricional, especialmente en entornos clínicos donde la respuesta metabólica puede ser compleja y dinámica. El balance nitrogenado se refiere a la diferencia entre la cantidad de nitrógeno ingerido a través de la dieta y la cantidad excretada en forma de nitrógeno uréico. Un balance positivo indica un estado anabólico, donde la ingesta de proteínas supera las pérdidas, mientras que un balance negativo sugiere un estado catabólico, con pérdida de proteínas superando la ingesta (Sobotka, 2017).

Frecuentemente, los pacientes en estado crítico presentan respuestas metabólicas alteradas, como incremento del catabolismo proteico. El balance nitrogenado sirve como un indicador clave para evaluar la efectividad de la nutrición y la capacidad del cuerpo para conservar o recuperar la masa muscular y otros tejidos. En los pacientes en estado crítico, el balance nitrogenado puede utilizarse para evaluar la eficacia de la nutrición, especialmente la provisión de proteínas. Un balance positivo puede indicar una respuesta adecuada y la capacidad del cuerpo para reparar tejidos, mientras que un balance negativo puede señalar la necesidad de ajustar la terapia nutricional (Preiser et al., 2015).

ANTECEDENTES ESPECÍFICOS

En el contexto específico de la estimación del GEB en pacientes en estado crítico, se ha llevado a cabo una comparación entre dos métodos: la medición del VCO₂ del ventilador y las ecuaciones predictivas convencionales. Esta evaluación tiene como objetivo determinar la precisión y fiabilidad de estos enfoques en un entorno clínico crítico (Koekkoek et al., 2020).

El ventilador mecánico mide directamente la producción de dióxido de carbono del paciente mediante el VCO₂. Esta técnica proporciona una evaluación continua y en tiempo real de los intercambios gaseosos, lo que permite una estimación más exacta del metabolismo y, en consecuencia, del GEB (Singer, 2016).

Por otro lado, las ecuaciones predictivas utilizan métodos matemáticos que emplean variables como el peso, la altura, la edad y el género para calcular el GEB. Estas ecuaciones son herramientas convencionales y ampliamente utilizadas en entornos clínicos donde la evaluación directa puede ser más complicada (Singer et al., 2023).

La comparación entre el VCO₂ del ventilador y las ecuaciones predictivas se enfoca en la precisión de la estimación del GEB. Estudios han demostrado que, en pacientes en estado crítico, el VCO₂ del ventilador puede ofrecer mediciones más exactas al reflejar directamente la producción de CO₂, un indicador clave del metabolismo. A pesar de ser ampliamente aceptadas, las ecuaciones predictivas pueden verse restringidas por la variabilidad entre individuos y las alteraciones metabólicas propias de los pacientes en estado crítico. Además, las ecuaciones pueden infravalorar o exagerar las demandas energéticas en contextos clínicos complicados (Singer, 2016).

Stapel y cols. realizaron un estudio acerca de la ingesta nutricional en pacientes en estado crítico bajo ventilación mecánica. Se incluyeron 84 pacientes con una variedad de diagnósticos de admisión en la UCI, la mayoría de los pacientes en ventilación mecánica con presión soporte. Observaron que el 75% de los pacientes alcanzaron aproximadamente dos tercios de su objetivo de energía nutricional. Ellos destacan que el

cálculo del gasto energético basal en pacientes críticamente enfermos bajo ventilación mecánica puede ser realizado utilizando el volumen de dióxido de carbono (VCO₂) derivado del ventilador, lo que permite un monitoreo continuo y ajustes diarios en la nutrición de los pacientes. Además, se señala que el VCO₂ puede ser una alternativa precisa y más exacta que las ecuaciones predictivas frecuentemente utilizadas para estimar el gasto energético en pacientes críticamente enfermos, ya que los cálculos por este método se acercaron al 95% de los requerimientos energéticos basales en contraste con las ecuaciones predictivas, que arrojaban cálculos correspondientes al 60-70%. También se destaca que el VCO₂ permite la identificación de pacientes en riesgo de sobrealimentación o subalimentación, lo que es importante para prevenir complicaciones y mejorar los resultados clínicos (Stapel et al., 2015b).

Pielmeier y Andreassen, concluyen que el GEB puede ser evaluado con precisión en la cabecera del paciente, multiplicando el VCO₂ derivado del ventilador por 8.19, especialmente al tomar el valor promedio de 24 horas. Además, mencionan que la medición de VCO₂ por segundo (en lugar de por minuto) está bajo investigación para mejorar la precisión (Stapel et al., 2015c).

Kerklaan y cols. destacan la importancia de medir el dióxido de carbono producido (VCO₂) en pacientes críticamente enfermos en ventilación mecánica. Se menciona que los ventiladores modernos pueden medir el VCO₂ a través de un sensor de infrarrojos, lo que proporciona una medición continua y potencialmente más precisa del estado metabólico durante 24 horas (Kerklaan et al., 2017).

Singer analiza el uso de VCO₂ para calcular el gasto de energía en pacientes en estado crítico. Revisa la precisión de las ecuaciones predictivas y las limitaciones de la calorimetría indirecta, y analiza el potencial del uso exclusivo del VCO₂ para calcular el gasto energético. También destaca las complejidades de la absorción de nutrientes y los cambios fisiológicos en pacientes críticamente enfermos, y cuestiona la exactitud del uso de VCO₂ solo para determinar el gasto de energía. El autor sugiere que, si bien el uso de VCO₂ solo puede ser una mejora con respecto a las ecuaciones predictivas, es posible

que no refleje completamente los complejos cambios fisiológicos en pacientes críticamente enfermos (Singer, 2016).

Rousing et al, realizaron un estudio comparando el GEB por calorimetría indirecta en pacientes de una unidad mixta de cuidados intensivos médico/postquirúrgico y se comparó con siete ecuaciones predictivas y con la calorimetría basada en VCO2. Donde la calorimetría basada en VCO2 fue precisa en el 89 % de los pacientes, significativamente mejor que todas las ecuaciones predictivas (Rousing et al., 2016).

Castañón y su equipo, en su estudio compararon en 14 pacientes en el postoperatorio inmediato de cirugía neurológica los resultados del GEB medido por calorimetría vs. los obtenidos por medio de capnometría asociada con la fórmula de Weir. La diferencia clínica entre los dos métodos fue menor de 250 kcal/día (Alberto Castañón González et al., 1999).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La valoración precisa del GEB es esencial en la gestión nutricional de pacientes en estado críticos. Sin embargo, en entornos clínicos donde no se dispone de calorimetría indirecta, surge la necesidad de encontrar métodos alternativos que ofrezcan una evaluación fiable del GEB. Entre estos métodos, la medición del VCO₂ del ventilador surge como una opción práctica, pero la incertidumbre persiste sobre su precisión en comparación con las ecuaciones predictivas convencionales. El problema se centra en la necesidad de evaluar la exactitud y confiabilidad del GEB calculado a través del VCO₂ del ventilador en ausencia de calorimetría indirecta. Además, se plantea la interrogante crucial de cómo estas estimaciones se comparan con las predicciones generadas por ecuaciones convencionales, que han sido ampliamente utilizadas en entornos clínicos.

La sarcopenia definida como una pérdida de masa muscular o funcionalidad, es frecuente en pacientes desnutridos en la UCI, lo que se asocia con una estancia hospitalaria prolongada y una disminución en la calidad de vida y la capacidad funcional. La funcionalidad muscular puede ser valorada mediante el uso del ultrasonido, ya que este es no invasivo y se puede utilizar fácilmente a cabecera del paciente. Un indicador útil es la medición del diámetro del músculo o del área de sección transversal del músculo cuádriceps.

La investigación buscó abordar la brecha en el conocimiento sobre la utilidad del VCO₂ del ventilador como alternativa a la calorimetría indirecta y su resultado se comparó con las ecuaciones predictivas, mediante la estimación del grado de sarcopenia a través de la medición del diámetro del músculo cuádriceps. Por lo cual nació la pregunta de investigación ¿Cómo se compara el grado de sarcopenia a través de la medición ultrasonográfica del diámetro del músculo cuádriceps de pacientes críticamente enfermos bajo ventilación mecánica invasiva, alimentados con nutrición enteral calculada a través de la producción de dióxido de carbono derivada del ventilador (VCO₂) versus cálculo ponderado por kilogramo día?

JUSTIFICACIÓN

1. La calorimetría indirecta es la técnica de referencia para la medición precisa del GEB. Sin embargo, en muchos entornos clínicos, especialmente en unidades de cuidados intensivos, la disponibilidad de equipos para calorimetría indirecta puede ser limitada. En la terapia intensiva del Hospital Regional de Puebla no es la excepción, esta carencia resalta la necesidad de investigar alternativas viables y precisas para evaluar el GEB en nuestros pacientes.

2. La estimación del GEB mediante el VCO₂ del ventilador se presenta como una alternativa práctica en ausencia de calorimetría indirecta. En la terapia intensiva del Hospital Regional de Puebla contamos con ventiladores con capnografía la cual nos da esta variable. La justificación radicó en la necesidad de evaluar la precisión de esta técnica, su capacidad para reflejar de manera fiable el metabolismo basal y su utilidad en la toma de decisiones nutricionales.

3. La comparación entre el VCO₂ del ventilador y ecuaciones predictivas es crucial para determinar la validez de este método en relación con prácticas convencionales. La investigación permitió establecer si el VCO₂ del ventilador proporciona estimaciones del GEB consistentes y confiables.

4. Entender la precisión relativa del VCO₂ del ventilador en comparación con las ecuaciones predictivas tiene implicaciones directas en la prescripción de terapia nutricional en pacientes en estado crítico. La información derivada de este estudio puede guiar la toma de decisiones clínicas, asegurando un soporte nutricional adecuado y personalizado.

5. Usar el grado de sarcopenia como variable de desnutrición en el paciente críticamente enfermo, nos puede ayudar a guiar las intervenciones terapéuticas como la nutrición.

6. Existen varios métodos y técnicas precisos para medir la masa muscular, incluida la tomografía computada, el análisis de bioimpedancia y la ecografía, sin embargo, no todos son habitualmente factibles en la práctica clínica de la UCI.

7. El uso del ultrasonido en la evaluación de la masa muscular en pacientes en estado crítico ha ganado mucha atención recientemente porque no es invasivo y se puede utilizar fácilmente a pie de cama.

En resumen, este estudio se justificó por la necesidad de encontrar soluciones prácticas para la valoración del GEB en pacientes en estado crítico sin acceso a calorimetría indirecta, con el objetivo de mejorar la toma de decisiones nutricionales y optimizar el soporte nutricional en entornos clínicos desafiantes.

Este estudio fue ético ya que se respetó en todo momento los principios de autonomía, beneficencia y no maleficencia, y de justicia. Se presentó ante los comités de investigación y ética en investigación y bajo consentimiento informado.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Comparar el grado de sarcopenia a través de la medición ultrasonográfica del diámetro del músculo cuádriceps de pacientes críticamente enfermos bajo ventilación mecánica invasiva, alimentados con nutrición enteral calculada a través de la producción de dióxido de carbono derivada del ventilador (VCO₂) versus cálculo ponderado por kilogramo día.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar el balance nitrogenado de pacientes con ventilación mecánica alimentados vía enteral con un GEB calculado por VCO₂ vs. un GEB ponderado a kg/día.
- Determinar los días bajo ventilación mecánica en pacientes alimentados vía enteral con un GEB calculado por VCO₂ vs. un GEB ponderado a kg/día.
- Determinar los días de estancia en UCI en pacientes alimentados vía enteral con un GEB calculado por VCO₂ vs. un GEB ponderado a kg/día.

MATERIAL Y MÉTODOS

DISEÑO Y TIPO DE ESTUDIO

Estudio: Experimental.

Objetivo: Comparativo.

Intervención del investigador: Aleatorizado y cegado.

Temporalidad: Longitudinal.

Direccionalidad: Prospectivo.

Conformación de grupos: Homodémico.

POBLACIÓN DE ESTUDIO

Pacientes con ventilación mecánica invasiva alimentados vía enteral del Hospital Regional Puebla, hospitalizados en la unidad de cuidados intensivos.

UNIVERSO DE TRABAJO

Derechohabientes del Hospital Regional Puebla.

TIEMPO DE EJECUCIÓN

6 meses.

ESQUEMA DE SELECCIÓN

Definición del grupo de control

Pacientes con ventilación mecánica alimentados vía enteral con un GEB ponderado a kg/día.

Definición del grupo a intervenir

Pacientes con ventilación mecánica alimentados vía enteral con un GEB calculado por VCO₂.

Criterios de inclusión

- Pacientes mayores de 18 años.
- Pacientes de ambos sexos.
- Pacientes en la unidad de cuidados intensivos.
- Pacientes bajo ventilación mecánica invasiva.
- Pacientes alimentados vía enteral.
- Pacientes con estancia mínima de 2 días.

Criterios de exclusión

- Pacientes con obesidad mórbida.
- Pacientes con SIRA severo.

Criterios de eliminación

- Pacientes que no deseen participar en el estudio.
- Pacientes en los que no se cuente con la información completa para el análisis.

TIPO DE MUESTREO

Muestreo probabilístico

Aleatorio simple.

Muestreo no probabilístico

No aplica.

METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA Y TAMAÑO DE LA MUESTRA

Al no contar con estudios similares, se decide realizar una prueba piloto con 10 pacientes para cada grupo.

DESCRIPCIÓN OPERACIONAL DE LAS VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	CLASIFICACIÓN METODOLÓGICA	ESCALA DE MEDICIÓN	VALOR	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
Edad	Tiempo cronológico de vida	Tiempo de vida en años	Independiente	Numérica continua	Años	Expediente clínico
Sexo	Característica fenotípica que define a una persona como hombre o mujer	Característica fenotípica que define a una persona como hombre o mujer	Independiente	Nominal dicotómica	0= Femenino 1= Masculino	Expediente clínico
Talla	Estatura en metros	Estatura en metros	Independiente	Numérica continua	Metros	Expediente clínico
Peso	Medida de la masa de una persona, expresada en kilogramos	Medida de la masa de una persona, expresada en kilogramos	Independiente	Numérica continua	Kilogramo	Expediente clínico
Peso ideal	Peso que permite a una persona mantener un buen estado de salud y calidad de vida	Peso que permite a una persona mantener un buen estado de salud y calidad de vida	Independiente	Numérica continua	Kilogramo	Expediente clínico
IMC	Razón matemática que asocia la masa y talla de un individuo	Kilogramo entre metro al cuadrado	Independiente	Numérica continua	Kg/m ²	Expediente clínico
Tipo de paciente	Establecer motivo de ingreso del paciente	Establecer motivo de ingreso del paciente	Independiente	Nominal dicotómica	0= Quirúrgico 1= Médico	Expediente clínico
Comorbilidades	Dos o más trastornos o enfermedades que ocurren en la misma persona	Presencia o ausencia de otras enfermedades que puedan influir en la evolución del paciente	Independiente	Escala nominal	1= DM 2= HAS 3= Obesidad 4= Otro 5= Ninguno 6= 2 ó más	Expediente clínico
SOFA	Sistema de evaluación de la aparición y evolución del Fallo Multiorgánico en enfermos de UCI	Puntaje obtenido a través del cuestionario	Independiente	Numérica continua	Puntaje	Expediente clínico
APACHE	Sistema de calificación que permite predecir la mortalidad en UCI	Puntaje obtenido a través del cuestionario	Independiente	Numérica continua	Puntaje	Expediente clínico
NUTRIC score	Riesgo nutricional en los pacientes críticamente enfermos	Puntaje obtenido a través del cuestionario. Siendo bajo riesgo	Independiente	Nominal dicotómica	Bajo riesgo <5 puntos = 0 Alto riesgo >6 puntos = 1	Expediente clínico

Comparación del grado de sarcopenia de pacientes críticamente enfermos bajo VMI, alimentados con nutrición enteral calculada a través de VCO2 versus cálculo por fórmula.

		<5 puntos y alto >6 puntos				
Calorías calculadas por fórmula estándar	GEB calculado mediante fórmula estándar	Kcal calculadas en base a fórmula estándar	Independiente	Numérica continua	Calorías	20-25 Kcal/kg/día
VCO2	Eliminación de CO2 por minuto	Consumo de CO2 obtenido por capnografía volumétrica de 24 horas	Independiente	Numérica continua	L/min	Capnógrafo
Calorías calculadas por VCO2	GEB calculado mediante la eliminación de CO2 por minuto	Kcal calculadas en base a la eliminación de CO2 por minuto y la fórmula modificada de Weir	Dependiente	Numérica continua	Calorías	VCO2 × 8.19
Diámetro del músculo cuádriceps	Diámetro del músculo cuádriceps obtenido por mediciones ultrasonográficas.	Grosor en cm de la masa muscular del cuádriceps medido en el punto medio de una línea trazada de la espina iliaca anterosuperior a la parte superior de la rótula.	Independiente	Numérica continua	Centímetros	Ultrasonido
Balance nitrogenado	Equilibrio entre el nitrógeno que se recibe en la dieta y el nitrógeno excretado	Diferencia entre el nitrógeno que se recibe en la dieta y el nitrógeno excretado, calculado por balance nitrogenado en orina de 24 horas.	Independiente	Escala nominal	2 a 6 gr/día adecuado = 1 -2 a 2 gr/día equilibrado = 2 Menor a -2 gr/día insuficiente = 3	Nitrógeno ureico aportado -nitrógeno ureico eliminado
Urea	Compuesto orgánico que se produce en el hígado a partir de la descomposición de proteínas	Valor de laboratorio	Independiente	Numérica continua	Mg/dL	Expediente clínico
Días de ventilación mecánica	Número de días que el paciente recibe apoyo mecánico ventilatorio	Número de días que el paciente recibe apoyo mecánico ventilatorio	Independiente	Numérica continua	Días	Expediente clínico

Días de estancia en UCI	Número de días que el paciente se encuentra en la unidad de cuidados intensivos	Número de días que el paciente se encuentra en la unidad de cuidados intensivos	Independiente	Numérica continua	Días	Expediente clínico
Condición de egreso	Establecer condición de egreso del paciente	Establecer condición de egreso del paciente	Independiente	Nominal dicotómica	0= Vivo 1= Muerto	Expediente clínico

TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS EMPLEADOS

Todo paciente ingresado en la terapia intensiva y que se proyectó estar bajo ventilación mecánica invasiva se tomó en cuenta para nuestro estudio. Se recabaron datos generales del paciente como edad, sexo, motivo de ingreso, talla, peso, peso ideal, IMC, comorbilidades, SOFA score, APACHE y NUTRIC score. Además, el día del ingreso por medio de ultrasonografía se midió el diámetro del músculo cuádriceps en el punto medio de una línea trazada de la espina iliaca anterosuperior a la parte superior de la rótula. Posteriormente se conformaron 2 grupos, grupo control (GEB ponderado) y grupo de intervención (GEB calculado por VCO₂), previa aleatorización se inició alimentación vía enteral a ambos grupos el día 1 al 50% y al segundo día al 100%. Durante los cinco días posteriores se midió nuevamente el diámetro del músculo cuádriceps en el mismo punto. Además, al cuarto día se realizó balance nitrogenado y se clasificó de acuerdo con su resultado en adecuado, equilibrado e insuficiente. También se recabó la medición de urea al ingreso, al tercer y quinto día de estancia. Finalmente se determinaron los días de estancia en la UCI, los días bajo ventilación mecánica y la condición de egreso.

PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos se recolectaron en hoja diseñada específicamente para este fin, también se procesaron en programa Excel.

Para la estadística univariada: las variables nominales son expresadas en frecuencias y porcentajes. Las variables numéricas son expresadas en medidas de posición, medidas de tendencia central y de dispersión.

Para la inferencia estadística, se realizó comparación de medias por T de Student, U de Mann-Whitney y Chi-cuadrado, se realizó análisis de regresión logística para determinar la asociación entre el cálculo del aporte calórico basal por VCO₂ y fórmula.

PRUEBA PILOTO

Al no contar con estudios similares, se decide realizar una prueba piloto con 10 pacientes para cada grupo.

ASPECTOS ÉTICOS

Este proyecto se realizó bajo los principios éticos en materia de investigación. Código de Nuremberg, Declaración de Helsinki y CIOMS (Internacional Ethical Guidelines for Biomedical Research) y la Ley General de Salud Mexicana en materia de investigación.

Se vigiló en todo momento los siguientes principios:

- Autonomía: Todo participante decidió libremente su participación bajo consentimiento informado.
- Beneficencia y no maleficencia: Siempre se buscó que en las intervenciones se obtuviera el mayor beneficio con el menor riesgo posible.
- Justicia: Todo participante tuvo la misma oportunidad de participar con los beneficios y riesgos equilibrados.
- Protección de sus datos personales: La información personal recabada de cada participante solo fue la relacionada para los fines de investigación y los investigadores involucrados fueron los únicos con acceso a la misma.

El proyecto fue evaluado y aprobado por los comités de investigación y ética en investigación del Hospital Regional ISSSTE Puebla.

CONFLICTO DE INTERES

Los investigadores declaran no tener conflicto de interés.

RESULTADOS

El estudio incluyó a 20 pacientes, de los cuales el 55% eran hombres. La edad promedio de los participantes fue de 63.8 años. En cuanto las características antropométricas, la media de la talla fue de 1.6 m, del peso fue de 76.1 kg, del peso ideal de 60.0 kg y del IMC de 29.2 kg/m² (Tabla 1).

El motivo de ingreso se dividió en dos grupos, 75% ingresaron posterior a algún procedimiento quirúrgico y el resto por patología no quirúrgica. Las comorbilidades más frecuentes fueron diabetes mellitus (20%) e hipertensión arterial sistémica (15%), también se encontró que en el 35% de los pacientes había múltiples comorbilidades y en el 10% no presentaba ninguna. Además, encontramos que nuestra población de estudio se presentó con un SOFA de 9.3 (\pm 2.8), APACHE de 21 (\pm 10.6) y un NUTRIC SCORE de 4.1 (\pm 2.0) (Tabla 1).

Durante los cinco primeros días de estancia en la UCI se midieron el diámetro del músculo cuádriceps de ambos lados. Los valores de los diámetros de músculo cuádriceps del lado derecho fueron de 23.3 mm al ingreso, al segundo día y al tercer día, de 23.3 mm al cuarto día y de 23.1 mm al quinto día. Mientras que los valores de los diámetros del músculo cuádriceps del lado izquierdo fueron de 23.1 mm al ingreso, 23.0 mm al segundo y tercer día, de 22.9 mm al cuarto día y de 22.8 mm al quinto día (Tabla 1).

El tiempo promedio de estancia en la UCI fue de 7.4 días y el promedio de días con ventilación mecánica fue de 7.0 días. Durante el estudio, se tomaron muestras de urea al ingreso y posteriormente al tercer y quinto día, teniendo como resultado una media de 61.7 mg/dL, 54.7 mg/dL y 59.7 mg/dL respectivamente. Además, se realizó el balance nitrogenado al cuarto día, encontrando un balance equilibrado en el 20% e insuficiente en el 80%, cabe mencionar que en ningún paciente se encontró un balance adecuado. Del total de pacientes, el 95% sobrevivió (Tabla 1).

Tabla 1. Características demográficas, antropométricas y clínicas de la población de estudio.	
Variables	n= 20
Grupo de estudio n(%)	
Fórmula	10 (50)
VCO ₂	10 (50)
Sexo n(%)	
Femenino	9 (45)
Masculino	11 (55)
Edad (años) $\bar{X} \pm DE$	
	63.8 \pm 15.5
Comorbilidades n(%)	
Diabetes Mellitus	4 (20)
Hipertensión Arterial Sistémica	3 (15)
Otro	4 (20)
Ninguno	2 (10)
2 ó más	7 (35)
Características antropométricas $\bar{X} \pm DE$	
Talla (m)	1.6 \pm 0.1
Peso (kg)	76.1 \pm 22.7
Peso ideal (kg)	60 \pm 9.6
IMC (kg/m ²)	29.2 \pm 10.1
Escalas de gravedad $\bar{X} \pm DE$	
SOFA	9.3 \pm 2.8
APACHE	21 \pm 10.6
NUTRIC SCORE	4.1 \pm 2
Tipo de paciente n(%)	
Médico	5 (25)
Quirúrgico	15 (75)
Diámetro de músculo cuádriceps derecho (mm) $\bar{X} \pm DE$	
Al ingreso	23.3 \pm 1.6
Al segundo día	23.3 \pm 1.6
Al tercer día	23.3 \pm 1.6
Al cuarto día	23.3 \pm 1.5
Al quinto día	23.1 \pm 1.6
Diámetro de músculo cuádriceps izquierdo (mm) $\bar{X} \pm DE$	
Al ingreso	23.1 \pm 1.4
Al segundo día	23.0 \pm 1.4
Al tercer día	23.0 \pm 1.4
Al cuarto día	22.9 \pm 1.4
Al quinto día	22.8 \pm 1.5
Urea (mg/dL) $\bar{X} \pm DE$	
Al ingreso	61.7 \pm 37
Al tercer día	54.7 \pm 39.3
Al quinto día	59.7 \pm 49.1
Balance nitrogenado (gr/día) al cuarto día n(%)	
Adecuado	0 (0)
Equilibrado	4 (20)
Insuficiente	16 (80)
Días de estancia en la UCI $\bar{X} \pm DE$	
	7.4 \pm 3.6
Días de ventilación mecánica $\bar{X} \pm DE$	
	7 \pm 4.4
Condición de egreso n(%)	
Vivo	19 (95)
Muerto	1 (5)

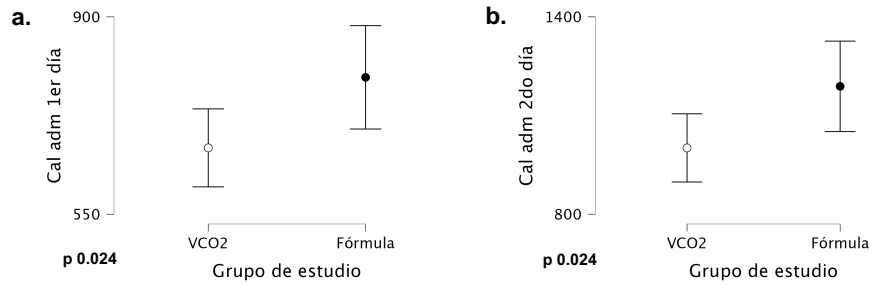
Entre los 20 pacientes incluidos, al 50% se le calculó nutrición enteral mediante cálculo ponderado por kg/día y al otro 50% en base a la producción del dióxido de carbono derivado del ventilador.

En el primer grupo el 70% fueron pacientes masculinos. En cuanto a las características antropométricas, la edad promedio fue de 64.4, la talla promedio de 1.6, peso promedio de 70.4 e IMC promedio de 25.9. La comorbilidad más frecuente fue diabetes mellitus y en cuanto a las escalas de gravedad encontramos SOFA promedio de 8.9, APACHE de 16.8 y un NUTRIC score de 3.6. El 80% de los pacientes ingresaron por patología quirúrgica. Las calorías administradas en promedio al primer día fueron de 792.8 y al segundo día de 1,188. Los diámetros del músculo cuádriceps del lado izquierdo se encontraron entre 22.2 mm y 22.4 mm. El balance nitrogenado fue insuficiente en el 86% de los pacientes (Tabla 2).

En el segundo grupo el 60% fueron pacientes masculinos. En cuanto a las características antropométricas, la edad promedio fue de 63.2, la talla promedio de 1.6, peso promedio de 81.9 e IMC promedio de 32.6. La mayoría de los pacientes tuvieron múltiples comorbilidades y en cuanto a las escalas de gravedad encontramos SOFA promedio de 9.8, APACHE de 25.2 y un NUTRIC score de 4.7. El 70% de los pacientes ingresaron por patología quirúrgica. Las calorías administradas en promedio al primer día fueron de 667 y al segundo día de 1,001.7. Los diámetros del músculo cuádriceps del lado izquierdo se encontraron entre 23.5 mm y 23.7 mm. El balance nitrogenado fue insuficiente en el 62% de los pacientes (Tabla 2).

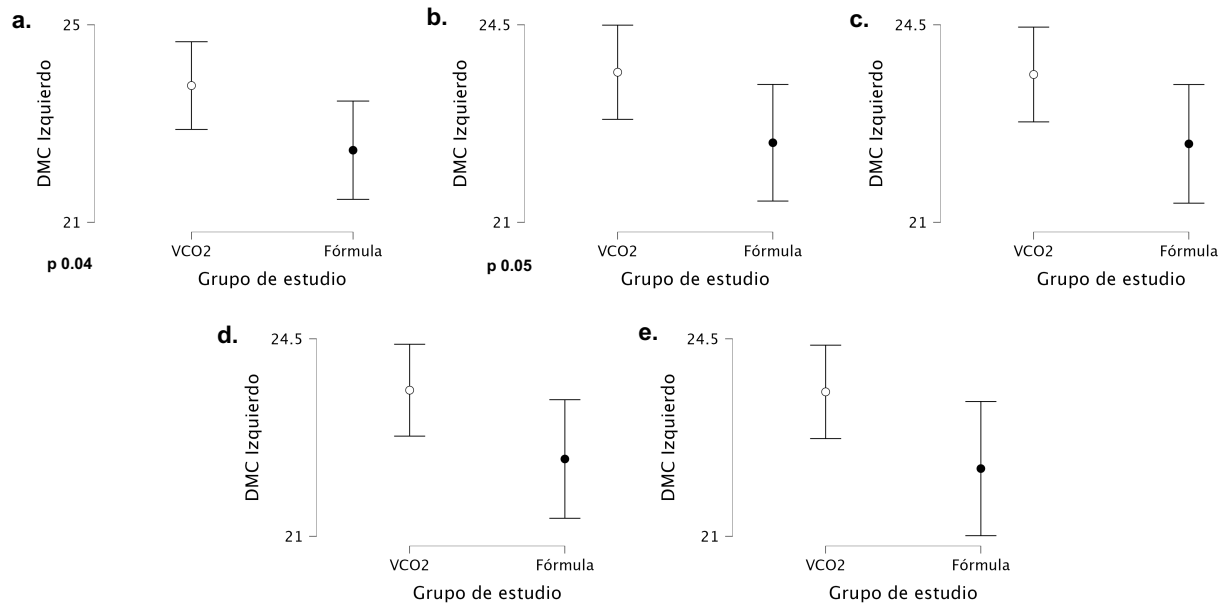
Tabla 2. Comparación de variables entre los grupos de estudio			
Variable	Fórmula	VCO2	p
	n= 10	n=10	
Sexo n(%)			
Femenino x	3 (30)	4 (40)	0.2
Masculino x	7 (70)	6 (60)	0.2
Características antropométricas $\bar{X} \pm DE$			
Edad (años) *	64.4 \pm 16.1	63.2 \pm 15.9	0.9
Talla (m) *	1.6 \pm 0.1	1.6 \pm 0.09	0.5
Peso (kg) +	70.4 \pm 17.8	81.9 \pm 26.5	0.5
IMC (kg/m2) +	25.9 \pm 4.6	32.6 \pm 13.1	0.3
Peso ideal (kg) *	63.4 \pm 10.2	56.7 \pm 8.3	0.1
Comorbilidades n(%)			
Diabetes Mellitus x	3 (30)	1 (10)	0.3
Hipertensión Arterial Sistémica x	1 (10)	2 (20)	0.3
Otro x	1 (10)	3 (30)	0.3
Ninguno x	2 (20)	0 (0)	0.3
2 ó más x	3 (30)	4 (40)	0.3
Escalas de gravedad $\bar{X} \pm DE$			
SOFA +	8.9 \pm 1.7	9.8 \pm 3.6	0.4
APACHE *	16.8 \pm 5.5	25.2 \pm 13.0	0.07
NUTRIC SCORE *	3.6 \pm 1.7	4.7 \pm 2.1	0.2
Tipo de paciente n(%)			
Médico x	2 (20)	3 (30)	0.6
Quirúrgico x	8 (80)	7 (70)	0.6
Calorías $\bar{X} \pm DE$			
Calorías por fórmula *	1,585 \pm 256.1	1,419 \pm 207.6	0.1
Calorías por VCO2 *	1,493.3 \pm 236.6	1,335.6 \pm 193.2	0.1
Kcal administradas el primer día *	792.8 \pm 128.1	667.7 \pm 96.6	0.02
Kcal administradas el segundo día *	1,188.8 \pm 192.1	1,001.7 \pm 144.8	0.02
Diámetro de músculo cuádriceps derecho (mm) $\bar{X} \pm DE$			
Al ingreso *	22.7 \pm 1.7	23.9 \pm 1.4	0.1
Al segundo día *	22.7 \pm 1.7	23.9 \pm 1.3	0.1
Al tercer día *	22.7 \pm 1.7	23.9 \pm 1.3	0.1
Al cuarto día *	22.7 \pm 1.5	23.8 \pm 1.3	0.1
Al quinto día *	22.4 \pm 1.6	23.8 \pm 1.3	0.07
Diámetro de músculo cuádriceps izquierdo (mm) $\bar{X} \pm DE$			
Al ingreso *	22.4 \pm 1.3	23.7 \pm 1.2	0.04
Al segundo día *	22.4 \pm 1.4	23.6 \pm 1.6	0.05
Al tercer día *	22.3 \pm 1.4	23.6 \pm 1.1	0.05
Al cuarto día *	22.3 \pm 1.4	23.5 \pm 1.1	0.05
Al quinto día *	22.2 \pm 1.6	23.5 \pm 1.1	0.05
Urea (mg/dL) $\bar{X} \pm DE$			
Al ingreso *	59.5 \pm 28.8	63.9 \pm 45.2	0.8
Al tercer día +	50.2 \pm 27.2	59.2 \pm 49.7	0.9
Al quinto día +	54.5 \pm 25.3	64.8 \pm 66.2	0.5
Balance nitrogenado al cuarto día n(%)			
Equilibrado x	1 (14)	3 (38)	0.3
Insuficiente x	6 (86)	5 (62)	0.3
Días de estancia en la UCI *	6.9 \pm 3.3	8 \pm 4	0.5
Días de ventilación mecánica *	6.3 \pm 3.5	7.7 \pm 5.2	0.5
Condición de egreso n(%)			
Vivo x	10 (100)	9 (90)	0.3
Muerto x	0 (0)	1 (10)	0.3
* p < 0.05 t de Student			
+ p < 0.05 U de Mann-Whitney			
x p < 0.05 Chi-cuadrado			

Gráfico 1. Comparación de las calorías administradas entre ambos grupos de estudio.



a. Calorías administradas el primer día. b. Calorías administradas el segundo día.

Gráfico 2. Comparación de diámetro de músculo cuádriceps izquierdo entre ambos grupos de estudio.



a. Diámetro de músculo cuádriceps izquierdo al ingreso. b. Diámetro de músculo cuádriceps izquierdo al segundo día. c. Diámetro de músculo cuádriceps izquierdo al tercer día. d. Diámetro de músculo cuádriceps izquierdo al cuarto día. e. Diámetro de músculo cuádriceps izquierdo al quinto día.

DISCUSIÓN

En búsqueda de una herramienta para calcular el gasto energético basal cuando no se cuenta con calorimetría indirecta, la literatura nos menciona dos métodos alternativos más accesibles y fáciles de implementar. Éste se puede realizar por fórmula predictiva o mediante el VCO2 derivada del ventilador, y en base a esto, decidimos realizar un estudio comparativo entre dichas opciones.

Se comparó el grado de sarcopenia de pacientes críticamente enfermos bajo ventilación mecánica invasiva, alimentados con nutrición enteral calculada a través de la producción de dióxido de carbono derivado del ventilador versus cálculo ponderado por kilogramo día.

En la comparación de medias entre grupos de intervención por t de Student de las variables utilizadas en nuestro estudio, pudimos observar que los valores de p de las kilocalorías administradas el primer y el segundo día, y el diámetro de músculo cuádriceps del lado izquierdo en todas las mediciones mostraron diferencia significativa. Sin embargo, al realizar una regresión logística de las variables previamente mencionadas, se observa que no existe tal diferencia ($p > 0.05$). En el resto de las variables, los valores de p indican que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ellas, sugiriendo características similares en los valores obtenidos.

Además, se encontró asociación estadísticamente significativa mediante análisis de regresión lineal entre el diámetro del músculo cuádriceps derecho al ingreso, con el IMC ($p 0.026$) y peso ($p 0.041$); al segundo día con la talla ($p 0.006$), peso ($p 0.016$), IMC ($p 0.027$) y peso ideal ($p 0.018$); y al quinto día con patología médica (0.018), talla (0.017) y peso (0.016). Cabe mencionar que al tercer y cuarto día no se encontró asociación estadísticamente significativa.

También, se encontró asociación estadísticamente significativa mediante análisis de regresión lineal entre el diámetro del músculo cuádriceps izquierdo al ingreso, con el peso ($p 0.045$); al segundo día con mortalidad ($p 0.032$), talla ($p 0.006$), peso ($p 0.009$), IMC ($p 0.016$) y peso ideal ($p 0.049$); al tercer día con patología médica ($p 0.035$), talla ($p 0.030$),

peso (p 0.028) e IMC (0.044); y al cuarto día con patología médica (p 0.035), talla (p 0.034), peso (p 0.034). Al quinto día no se encontró asociación estadísticamente significativa.

No hubo asociación estadísticamente significativa en ninguna de las mediciones del diámetro muscular y el método de cálculo calórico, ya sea por fórmula o por VCO2. Tampoco hubo asociación estadísticamente significativa en mortalidad y el método de cálculo calórico, ya sea por fórmula o por VCO2; con una p 1.0 y OR 1.19.

Por lo que podemos establecer que no hubo diferencia significativa en el grado de sarcopenia por medición ultrasonográfica del diámetro del músculo cuádriceps de ambos grupos. Observamos que, aunque sí existen pequeñas diferencias entre las calorías administradas en ambos grupos, esto no presenta una significancia estadística al menos en los primeros 5 días.

Finalmente es importante mencionar que, en los cálculos de gasto energético basal, se observó que el calculado por fórmula predictiva siempre fue mayor que el calculado por VCO2. Por lo que creemos que puede ser un factor que puede impactar directamente con los resultados nutricionales a largo plazo.

De acuerdo con lo descrito por Singer, el cálculo del gasto energético basal por fórmulas puede exagerar las demandas energéticas, tal como vimos en nuestro estudio. Además, al igual que Singer, consideramos que el VCO2 es un método que proporciona una evaluación continua y permite una estimación más exacta del metabolismo. Stapel y cols. también refieren que el cálculo de la nutrición por VCO2 permite ajustes diarios en la nutrición de los pacientes.

Rousing et al, realizó un estudio comparando el cálculo del gasto energético basal por calorimetría indirecta, fórmula predictiva y VCO2, donde el VCO2 fue significativamente mejor que la fórmula predictiva.

Sin embargo, es crucial mencionar que actualmente no hay un estudio que compare el grado de sarcopenia de pacientes alimentados con gasto energético basal calculado por fórmula predictiva y por VCO₂ del ventilador. Por lo que nuestro estudio es el primero que busca comparar dos métodos de cálculo del gasto energético basal de fácil acceso y uso, con el grado de sarcopenia de los pacientes estudiados.

Esta investigación, al ser una prueba piloto, puede no reflejar adecuadamente la diferencia de ambos métodos con respecto a la sarcopenia. Consideramos que se debe realizar esta investigación con un número mayor de participantes y dar un seguimiento más prolongado, para poder determinar si alguno de los métodos es superior al otro.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

1. El balance nitrogenado se comporta de igual manera tanto en pacientes con ventilación mecánica alimentados vía enteral con un GEB calculado por VCO2 versus GEB calculado por fórmula predictiva.
2. Los días de ventilación mecánica no fue diferente en pacientes con ventilación mecánica alimentados vía enteral con un GEB calculado por VCO2 versus GEB calculado por fórmula predictiva.
3. Los días de estancia en la UCI no fue diferente en pacientes con ventilación mecánica alimentados vía enteral con un GEB calculado por VCO2 versus GEB calculado por fórmula predictiva.

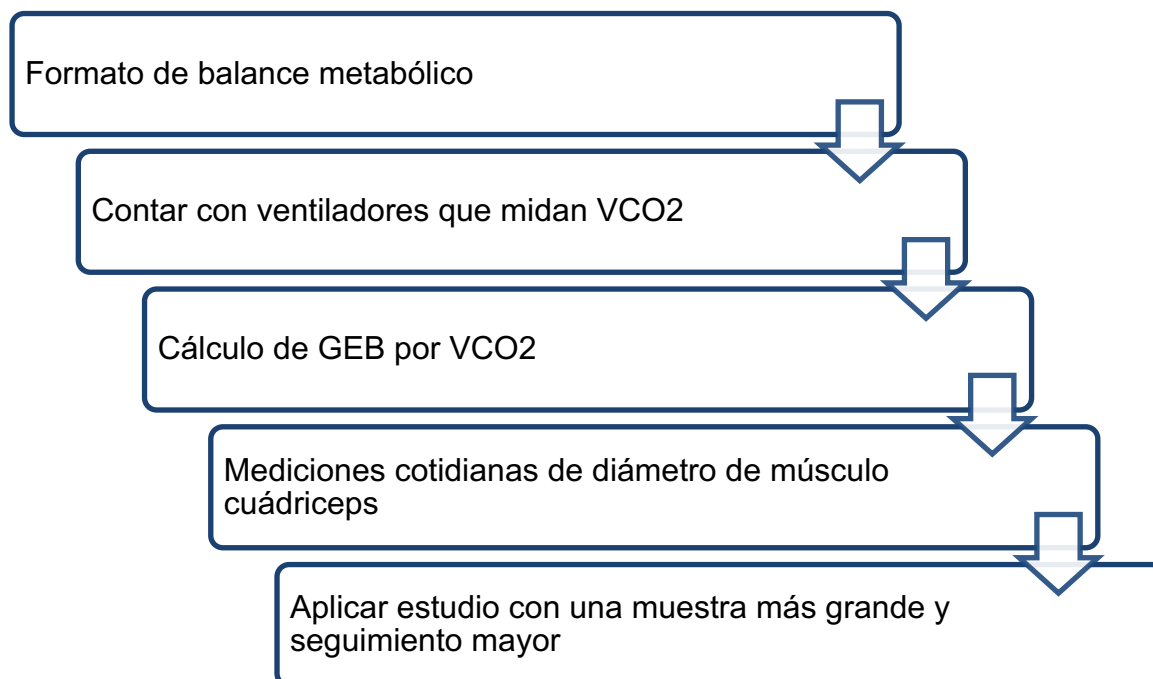
CONCLUSIÓN GENERAL

Podemos afirmar que son comparables el grado de sarcopenia de pacientes críticamente enfermos bajo ventilación mecánica invasiva, alimentados con nutrición enteral calculada a través de la producción de dióxido de carbono derivada del ventilador (VCO2) versus cálculo ponderado por kilogramo día. Y que, el cálculo del gasto energético basal calculado por VCO2 es tan eficaz como el calculado por fórmula predictiva durante los primeros cinco días.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar este estudio con un número mayor de participantes, así como un seguimiento más prolongado, con el fin de determinar con mayor exactitud si existe diferencia entre ambos grupos.
2. Se recomienda continuar con el cálculo del GEB mediante el VCO2 del ventilador, ya que se demostró ser comparable con el cálculo por fórmula predictiva, además que permite un ajuste dinámico de los requerimientos energéticos del paciente.
3. Se recomienda que todos los ventiladores de la unidad de cuidados intensivos cuenten con la capacidad de medir VCO2.
4. Se recomienda la implementación de un formato de balance metabólico, para incentivar la aplicación de estas medidas de forma continua.
5. Se recomienda la medición del músculo cuádriceps de forma rutinaria en la UCI, como predictor de sarcopenia.

PROPUESTA DE MEJORA (ALGORITMO)



BIBLIOGRAFÍA

- Achamrah, N., Delsoglio, M., De Waele, E., Berger, M. M., & Pichard, C. (2021). Indirect calorimetry: The 6 main issues. In *Clinical Nutrition* (Vol. 40, Issue 1, pp. 4–14). Churchill Livingstone. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2020.06.024>
- Alberto Castañón González, J., Miranda Ruíz, R., Antonio León Gutiérrez, M., & Nut Rocío Elena Torres, L. (1999). Cálculo y medición del gasto energético en pacientes en estado crítico. In *Revista de la Asociación Mexicana de* (Vol. 13, Issue 1). www.medigraphic.com
- Barreto, E. F., Kanderi, T., DiCecco, S. R., Lopez-Ruiz, A., Poyant, J. O., Mara, K. C., Heimgartner, J., Gajic, O., Rule, A. D., Nystrom, E. M., & Kashani, K. B. (2019). Sarcopenia Index Is a Simple Objective Screening Tool for Malnutrition in the Critically Ill. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 43(6), 780–788. <https://doi.org/10.1002/jpen.1492>
- Bear, D. E., Wandrag, L., Merriweather, J. L., Connolly, B., Hart, N., & Grocott, M. P. W. (2017). The role of nutritional support in the physical and functional recovery of critically ill patients: A narrative review. In *Critical Care* (Vol. 21, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s13054-017-1810-2>
- Gubari, M. I. M., Hosseinzadeh-Attar, M. J., Hosseini, M., Mohialdeen, F. A., Othman, H., Hama-ghareeb, K. A., & Norouzy, A. (2020). Nutritional Status in Intensive Care Unit: A Meta-Analysis and Systematic Review. *Galen Medical Journal*, 9, e1678. <https://doi.org/10.31661/gmj.v9i0.1678>
- Jolliet, P., Pichard, C., Biolo, G., Chioli-ro, R., Grimble, G., Leverve, X., Nitenberg, G., Novak, I., Planas, M., Preiser, J.-C., Roth, E., Schols, A.-M., & Wernerman, J. (1999). Enteral nutrition in intensive care patients” a practical approach. In *Clinical Nutrition* (Vol. 18, Issue 1).
- Kerklaan, D., Augustus, M. E., Hulst, J. M., van Rosmalen, J., Verbruggen, S. C. A. T., & Joosten, K. F. M. (2017). Validation of ventilator-derived VCO₂ measurements to determine energy expenditure in ventilated critically ill children. *Clinical Nutrition*, 36(2), 452–457. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2016.01.001>
- Koekkoek, W. A. C., Xiaochen, G., van Dijk, D., & van Zanten, A. R. H. (2020). Resting energy expenditure by indirect calorimetry versus the ventilator-VCO₂ derived method in critically ill patients: The DREAM-VCO₂ prospective comparative study. *Clinical Nutrition ESPEN*, 39, 137–143. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2020.07.005>

- Kreymann, K. G. (2008). *Early nutrition support in critical care: a European perspective*.
- Lobatón, E. (2020). Malnutrición hospitalaria: etiología y criterios para su diagnóstico y clasificación. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo*, 3(1), 121–127. <https://doi.org/10.35454/rncm.v3n1.019>
- Osooli, F., Abbas, S., Farsaei, S., & Adibi, P. (2019). Identifying critically ill patients at risk of malnutrition and underfeeding: A prospective study at an academic hospital. *Advanced Pharmaceutical Bulletin*, 9(2), 314–320. <https://doi.org/10.15171/apb.2019.037>
- Paez Candelaria, Y., Romero García, L. I., Pereira Despaigne, C. O. L., Gondres Legró, K. M., Bacardí Zapata, P. A., & Legró Bisset, G. (2018). Predictive factors of malnutrition in seriously ill patients. *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo*, 18(1), 10–21. <https://doi.org/10.1016/j.acci.2017.11.004>
- Preiser, J. C., van Zanten, A. R. H., Berger, M. M., Biolo, G., Casaer, M. P., Doig, G. S., Griffiths, R. D., Heyland, D. K., Hiesmayr, M., Iapichino, G., Laviano, A., Pichard, C., Singer, P., Van den Berghe, G., Wernerman, J., Wischmeyer, P., & Vincent, J. L. (2015). Metabolic and nutritional support of critically ill patients: Consensus and controversies. *Critical Care*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s13054-015-0737-8>
- Rousing, M. L., Hahn-Pedersen, M. H., Andreassen, S., Pielmeier, U., & Preiser, J. C. (2016). Energy expenditure in critically ill patients estimated by population-based equations, indirect calorimetry and CO₂-based indirect calorimetry. *Annals of Intensive Care*, 6(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s13613-016-0118-8>
- Singer, P. (2016). Simple equations for complex physiology: Can we use VCO₂ for calculating energy expenditure? In *Critical Care* (Vol. 20, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s13054-016-1251-3>
- Singer, P., Blaser, A. R., Berger, M. M., Calder, P. C., Casaer, M., Hiesmayr, M., Mayer, K., Montejo-Gonzalez, J. C., Pichard, C., Preiser, J. C., Szczeklik, W., van Zanten, A. R. H., & Bischoff, S. C. (2023). ESPEN practical and partially revised guideline: Clinical nutrition in the intensive care unit. *Clinical Nutrition*, 42(9), 1671–1689. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2023.07.011>
- Sobotka, L. (2017). *Nutritional Assessment and Techniques*.
- Stapel, S. N., de Grooth, H. J. S., Alimohamad, H., Elbers, P. W. G., Girbes, A. R. J., Weijs, P. J. M., & Oudemans-van Straaten, H. M. (2015a). Ventilator-derived carbon dioxide

- production to assess energy expenditure in critically ill patients: Proof of concept. *Critical Care*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s13054-015-1087-2>
- Stapel, S. N., de Grooth, H. J. S., Alimohamad, H., Elbers, P. W. G., Girbes, A. R. J., Weijs, P. J. M., & Oudemans-van Straaten, H. M. (2015b). Ventilator-derived carbon dioxide production to assess energy expenditure in critically ill patients: Proof of concept. *Critical Care*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s13054-015-1087-2>
- Stapel, S. N., de Grooth, H. J. S., Alimohamad, H., Elbers, P. W. G., Girbes, A. R. J., Weijs, P. J. M., & Oudemans-van Straaten, H. M. (2015c). Ventilator-derived carbon dioxide production to assess energy expenditure in critically ill patients: Proof of concept. *Critical Care*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s13054-015-1087-2>
- Van Dyck, L., Casaer, M. P., & Gunst, J. (2018). Autophagy and Its Implications Against Early Full Nutrition Support in Critical Illness. *Nutrition in Clinical Practice*, 33(3), 339–347. <https://doi.org/10.1002/ncp.10084>
- Van Ruijven, I. M., Stapel, S. N., Molinger, J., & Weijs, P. J. M. (2021). Monitoring muscle mass using ultrasound: A key role in critical care. In *Current Opinion in Critical Care* (Vol. 27, Issue 4, pp. 354–360). Lippincott Williams and Wilkins. <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000846>
- Wernerman, J. (2011). Individualized ICU nutrition for a better outcome. In *Intensive Care Medicine* (Vol. 37, Issue 4, pp. 564–565). <https://doi.org/10.1007/s00134-011-2149-9>

ANEXOS

ANEXO 1. Formato de hoja de recolección de datos.



HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

“Comparación del grado de sarcopenia de pacientes críticamente enfermos bajo ventilación mecánica invasiva, alimentados con nutrición enteral calculada a través de la producción de dióxido de carbono derivada del ventilador (VCO₂) versus cálculo ponderado por kilogramo día”.

FECHA DE INGRESO	
FECHA DE EGRESO	
ID DEL PACIENTE	
CAMA	
EDAD	
SEXO	FEMENINO () MASCULINO ()
TALLA	
PESO	
PESO IDEAL	
IMC	
TIPO DE PACIENTE	QUIRÚRGICO () MÉDICO ()
COMORBILIDADES	DIABETES MELLITUS () HIPERTENSIÓN ARTERIAL SISTÉMICA () OBESIDAD () OTRO () NINGUNO () 2 Ó MÁS ()
SOFA	
APACHE	
NUTRIC SCORE	BAJO RIESGO <5 () ALTO RIESGO >5 ()
CALORÍAS CALCULADAS POR FÓRMULA ESTÁNDAR	
VCO ₂ DE 24 HORAS	
CALORÍAS CALCULADAS POR VCO ₂	VCO ₂ X 8.19 =
DIÁMETRO DEL MÚSCULO CUÁDRICEPS	AL INGRESO:
	SEGUNDO DÍA:
	TERCER DÍA:
	CUARTO DÍA:
	QUINTO DÍA:
UREA	AL INGRESO:
	TERCER DÍA:
	QUINTO DÍA:
BALANCE NITROGENADO AL CUARTO DÍA	2 A 6 GR/DÍA ADECUADO () -2 A 2 GR/DÍA EQUILIBRADO () < A -2 GR/DÍA INSUFICIENTE ()
DÍAS DE VENTILACIÓN MECÁNICA	
DÍAS DE ESTANCIA EN UCI	
CONDICIÓN DE EGRESO	VIVO () MUERTO ()

ANEXO 2. Medición del músculo cuádriceps por ultrasonografía.

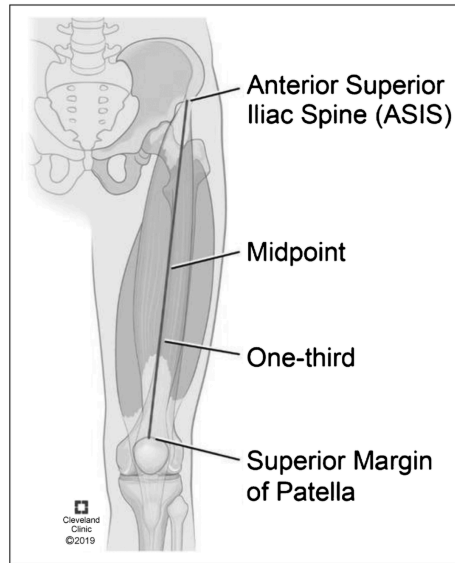


Figura 1. Puntos de referencia para la medición del diámetro del músculo cuádriceps. Publicado por Bury C, DeChicco R, Nowak D, et al. Use of bedside ultrasound to assess muscle changes in the critically ill surgical patient. JPEN J Parenter Enteral Nutr 2020;45:394-402.

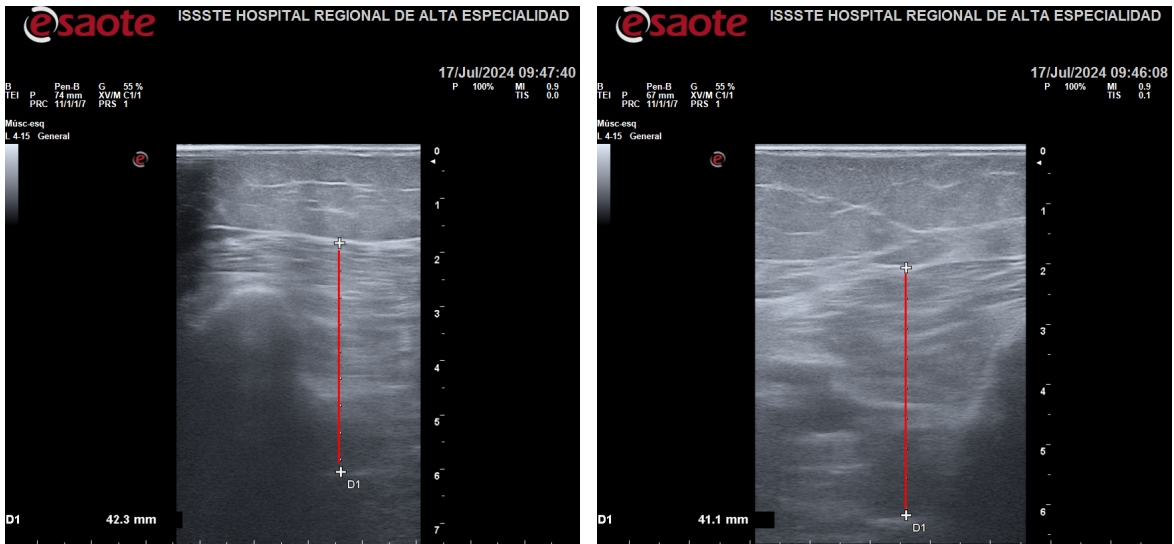


Figura 2 y 3. Medición del diámetro del músculo cuádriceps.

ANEXO 3. Medición del VCO₂ derivada del ventilador.

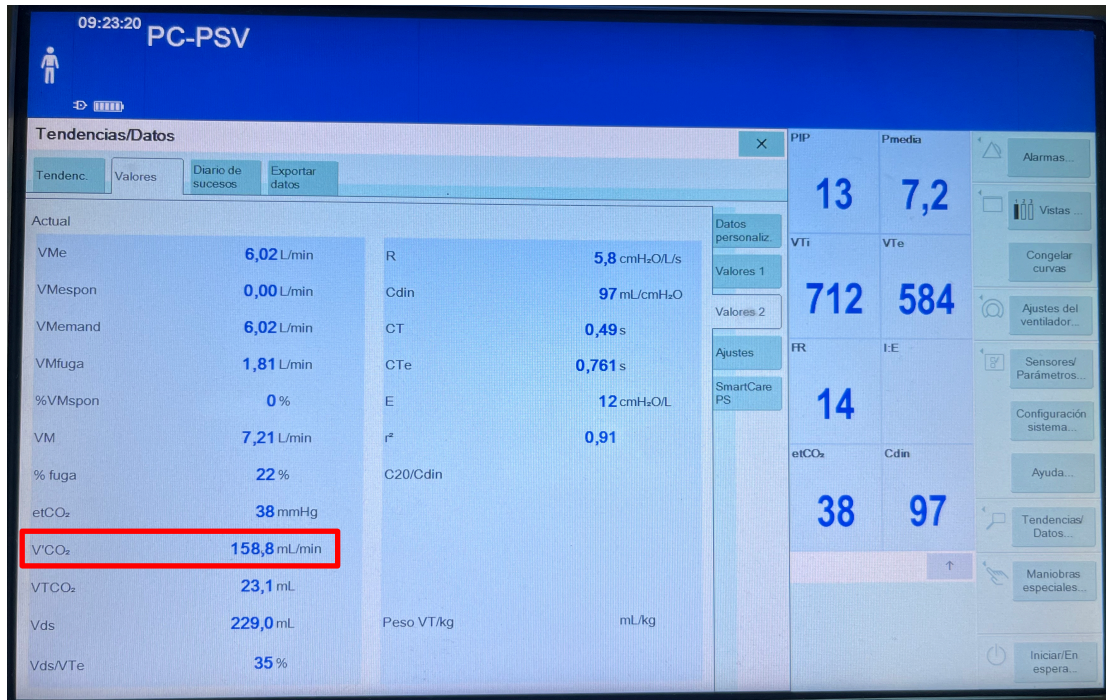


Figura 4. Medición del VCO₂ derivada del ventilador.

ANEXO 4. Puntuación SOFA (Sequential Organ Failure Assessment).

SOFA score	0	1	2	3	4
Respiración: PaO ₂ /FiO ₂	>400	≤400	≤300	≤200 y VM	100 y VM
Sistema nervioso: Escala de coma de Glasgow	15	13 - 14	10 - 12	6 – 9	<6
Sistema cardiovascular (PA o dosis de catecolaminas)	No hipotensión	PAM <70 mmHg	*Dop ≤ 5 o Dop (cualquier dosis)	*Dop > 5 o Epi ≤ 0,1 o Nor ≤ 0,1	*Dop > 15 o Epi > 0,1 o Nor > 0,1
Hígado: Bilirrubina (mg/dL)	<1.2	1.2 - 1.9	2.0 - 5.9	6.0 – 11.9	>12.0
Coagulación: Plaquetas x10 ³	>150	<150	<100	<50	<20
Sistema renal (Creatinina o aclaramiento)	<1.2	1.2 – 1.9	2.0 – 3.4	3.5 – 4.9 (o <500 ml/d)	>5.0 (o <200 ml/d)

* La dosis de medicación vasopresora está en mcg/kg/min.

PAM: presión arterial media. Dop: dopamina. Epi: adrenalina. Nor: noradrenalina.

Sistema SOFA (Sequential Organ Failure Assessment): Medición diaria de fallo orgánico múltiple de seis posibles disfunciones orgánicas. Cada órgano se clasifica de 0 (normal) a 4 (el más anormal), proporcionando una puntuación diaria de 0 a 24 puntos. El SOFA durante los primeros días de ingreso en la UCI es un buen indicador de pronóstico. Tanto la media, como la puntuación más alta son predictores particularmente útiles de resultados. Independiente de la puntuación inicial, un aumento en la puntuación SOFA durante las primeras 48 horas en la UCI predice una tasa de mortalidad de al menos el 50%.

ANEXO 5. Sistema de valoración de la gravedad APACHE II (Acute Physiology And Chronic Health Evaluation).

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)	> 499	350-499	200-349		< 200				
Si FiO2 ≤ 0.5 (paO2)					> 70	61-70		56-60	< 56
pH arterial	> 7,69	7,60-7,69		7,50-7,59	7,33-7,49		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)		
≤ 44	0	Postoperatorio programado	2						
45 - 54	2	Postoperatorio urgente o Médico	5						
55 - 64	3			Total Puntos APACHE II (A+B+C+D)					
65 - 74	5			Enfermedad crónica:					
≥ 75	6			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					

* Creatinina: Doble puntuación si FRA

ANEXO 6. Puntaje NUTRIC.

Tabla 1. Variables del puntaje NUTRIC.

Variable	Rango	Puntos
<u>Edad</u>	<50	0
	50 - <75	1
	≥75	2
<u>APACHE II</u>	<15	0
	15 - <20	1
	20 - 28	2
	≥28	3
<u>SOFA</u>	<6	0
	6 - <10	1
	≥10	2
<u>Número de comorbilidades</u>	0 - 1	0
	≥2	1
<u>Días de hospitalización a ingreso a UCI</u>	0 - <1	0
	≥2	1
<u>IL-6</u>	0 - <4,000	0
	≥4,000	1

Tabla 2. Sistema puntuación puntaje NUTRIC: si IL-6 no disponible.

Suma de puntos	Categoría	Explicación
5 - 9	Puntaje alto	<ul style="list-style-type: none"> • Asociado con peor pronóstico clínico (mortalidad, ventilación). • Estos pacientes con mayor probabilidad se beneficiarán de terapia nutricional agresiva.
0 - 4	Puntaje bajo	<ul style="list-style-type: none"> • Estos pacientes tienen un riesgo bajo de malnutrición.

ANEXO 7. Formato de consentimiento informado.



CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN UN ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN EN SALUD

Título del protocolo: **Comparación del grado de sarcopenia de pacientes críticamente enfermos bajo ventilación mecánica invasiva, alimentados con nutrición enteral calculada a través de la producción de dióxido de carbono derivada del ventilador (VCO2) versus cálculo ponderado por kilogramo día.**

Investigador principal: **Samantha Atenea Negreros García.**
Sede donde se realizará el estudio: **ISSSTE PUEBLA.**
Teléfono y horario donde localizarlo: **2224453511, Lunes a viernes de 08:00-14:00 hrs.**

Investigador asociado: **Sergio Reyes Inurrigarro**
Sede donde se localiza: **ISSSTE PUEBLA.**
Teléfono y horario donde localizarlo: **2224453511, Lunes a viernes de 08:00-14:00 hrs.**

A usted se le está invitando a participar en este estudio de investigación médica. Antes de decidir si participa o no, debe conocer y comprender cada uno de los siguientes apartados. Este proceso se conoce como consentimiento informado. Siéntase con absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto que le ayude a aclarar sus dudas al respecto. Una vez que haya comprendido el estudio y si usted desea participar, entonces se le pedirá que firme esta forma de consentimiento, de la cual se le entregará una copia firmada y fechada.

JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.

Este estudio se justifica por la necesidad de encontrar soluciones prácticas para la valoración del gasto energético basal, es decir la cantidad de alimento necesario para mantener las funciones vitales en pacientes críticos, con el objetivo de mejorar la toma de decisiones nutricionales.

OBJETIVOS DEL ESTUDIO.

Comparar el grado de desnutrición a través de la medición por ultrasonido del diámetro del músculo del muslo de los pacientes en la unidad de cuidados intensivos que se encuentran intubados, alimentados con dieta por sonda calculada por diversos métodos.

BENEFICIOS DEL ESTUDIO

Este estudio permitirá que en un futuro otros pacientes puedan beneficiarse del conocimiento obtenido al reconocer el mejor método para el cálculo de la dieta y disminuir el riesgo de desnutrición.

PROCEDIMIENTO DEL ESTUDIO

En caso de aceptar participar en el estudio se le realizarán algunas preguntas sobre su paciente, sus hábitos y sus antecedentes médicos, y se realizará la medición del diámetro del músculo del muslo al ingreso y a los cinco días.

RIESGOS ASOCIADOS CON EL ESTUDIO

Ninguno.

Este estudio consta de las siguientes fases:

La primera implica la medición del diámetro del músculo del muslo al ingreso.
La segunda implica la administración de la dieta por sonda calculada por diversos métodos.
La tercera implica una nueva medición del diámetro del músculo del muslo durante los cinco días posteriores al ingreso.
Finalmente, la recolección de datos del expediente clínico.

En caso de que usted desarrolle algún efecto secundario o requiera otro tipo de atención, está se le brindará en los términos que siempre se le ha ofrecido.

ACLARACIONES

- Su decisión de participar en el estudio es completamente voluntaria.
- No habrá ninguna consecuencia desfavorable para usted, en caso de no aceptar la invitación.
- Si decide participar en el estudio puede retirarse en el momento que lo desee, aun cuando el investigador responsable no se lo solicite, informando las razones de su decisión, la cual será respetada en su integridad
- No tendrá que hacer gasto alguno durante el estudio.
- No recibirá pago por su participación.
- En el transcurso del estudio usted podrá solicitar información actualizada sobre el mismo, al investigador responsable.
- La información obtenida en este estudio, utilizada para la identificación de cada paciente, será mantenida con estricta confidencialidad por el grupo de investigadores.
- En caso de que usted desarrolle algún efecto adverso secundario no previsto, tiene derecho a una indemnización, siempre que estos efectos sean consecuencia de su participación en el estudio.
- Usted también tiene acceso a las Comisiones de Investigación y Ética del Instituto en caso de que tenga dudas sobre sus derechos como participante del estudio, solicitando información a través de: (proporcionar nombre de un integrante del comité, teléfono y horario de localización).
- Si considera que no hay dudas ni preguntas acerca de su participación, puede, si así lo desea, firmar la Carta de Consentimiento Informado anexa a este documento.

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, _____ he leído y comprendido la información anterior y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. He sido informado y entiendo que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicado o difundidos con fines científicos. Convento en participar en este estudio de investigación.

Recibiré una copia firmada y fechada de esta forma de consentimiento informado.

Firma del participante o del padre o tutor. Fecha

Testigo
Domicilio
Parentesco

Testigo
Domicilio
Parentesco.

En esta parte debe ser completada por el Investigador (o su representante):
He explicado al Sr. (a), _____ la naturaleza y los propósitos de la investigación; los riesgos y beneficios que implica su participación. He contestado a las preguntas en la medida de lo posible y he preguntado si tiene alguna duda. Acepto que he leído y conozco la normatividad correspondiente para realizar investigación con seres humanos y me apegó a ella.
Una vez concluida la sesión de preguntas y respuestas, se procedió a firmar el presente documento

Firma del investigador. Fecha.