

Roxana Torres Cota

Asociación del desgaste muscular mediante ultrasonografía con biomarcadores, escala de riesgo nutricional y de gravedad en pacientes críticos del Hospital General de Querétaro

2023



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ciencias Naturales

Asociación del desgaste muscular mediante ultrasonografía con biomarcadores, escala de riesgo nutricional y de gravedad en pacientes críticos del Hospital General de Querétaro

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Maestría en Nutrición Clínica Integral

Presenta

Roxana Torres Cota

Dirigido por:

Lorena Ruelas Herrera

Querétaro, Qro. A 18 de Enero del 2023



Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales de
Información



Asociación del desgaste muscular mediante
ultrasonografía con biomarcadores, escala de riesgo
nutricional y de gravedad en pacientes críticos del
Hospital General de Querétaro

por

Roxana Torres Cota

se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Clave RI: CNMAC-300588-0223-123



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales
Maestría en Nutrición Clínica Integral

**Asociación del desgaste muscular mediante
ultrasonografía con biomarcadores, escala de riesgo
nutricional y de gravedad en pacientes críticos del Hospital
General de Querétaro**

Opción de titulación
Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de
Maestría en Nutrición Clínica Integral

Presenta:
Roxana Torres Cota

Dirigido por:
Lorena Ruelas Herrera

Rosalva Hernández Oviedo
Secretario

Jorge Chávez Servín
Sinodal

Nara E. Lara Pompa
Sinodal

Laura Ojeda Navarro
Sinodal

Nombre y Firma
Director de la Facultad

Dr. Irineo Torres Pacheco
Director de Investigación y Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
18 de Enero 2023

RESUMEN

Introducción: Actualmente son pocos los estudios que evalúan la relación del MD medido mediante la US y marcadores nutricios como el balance nitrogenado, marcadores inflamatorios como PCR y escalas de riesgo como el APACHE II, NUTRIC, y SOFA. Existe discrepancia respecto a la relación entre el MD y algunos marcadores nutricios como es el NUTRIC o el balance de nitrógeno, aunque algunos resultados indican una relación significativa entre la pérdida de masa muscular (MM) y el balance de nitrógeno negativo. Resultados: La población de estudio fue conformada por 16 pacientes masculinos con enfermedad crítica en la UCI. Se reporto una pérdida significativa de MM del 18.34 % durante los primeros 7 días. Se encontró una mejoría significativa en los puntajes de todas las escalas evaluadas, un mantenimiento de la perdida de nitrógeno medido mediante el balance de nitrógeno y una mejoría sin ser significativa de PCR. El 87.5% de los pacientes recibieron nutrición enteral temprana cubriendo por encima del 60% de sus requerimientos proteicos, en cuanto al aporte energético se cubrió un 87.5% por encima del 70% de las necesidades energéticas. Conclusión: Las escalas de riesgo, nutricionales y marcadores inflamatorios mejoran a expensas de la utilización de la MM (evidenciado por la continua perdida de nitrógeno y la disminución en el grosor de cuádriceps), es posible que la temprana y adecuada intervención nutricional juega un papel fundamental en la mejoría significativa de los puntajes de las escalas de riesgo durante la fase aguda. Es preciso que en los futuros estudios se considere la variable de la nutrición como dependiente, pues pudiera ser el factor principal para la notable mejoría de las escalas de riesgo en esta población.

PALABRAS CLAVE. Desgaste muscular, paciente crítico, nutrición enteral, escalas de riesgo

ABSTRACT

Introduction: Currently, there are few studies that evaluate the relationship of MD measuring by US and nutritional markers such as nitrogen balance, inflammatory markers such as PCR, and risk scales such as APACHE II, NUTRIC, and SOFA. There is discrepancy regarding the relationship between MD and some nutritional markers such as NUTRIC or nitrogen balance, although some results indicate a significant relationship between loss of muscle mass and negative nitrogen balance. Results: The study population consisted of 16 male patients with critical illness in the ICU. A significant loss of muscle mass of 18.34% was reported during the first 7 days. A significant improvement was found in the scores of all the scales evaluated, a maintenance of the loss of nitrogen measured by the nitrogen balance and an improvement without being significant of PCR. 87.5% of the patients received early enteral nutrition covering more than 60% of their protein requirements, in terms of energy intake, 87.5% covered more than 70% of energy needs. Conclusion: The scales of risk, nutritional and inflammatory markers improve at the expense of the use of muscle mass (evidenced by the continuous loss of nitrogen and the decrease in the thickness of the quadriceps), it is possible that early and adequate nutritional intervention plays a fundamental role in the significant improvement of the scores of the risk scales during the acute phase. It is necessary that in future studies the nutrition variable be considered as dependent, since it could be the main factor for the notable improvement of the risk scales in this population.

KEYWORDS. Muscle wasting, critical patient, enteral nutrition, risk scales

Dedicatorias.

A mi hijo Leonardo que me acompañó en esta aventura con mucha paciencia, a mis padres que me brindaron su apoyo incondicional en todo momento y a mí por siempre creer en mí misma.

Agradecimientos.

A CONACYT y a la Universidad Autónoma de Querétaro, por permitirme continuar con mis estudios de posgrado y brindarme las herramientas para concluir mi formación académica.

Al Nuevo Hospital General de Querétaro y a la Secretaría de Salud del estado de Querétaro que me permitió realizar mi formación como investigadora.

A Dra Lorena Ruelas Herrera mi directora de tesis por su paciencia, por compartirme de su experiencia, y brindarme herramientas y conocimiento para tratar al paciente hospitalizado no solo en el área profesional si no como humano.

Al Dr. Joaquín Aguirre Córdoba y a la Dra Rosalva Hernández que gracias a su apoyo, exigencia y pasión me permitieron entender la labor tan imprescindible del nutriólogo clínico en el área crítica.

A mis docentes y sinodales por sus valiosos comentarios en la creación de este escrito y mi formación académica.

A mis compañeras pasantes del Hospital General de Querétaro por su apoyo y compartirme su pasión por la nutrición clínica.

Índice.

I. Introducción.....	10
II. Revisión literatura	
a. Paciente en estado crítico y desgaste muscular	12
b. Ultrasonografía de cuádriceps como método de desgaste muscular.....	16
c. Marcadores nutricios y escalas de riesgo de gravedad	19
d. Desgaste muscular y marcadores	20
III. Objetivos	23
IV. Hipótesis	23
V. Materiales y métodos	
a) Diseño del estudio	24
b) Población y muestra	24
c) Criterios de selección	24
d) Método	25
e) Consideraciones éticas	28
f) Análisis estadístico	28
VI. Resultados	29
VII. Discusión	36
VIII. Conclusión	40
IX. Referencias	41
X. Anexos	45

Índice de tablas

I.	Estudios realizados en pacientes críticos que han utilizado ultrasonografía de cuádriceps como método de desgaste muscular	17
II.	Escala de Heckmatt	19
III.	Descripción de las características demográficas de la población. Las variables continuas son representadas en medias y desviación estándar (\pm DE) Para variables categóricas se representan en números y porcentajes (n, %)	29
IV.	Características evaluadas en los pacientes durante la fase aguda de la enfermedad crítica	30

Índice de Figuras

I.	Punto medio entre espina iliaca anteroinferior y el borde superior de la rotula ...	26
II.	Estructuras anatómicas del vasto intermedio y el recto femoral	27
III.	Asociación de desgaste muscular y SOFA inicial	31
IV.	Asociación de desgaste muscular y NUTRIC Score inicial	32
V.	Asociación de desgaste muscular y APACHE II inicial	32
VI.	Asociación de edad y desgaste muscular.....	33
VII.	Asociación del desgaste muscular con metas proteicas	34
VIII.	Asociación del desgaste muscular con metas energéticas	35

INTRODUCCIÓN

El desgaste muscular (MD) en el paciente crítico se caracteriza por la depleción de los tejidos magros y se define como la expresión de eventos fisiopatológicos desencadenados por trauma, inflamación e hipercatabolia en el que pudiera involucrarse también el aporte insuficiente de energía y nutrientes (Chapela, 2018). El MD se ha convertido en un parámetro de predicción de fracasos terapéuticos, aumento de la estancia hospitalaria, complicaciones de la enfermedad de base e incluso la muerte. Existe poca información referente a la epidemiología del MD; algunos investigadores han encontrado prevalencias de hasta 60% en los pacientes críticos en unidad de cuidados intensivos (UCI) (Weijs, 2014). A lo largo de los años se han utilizado diversas técnicas para estimar el MD en esta población, tal es el caso de la densitometría dual de rayos X (DEXA), tomografía axial computarizada (TAC), resonancia magnética (RM), bioimpedancia eléctrica (BIA) entre otros. Sin embargo, en años más recientes ha tomado gran relevancia la utilización de la ultrasonografía (US) del cuádriceps como un método válido, económico y preciso. De ahí que resulte importante correlacionar este método con otros marcadores nutricios con la finalidad de valorar la US como una medida alterna de menor costo, mayor accesibilidad, inocua, y no invasiva. La ventaja de la US es que es un método portátil, pues se realiza en la cabecera del paciente y podría contemplarse como una alternativa para evaluar el impacto de la intervención nutricia y la mejora en el estado nutricional del paciente.

Actualmente son pocos los estudios que evalúan la relación del MD medido mediante la US y marcadores nutricios como el balance nitrogenado, marcadores inflamatorios como PCR y escalas de riesgo como el APACHE II, NUTRIC, y SOFA.

Existe discrepancia respecto a la relación entre el MD y algunos marcadores nutricios como es el NUTRIC o el balance de nitrógeno, aunque algunos resultados indican una relación significativa entre la pérdida de MM y el balance de nitrógeno negativo. Por lo que es factible sustituir el método de balance de nitrógeno por la US, siendo este último una herramienta más rápida y práctica, con la ventaja de

poderse utilizarse en pacientes con lesión aguda en estados de oliguria. Por otro lado, es recomendable evaluar la relación del MD con las escalas de gravedad como APACHE II y SOFA, ya que se ha visto que a mayor número de órganos afectados mayor es el MD.

La utilización de la US como alternativa para valorar el DM y asociarlo con las escalas de riesgo nutricional y de gravedad en pacientes críticos podría contemplarse como una alternativa para identificar oportunamente un estado catabólico e iniciar con una intervención nutricional adecuada y mejorar el estado nutricional del paciente, por lo que es necesario su estudio. Aunado a estas ventajas, se podría optimizar el tiempo, el uso de recursos materiales y humanos en la atención del paciente crítico.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

- **Paciente en estado crítico y desgaste muscular**

El paciente en estado crítico se define como aquél que presenta alteraciones fisiopatológicas las cuales han alcanzado un nivel de gravedad que representan una amenaza para la vida y que al mismo tiempo que existe una potencial recuperación. Existen cuatro características básicas que definen al paciente crítico: la presencia de una enfermedad grave, el potencial de revertir la enfermedad, la necesidad de asistencia y cuidados de enfermería continuos y de un área tecnificada (unidad de cuidados intensivos) (Aguilar G, 2017).

Estos individuos desarrollan una respuesta metabólica al trauma el cual se caracteriza por tres fases, fase ebb, fase flow y fase anabólica.

1. Fase de Ebb o disminución de la tasa metabólica en la fase de shock inicial (24-48 h)
2. Fase de Flow o fase catabólica (2-7 días)
3. Fase anabólica (si la pérdida de tejido puede ser reemplazada por resíntesis una vez que se detiene la respuesta metabólica al trauma)

La fase ebb se caracteriza por una disminución de la energía corporal total y de la excreción urinaria de nitrógeno, existen alteraciones hemodinámicas (hipotensión) debido a la disminución del volumen circulante efectivo. Por otra parte, durante la fase flow ocurre un alto consumo energía, consumo de oxígeno, aumento de proteólisis, y de la tasa metabólica, etc. con el objetivo de proteger la reparación del daño tisular y las funciones críticas de los órganos (Şimşek T, 2014).

El desgaste muscular en el paciente crítico es considerado un signo de mal pronóstico, se ha convertido en un parámetro de predicción de fracasos terapéuticos, prolongación de la estancia hospitalaria y la aparición de complicaciones, incluyendo la muerte. En la literatura el término MD aparece bajo conceptos tan variados como pérdida de MM y debilidad aguda adquirida en la UCI (Chapela, 2018).

El MD se puede presentar en diferentes órganos, particularmente puede afectar al músculo diafragmático, comprometiendo la mecánica ventilatoria y el intercambio de gases, desencadenando insuficiencia ventilatoria que resulta en la necesidad de ventilación mecánica. Por otra parte, el MD en las extremidades inferiores resulta en dificultades para mantener la posición bípeda, lo que afecta significativamente la autonomía del individuo, y lo obliga a la postración, y eventualmente a las úlceras por decúbito (Chapela, 2018).

El MD durante una enfermedad crítica es un proceso multifactorial, su aparición se ha considerado como consecuencia de la atrofia por desuso, la gravedad de la enfermedad e hipoxia. Se ha asociado también a estados de sepsis e inflamación con un aumento de los niveles de citocinas (Wandrag L, 2019).

En situaciones normales el hígado se encarga de mantener la síntesis de proteínas constitutivas o viscerales como como albúmina, prealbúmina, transferrina y proteína de unión al retinol, sin embargo, durante un estado catabólico la síntesis de proteínas hepáticas se redireccionan a la síntesis de proteínas de fase aguda (M, 2011), con la consecuente elevación de citocinas como la IL-1, IL-6, FNT- α y prostaglandinas (Chapela, 2018).

En esta fase ocurre una redistribución de la masa magra corporal, debido una rápida movilización y liberación de aminoácidos: algunos se utilizan como sustrato energético en el músculo esquelético, otros son utilizados para la síntesis de proteínas de fase aguda y por último, otros son utilizados en la reparación de las áreas lesionadas. Lo anterior explica la rápida disminución de la MM esquelética desaparezca. En este caso el catabolismo excede a la síntesis, y se presenta un balance nitrogenado negativo (García de Lorenzo, 2001).

La proteólisis muscular puede ser el factor clave del MD en la UCI. Trabajos recientes han demostrado que este aumento en la degradación de las proteínas musculares se atenúa durante las últimas etapas de la estancia en la UCI. Sin

embargo, el impacto negativo sobre la funcionalidad muscular y la calidad de vida puede persistir años después del alta del paciente de la UCI (Lad, 2020).

Estudios *in vitro* han demostrado que el TNF α es un estímulo endocrino clave para la disfunción contráctil en la inflamación crónica y que las especies reactivas de oxígeno (ROS) y el óxido nítrico (NO) derivadas del músculo participan en la depresión de la fuerza específica de la fibra muscular, lo que puede conducir a la atrofia muscular. Además, se ha demostrado que la interleucina (IL) -6; una citoquina clave involucrada en la inflamación crónica de bajo grado, facilita la atrofia muscular a través del debilitamiento del anabolismo muscular y la homeostasis energética (Tuttle, 2020).

Por otra parte, se han estudiado dos vías principales que desempeñan un papel fundamental en la facilitación de la degradación de las proteínas musculares: 1) el sistema de proteasoma de ubiquitina (UPS) y 2) la autofagia desregulada. La desregulación de la autofagia puede desempeñar un papel en la atrofia del músculo esquelético, en el músculo esquelético, tanto la autofagia aumentada como la disminuida conducirán a la pérdida y debilidad muscular (Lad, 2020).

Se ha observado también que los pacientes con insuficiencia multiorgánica presentan tasas de emaciación significativamente más altas que aquellos que presentan insuficiencia orgánica única (Wandrag, 2019). Es importante señalar que el MD se ha asociado con un aumento en la duración de la estancia en UCI (Mourtzakis, 2017).

Evaluar la MM durante la estadía en la UCI permite predecir la evolución del estado del paciente e identificar a aquellos con riesgo nutricional que se pudieran beneficiar en primera instancia de intervenciones nutricias personalizadas (Pardo, 2018).

A lo largo de los años se han implementado múltiples estrategias para estimar el MD como es la antropometría, la tomografía axial computarizada (TAC), absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA), entre otros. Sin embargo, en la actualidad el ultrasonido muscular de cuádriceps se ha posicionado como una

excelente alternativa debido a su practicidad (Chapela, 2018). Esta técnica ha demostrado tener grandes ventajas, entre ellas: ser un método portátil, ser no invasivo, tener un bajo costo, y ser de fácil utilización. Además, también puede proporcionar información sobre la arquitectura muscular incluyendo ángulo de penetración (el ángulo en el que se colocan las fibras musculares) y estructuras fasciculares (Mourtzakis, 2014). Asimismo, la evaluación secuencial de los cambios cuantitativos y cualitativos de la MM puede ayudar a identificar a los pacientes críticamente enfermos con alto riesgo de desnutrición que se pudieran beneficiar de un tratamiento nutricional especializado y valorar el impacto del mismo a través del tiempo (Hernandez, 2018).

Los músculos más ampliamente estudiados han sido los cuádriceps, puesto que son un grupo importante de músculos que soportan peso y representan importancia funcional (Mourtzakis, 2017). Por otra parte, se ha observado que los músculos de las extremidades inferiores son propensos a la atrofia temprana, evidenciado por una disminución del grosor durante los primeros cinco días de ingreso en la UCI, en comparación con las extremidades superiores, lo que convierte a estos músculos en un buen objetivo para la evaluación de la MM (Galindo, 2017).

En la literatura se han descrito sitios principales de medición de la MM del cuádriceps por US. El sitio “punto medio” o el sitio “dos tercios”; esto medido de la longitud entre la espina ilíaca anterosuperior (ASIS) y el polo superior de la rótula (Mourtzakis, 2014). Otro sitio que se ha utilizado para evaluar la MM del cuádriceps es 15 cm por encima del borde superior de la rótula (Tourel, 2020).

Pardo et al (2018) observaron una mayor confiabilidad intra- e inter-observador en las mediciones realizadas en el sitio “dos tercios”. También encontraron una fuerte correlación en la pérdida de MM entre las dos piernas (coeficiente r de 0.96 en el punto medio y r de 0.93 en el sitio dos tercios).

Existe poca evidencia sobre la prevalencia del MD en UCI. Weijs et al (2014), estimaron por TAC la pérdida de MM de la tercera vértebra lumbar en 240 pacientes

críticos con ventilación mecánica y encontraron que el 63% ellos la presentaron (Weijs P, 2014). Por otra parte, Puthuchery et al (2013) evaluaron por US la pérdida de MM mediante la medición en serie del área transversal del recto femoral (CSA) en pacientes mayores de 18 años en UCI, y observaron una reducción del 12.5% a los 7 días posteriores a su admisión en la UCI, para luego aumentar 17.7% al décimo día (Puthuchery ZA, 2013). Un estudio similar con el uso de US en pacientes en UCI, reportó una disminución del 16% del grosor del músculo cuádriceps femoral en la primera semana posterior a la admisión y del 24% en el día 21 (Pardo, 2018). En pacientes críticos con enfermedad obstructiva crónica (EPOC), se observó una pérdida del 17 al 30% de masa magra tras 10 días de hospitalización en UCI (Maynard-Paquette, 2020).

- **Ultrasonografía de cuádriceps como método de desgaste muscular**

La US ha mostrado ser un método prometedor para evaluar el músculo de pacientes en UCI o en entornos hospitalarios. Se ha informado que cuenta con una excelente fiabilidad en las mediciones ecográficas del espesor de la capa del músculo cuádriceps y al ser un equipo portátil permite estimar la MM a pie de cama. Lo anterior ha posicionado a la US como un excelente método para evaluar los efectos de las intervenciones nutricias sobre la atrofia muscular (Tillquist, 2014).

La Sociedad Americana de Nutrición Enteral y Parenteral (ASPEN), en 2019 señaló que esta técnica tiene el potencial para ser uno de los mejores métodos disponibles en la evaluación de la composición corporal, ya que el uso de otras técnicas es en gran medida poco viable en los pacientes críticos (Sheean, 2019).

Existen múltiples estudios que comprueban la validez y confiabilidad de la técnica de US como método para determinar el MD en pacientes críticos (Tabla 1).

Tabla 1. *Estudios realizados en pacientes críticos que han utilizado ultrasonografía de cuádriceps como método de desgaste muscular.*

Autores (Año)	Título	Comentario
Arbeille P, Kerbeci P, Capri A, Dann et al, (2009)	Quantification of muscle volume by echography: comparison with MRI data on subjects in long-term bed rest.	Realizaron una comparación entre el método del US y el estándar de oro, la resonancia magnética en pacientes encamados y reportaron una elevada precisión, con un coeficiente de correlación de 0.78.
Thomaes T, Thomis M, Onkelinx S, et al. (2012)	Reliability and validity of the ultrasound technique to measure the rectus femoris muscle diameter in older CAD-patients	Evaluaron el diámetro del músculo femoral de 45 adultos mayores con la técnica de US y la compararon con TAC; encontraron que las imágenes de US se pueden usar como una medida válida y confiable para evaluar el diámetro del músculo femoral en pacientes mayores.
Tourel C, Burnol L, Lanoiselé J, Molliex S, Viallon M, Croisille P, et al. (2020)	Reliability of standardized ultrasound measurements of quadriceps muscle thickness in neurological critically ill patients: a comparison to computed tomography measures.	Evaluaron mediante US la masa muscular de 38 pacientes en UCI, compararon los datos con TAC y no encontraron diferencia significativa y un sesgo de menos de 0.1 cm; el estudio mostró alta fiabilidad y reproducibilidad para la evaluación de la masa muscular del cuádriceps.

La evaluación de los cambios musculares a lo largo del tiempo mediante US de los músculos cuádriceps puede ser una herramienta confiable para ayudar a identificar a los pacientes críticamente enfermos con alto riesgo de desnutrición y valorar el impacto de diferentes intervenciones nutricias (Hernández, 2018).

Sabatino evaluó a pacientes con lesión renal aguda, realizo mediciones de cuádriceps (recto femoral y vasto intermedio) mediante US antes y después de la sesión de diálisis y no encontró diferencias entre las mediciones. Mostrando que el balance hídrico no influye en la medición del musculo por US (Sabatino A, 2016).

Por otra parte, a partir de la valoración de los músculos mediante US se puede identificar la ecogenicidad. Ésta se considera como un índice de agotamiento de miofibrillas, dando lugar a la acumulación de grasa intramuscular y tejido fibroso, común en los procesos de atrofia. Este parámetro de ecogenicidad se expresa de acuerdo con la escala de Heckmatt, la cual califica el grado de ecogenicidad en una escala de cuatro puntos (Tabla 2) (Hernandez A, 2018; Patejdl, 2019).

Tabla 2. Escala de Heckmatt

Grado	Característica
I	Ecogenicidad normal del músculo con un eco óseo intenso
II	Aumento de la ecogenicidad, pero con un eco óseo distinguible
III	Incremento de la ecogenicidad muscular, pero se reduce a la capacidad de identificar el eco óseo adyacente
IV	Ecogenicidad aumentada, que reduce la capacidad de identificar el eco óseo adyacente

La evaluación de la MM a través del método de US en el músculo femoral (espesor total del músculo) según lo descrito en el estudio de Gruther et al (2008), se detalla en el apartado de métodos.

- **Marcadores nutricios y escalas de riesgo de gravedad**

El balance nitrogenado se utiliza para evaluar los cambios de nitrógeno en el pool corporal. El paciente hospitalizado presenta importantes pérdidas nitrogenadas, por lo tanto, se emplea en el reconocimiento de estados de hipercatabolia. Este balance es el resultado de los aportes y las pérdidas de nitrógeno (en orina, de origen fecal y tegumentario). La excreción urinaria de nitrógeno ureico se relaciona con la intensidad del catabolismo proteico, es decir, mientras más intenso sea el estrés metabólico propio de la enfermedad, mayores serán las pérdidas nitrogenadas (Martinuzzi L, 2011).

Cada vez se utilizan con mayor frecuencia los marcadores inflamatorios séricos para el diagnóstico y el pronóstico de diversas patologías en el paciente crítico; entre los más utilizados se encuentra la proteína C reactiva (PCR). Evaluar este marcador al ingreso de UCI permite identificar a los pacientes que presentarán un pronóstico más desfavorable, y de esta manera implementar medidas más agresivas para intentar modificar dicha evolución (Prieto 2008).

Este marcador es el más utilizado para evaluar la inflamación con la MM, niveles elevados de PCR se ha asociado significativamente con mayor pérdida de MM. A pesar de esta fuerte asociación, no está claro si PCR actual directamente en la atrofia muscular. (Tuttle S.L., 2020).

Por otra parte, diversos estudios han evidenciado la relación entre el MD y el número de fallas orgánicas. Se ha visto que los pacientes con insuficiencia multiorgánica presentan prevalencias de pérdida de MM significativamente más altas que aquellos que presentan insuficiencia orgánica única (Puthuchear, 2013; Wandrag, 2019).

A lo largo de los años se han utilizado diversos métodos para identificar el riesgo de mortalidad, grado de insuficiencia orgánica, gravedad de la enfermedad, etc. La escala de riesgo APACHE II (*Acute Physiology and Chronic Health Evaluation*) ha mostrado ser confiable en la estadificación de la severidad del cuadro clínico (Gien, 2006). Al igual que la escala SOFA (*Sequential Organ Failure Assessment Score*) la cual se utiliza para predecir la mortalidad, caracterizar la gravedad de la enfermedad y establecer el grado de disfunción orgánica, mediante la evaluación de la función de órganos (Monares, 2016). Por otra parte, la puntuación NUTRIC (Nutrition Risk in the Critically Ill) es una herramienta cuyo objetivo es el de identificar a aquellos pacientes que se podrían beneficiar de un soporte nutricional agresivo, basándose en la cuantificación del riesgo de desarrollo de eventos adversos (Cruz, 2017).

- **Desgaste muscular y marcadores**

Wandrag et al (2019), evaluaron a 78 pacientes críticamente enfermos con una duración media de estancia en la UCI de 10 días, midieron el balance de nitrógeno y la profundidad muscular total. Los resultados mostraron una pérdida progresiva de profundidad muscular (pérdida media de 1.67 cm), una pérdida promedio de 1.2% de profundidad muscular/día en un seguimiento de 14 días, balance de nitrógeno negativo y un catabolismo continuo en pacientes que sobrevivieron más allá de los 7 días.

El equipo de Hernández (2018), encontró que el deterioro muscular medido por US se relaciona con la pérdida proteica observada en los balances nitrogenados urinarios. Por lo cual consideran oportuno evaluar el riesgo de desnutrición con este método, sin necesidad de esperar 24 horas para obtener el nitrógeno urinario, con la ventaja de poderse utilizar en pacientes con lesión aguda en estados de oliguria.

Por otra parte, también se ha estudiado la relación del desgaste muscular medido por US y algunos marcadores inflamatorios. Uno de ellos es la PCR, se ha

observado una fuerte asociación entre la concentración sanguínea de PCR y el % de pérdida de profundidad muscular en el día 14, en pacientes críticos (Wandrag, 2019).

Gutiérrez et al (2017), evaluaron el desgaste muscular mediante US en pacientes críticos y encontraron que a mayor puntaje en la escala de riesgo SOFA, mayor pérdida muscular. La escala de riesgo SOFA es utilizada para predecir mortalidad y establecer el grado de disfunción orgánica durante la estancia en terapia intensiva; por lo tanto, se concluye que a mayor pérdida de MM mayor mortalidad (Monares, 2016).

Estudios previos reportaron relación entre el desgaste muscular y el número de fallas orgánicas; pacientes con insuficiencia de un solo órgano mostraron una pérdida limitada (3%), mientras que la insuficiencia multiorgánica de más de 4 órganos mostró una pérdida muscular del 20% en la primera semana. Se concluyó que cuanto más grave era la enfermedad, más elevado era el estado catabólico y el desgaste muscular (Puthucheary, 2013).

En el paciente crítico la evaluación del MD mediante US pudiera ser una alternativa diagnóstica que permita realizar intervenciones oportunas y evaluar su evolución.

OBJETIVOS

Objetivo general

Asociar el desgaste muscular evaluado por ultrasonografía con balance de nitrógeno, marcador PCR, escala de riesgo nutricional NUTRIC Score, escala APACHE II y SOFA en los pacientes de la unidad de cuidados intensivos del Hospital General de Querétaro.

Objetivos específicos

1. Determinar prevalencia de desgaste muscular medido por ultrasonografía de cuádriceps.
2. Determinar el rango de edad con mayor prevalencia de desgaste muscular medido por ultrasonografía.
3. Identificar patologías con mayor prevalencia de desgaste muscular medido por ultrasonografía.
4. Asociar el desgaste muscular evaluado por ultrasonografía con las metas de energía y proteína al día 7 de estancia en la UCI
5. Determinar si a mayor puntaje en escalas NUTRIC Score, APACHE II y SOFA inicial mayor es el desgaste muscular evaluado por ultrasonografía.

HIPÓTESIS

Existe asociación entre el desgaste muscular evaluado por ultrasonido y biomarcadores, riesgo nutricio y de gravedad en pacientes en estado crítico de la unidad de cuidados intensivos del Hospital General de Querétaro.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño y población de estudio

Estudio descriptivo de carácter prospectivo longitudinal. El estudio se llevó a cabo en el Hospital General de Querétaro, en el que se incluyó pacientes mayores de 18 años de sexo masculino, evaluados en las primeras 48 horas a su ingreso en la UCI y posteriormente a día 7.

Tamaño de muestra

Se llevó a cabo un muestreo por conveniencia del total de pacientes en la unidad de cuidados intensivos, en el periodo comprendido de julio a diciembre 2021.

Criterios de selección

- Criterios de inclusión
 - Personas mayores de 18 años que ingresen a la UCI
 - Con evaluación en las primeras 48 horas de ingreso a la UCI
 - Con una tasa de filtración glomerular (TFG) > 20 ml / min.
 - Con índice de masa corporal (IMC) ≥ 18.5 y ≤ 34.9 kg /m².
 - Que se espere una estancia aproximada de 7 días.
- Criterios de exclusión
Pacientes:
 - Con antecedentes de trastornos neuromusculares (esclerosis múltiple, miastenia gravis, síndrome de Guillain Barre, distrofia muscular progresiva o congénita).
 - Con quemaduras en miembros inferiores
 - Con fracturas en miembros inferiores actuales
- Criterios de eliminación
 - Que fallezcan durante el estudio.

- Que sean trasladados a otra unidad hospitalaria durante el estudio.
- En los que no sea posible identificar estructuras musculares
- Que no esté de acuerdo el paciente familiar

Método

Inicialmente se reclutaron pacientes adultos masculinos de una sola unidad de cuidados intensivos críticamente enfermos del Hospital General de Querétaro en el periodo comprendido del mes de julio a diciembre del 2021.

Se identificaron a los pacientes que cumplan con los criterios de inclusión y se obtuvo firma de consentimiento informado al familiar responsable. (Anexo 1).

A continuación, a partir de la historia clínica se obtuvieron los datos para realizar el tamizaje nutricional Nutric Score, la escala de riesgo APACHE II y la escala SOFA. El Nutric Score es una herramienta que se utiliza con el objetivo de identificar a aquellos pacientes que se beneficiarían con un soporte nutricional, éste utiliza parámetros como la edad, escala APACHE II, SOFA, número de comorbilidades y los días de hospitalización antes del ingreso a la UCI (Cruz, 2017). Por otra parte, la escala de riesgo APACHE II incluye parámetros como la temperatura, tensión arterial media, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, PaO₂, pH arterial, sodio, potasio, creatinina sérica, hematocrito, cuenta de fórmula blanca, la puntuación de la escala de coma de Glasgow, edad y el estado de salud previo (la información será obtenida del expediente del paciente y se evalúa la presencia de inmunosupresión, insuficiencia hepática cardíaca, renal o respiratoria y la necesidad a un procedimiento quirúrgico) (Gien, 2006). El objetivo de la escala SOFA es la de predecir mortalidad, caracterizar la gravedad de la enfermedad y establecer el grado de disfunción orgánica. La escala de SOFA se compone de la suma del puntaje obtenido de la evaluación de seis órganos (sistema nervioso central, renal, hepático, respiratorio, cardiovascular y factores de coagulación). Cada órgano recibe un valor de cero a cuatro puntos calificado según el grado de disfunción (Monares, 2016).

En el mismo hospital se obtuvo el marcador de nitrógeno en orina en 24 horas para determinar el balance nitrogenado, y se ordenó el marcador inflamatorio proteína C reactiva en las primeras 48 h después del ingreso en la UCI.

Por último, se realizó la evaluación de la MM a través del método de US en el músculo cuádriceps (recto femoral y vasto intermedio) según lo descrito en el estudio de Gruther et al (2008), se coloca al paciente en posición supina con las piernas en extensión, con las puntas de los pies apuntando al techo. Se localizó el sitio de medición y se marca con tinta indeleble por un mismo investigador. Se realiza una medición en el punto medio de una línea trazada de la espina iliaca anteroinferior (AIIS) al borde superior de la rótula, como se muestra en la figura 1.



Fig 1. Punto medio entre espina iliaca anteroinferior y el borde superior de la rotula

Con el aparato de US en escala de grises y transductor lineal a 90 grados del musculo se obtiene una imagen estática donde se miden la distancia entre la parte superior del fémur y la interfaz del tejido adiposo, considerando el musculo recto femoral y vasto intermedio, como se muestra en la figura 2. Se realizan dos mediciones con la técnica de máxima presión y se obtiene un promedio. En mediciones donde existe una diferencia mayor a 0.1 cm se obtiene una tercer

medición y se obtiene el promedio. (Gruther W, 2008; Gutiérrez, 2017; Galindo, 2017). Se utilizó el ultrasonido SonoScape E1 Pro sistema de ultrasonido digital color Doppler. Escala de grises, modo B con transductor lineal de 4 a 12 mH.

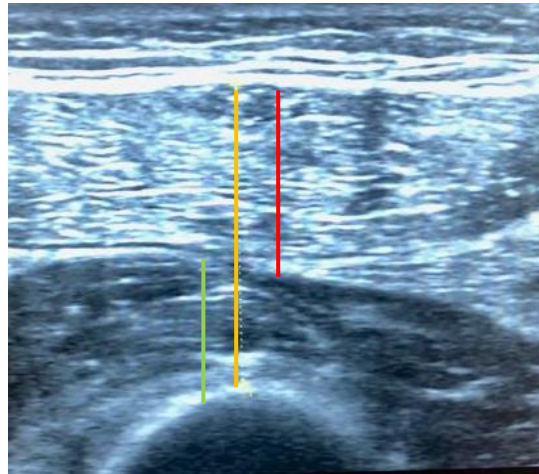


Fig 2. Estructuras anatómicas de cuádriceps. Imagen estática donde se muestra en color rojo el recto femoral y color verde el vasto intermedio.

.En el día 7 la responsable del proyecto repitió y obtuvo las mismas mediciones realizadas en el día 1, a saber: escalas de riesgo (APACHE II, Nutric Score, SOFA), datos bioquímicos (nitrógeno ureico y PCR) y evaluación del musculo de cuádriceps mediante US.

Los resultados de la US serán comparados en los días 1 y 7. Asimismo se realizarán correlaciones entre el MD y los marcadores nutricios y las escalas de riesgo en el día 1 y en el día 7.

Se realizó una capacitación de manera presencial y virtual por el autor en la técnica Carlos Alfredo Galindo durante el mes de mayo del 2021, así como una estandarización de la técnica implementando la técnica de US en 15 adultos sanos logrando una diferencia menor al 10% entre dos observadores, donde se evaluó la

fuerza de ambas observadoras a través de la técnica de dinamometría con el objetivo de unificar la fuerza ejercida al transductor.

Consideraciones éticas.

La presente investigación se realizó bajo los criterios de la Ley de Helsinki, la Ley general de salud y la autorización ante comité de bioética ante Universidad Autónoma de Querétaro (40FCN2021) y por el Comité Estatal de Investigación (1308 / 27-05-2021) durante el mes de Julio a Diciembre del 2021. (Anexo 6)

Análisis de datos y estadístico

- Estadística descriptiva: Se evaluará la normalidad con el test Shapiro-Wilk. Para las variables continuas con distribución normal se utilizará media y desviación estándar y en las de distribución no normal, se utilizará mediana y rango intercuartílico. Para las variables categóricas será el número de pacientes (n) y porcentajes (%).
- Estadística inferencial: Para determinar correlación de las variables numéricas con distribución normal se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, y en las variables con distribución no normal la correlación de Spearman. Se consideró estadísticamente significativo los valores de $p < 0.05$. Para determinar la correlación en las variables categóricas (como diagnóstico médico, grupo de edad y metas proteicas) se utilizó ANOVA en los grupos determinados como normales y Kruskal-Wallis en los grupos no normales.
- Se utilizará el programa estadístico *Stata* para el análisis de las variables.

RESULTADOS

La población de estudio fue conformada por 16 pacientes masculinos con enfermedad crítica en la UCI. En la tabla 1, se muestran las características generales de la población pudiendo apreciarse que predomina una edad media de 42 años, así como un IMC de 26.25 ± 2.7 . Se observa también que el diagnóstico de ingreso de mayor frecuencia fue traumático (62.5 %) seguido por EVC (25%) y de menor frecuencia con el 6.25% cada uno, sangrado de tubo digestivo y tumor. Por último, se muestra el tipo de nutrición que se indicó en los pacientes, siendo la más frecuente la vía enteral (82.3%). (Tabla 1)

Tabla 3. Descripción de las características demográficas de la población. Las variables continuas son representadas en medias y desviación estándar (\pm DE) Para variables categóricas se representan en números y porcentajes (n, %).

Características de la población Media \pm DE	
Peso (kg)	73.93 \pm 12.01
Talla (m)	1.67 \pm 0.073
Edad (años)	41.50 \pm 18.01
IMC (kg/m ²)	26.25 \pm 2.75
Diagnóstico de ingreso n (%)	
Traumático	10 (62.5)
Medico / Quirúrgico	6 (37.5)
Tipo de nutrición n (%)	
Nutrición enteral	13 (81.25%)
Mixta (NE + VO)	2 (12.5%)
Nutrición parenteral total	1 (6.25%)

En la tabla 2 se observa como durante los primeros 7 días de estancia del paciente con enfermedad crítica, existió una pérdida de MM medida por US del 18.34 ± 6.82 % ($p < 0.05$).

- **Asociación del desgaste muscular con escalas nutricional y de riesgo, balance de nitrógeno y PCR**

Por otra parte, se observó una mejoría significativa entre los puntajes iniciales y al día 7 de las escalas de riesgo y nutricionales. La variable con mayor diferencia significativa entre los días uno y siete fue la escala de riesgo APACHE II, con una media de 21.81 ± 6.03 puntos para el día uno y de 13.56 para el día siete con una diferencia significativa de $p < 0.001$, seguida por las escalas de riesgo SOFA con una media de 9.37 ± 2.41 para el día uno y de 5.66 ± 3.86 para el día siete ($p < 0.003$) y NUTRIC con una media de 5.31 ± 1.74 para el día uno y de 3.18 ± 2.0 para el día siete ($p < 0.003$). En los marcadores como PCR y el balance de nitrógeno no se encontró diferencia significativa (Tabla 2).

Tabla 4. Características evaluadas en los pacientes durante la fase aguda de la enfermedad crítica

	Medición inicial (media \pm DE)	Medición final (media \pm DE)	Diferencia	P < 0.05
Balance de nitrógeno (g)	-7.91 \pm (5.16)	-6.94 \pm (7.06)	-1.03	> 0.05
Grosor cuádriceps (mm)	17.09 \pm (4.27)	13.91 \pm (3.52)	-3.18	< 0.05
Proteína c reactiva (mg/l)	22.68 \pm (11.49)	15.63 \pm (5.40)	-7.05	> 0.05
SOFA	9.37 \pm (2.41)	5.66 \pm (3.86)	-3.71	< 0.05
NUTRIC	5.31 \pm (1.74)	3.18 \pm (2.00)	-2.13	< 0.05
APACHE II	21.81 \pm (6.03)	13.56 \pm (7.50)	-8.25	< 0.05

(n= 16) Media \pm desviación estándar, (IC 95%)

Se realizó el test Shapiro-Wilk W para identificar la normalidad de las variables, considerándose como $>$ de 0.05, encontrándose la normalidad en todas ellas, por lo tanto, se utilizó la prueba estadística de Pearson para establecer la asociación entre las variables.

Se realizó un análisis de correlación entre el desgaste muscular en los primeros 7 días de estancia y las escalas de riesgo y nutricional y no se encontró relación entre ellas.

Se realizó un análisis de correlación entre el desgaste muscular en los primeros 7 días de estancia y el balance de nitrógeno, PCR y las escalas de riesgo y nutricional en la medición inicial y al día 7 y no se encontró relación entre ellas.

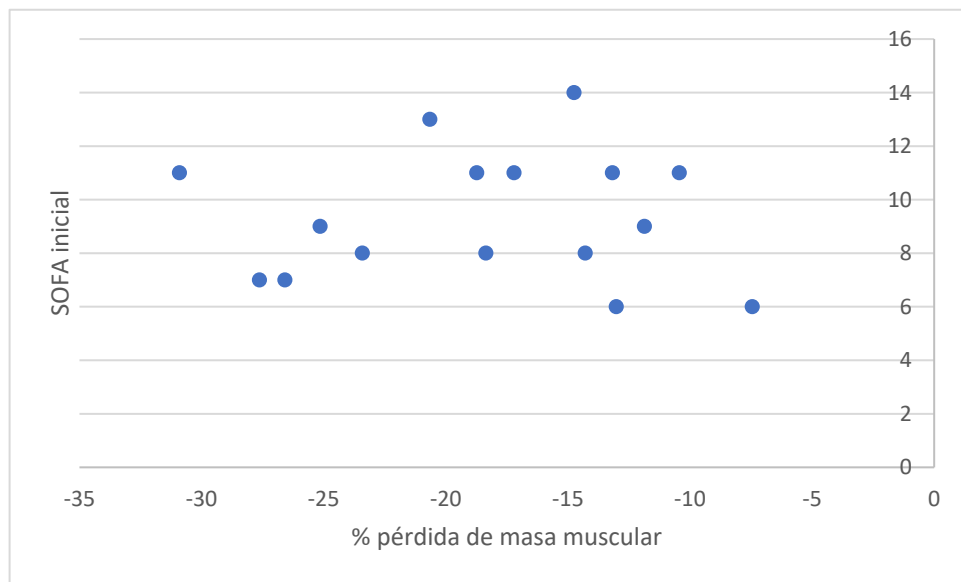


Fig. 1 Asociación del desgaste muscular y SOFA inicial

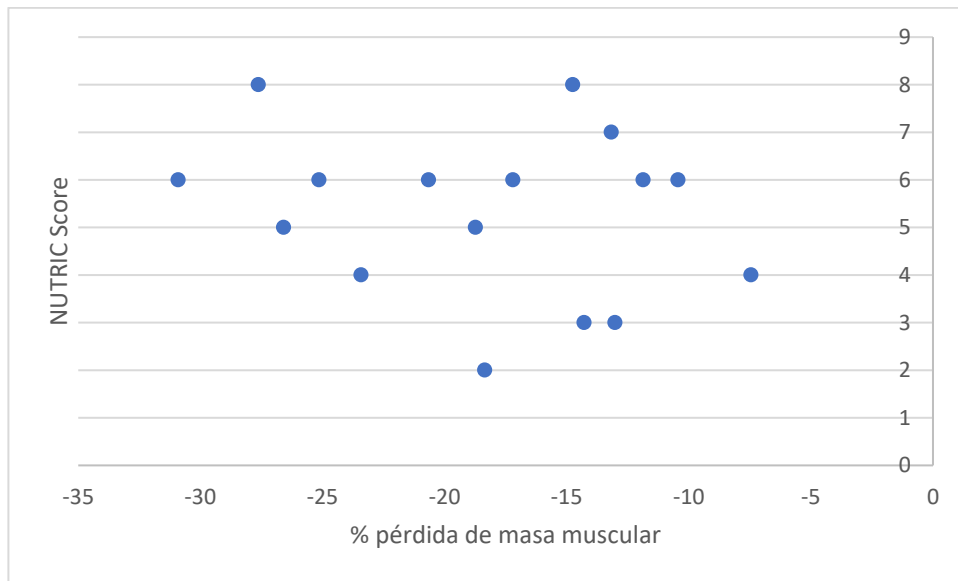


Fig 2. Asociación de desgaste muscular y NUTRIC Score inicial

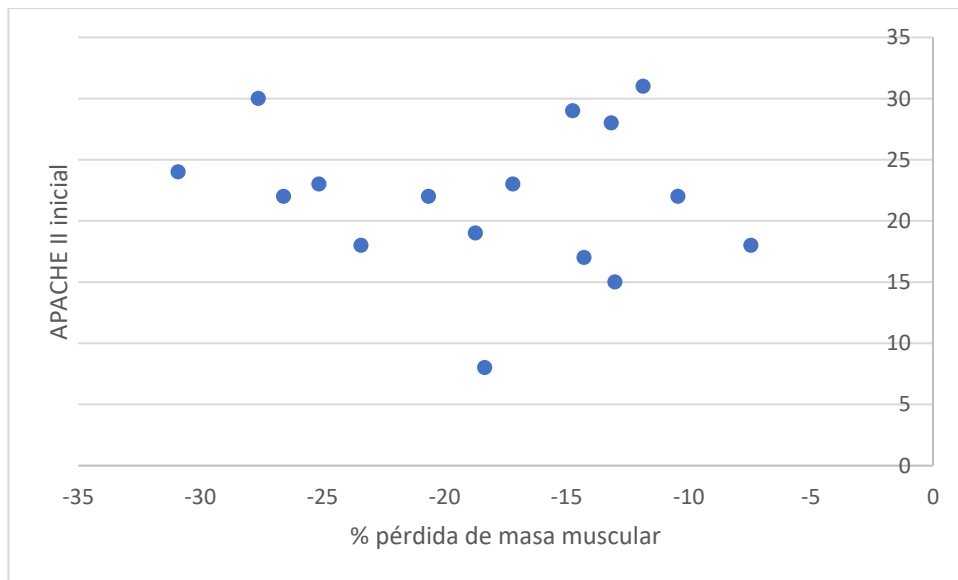


Fig 3. Asociación de desgaste muscular y APACHE II inicial

- **Desgaste muscular y grupos de edad**

Para determinar si la edad está relacionada con el desgaste muscular se establecieron grupos de edad, se determinaron tres grupos: adulto joven de 18 a 30 años, adulto de 31 a 65 y adulto mayor, mayor a 65 años, se identificó la normalidad de cada grupo mediante la prueba de Shapiro Wilk, resultando en normalidad. Posteriormente se utilizó la prueba estadística de ANOVA para determinar la significancia entre los grupos, no se obtuvo diferencia significativa entre los grupos de edad al asociarlo con el desgaste muscular.

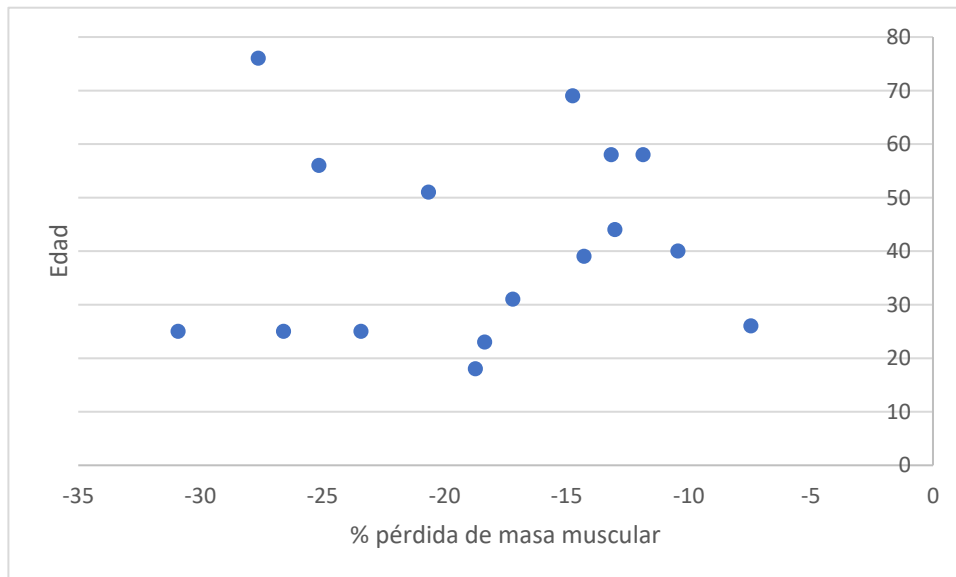


Fig 4. Asociación de edad y desgaste muscular

- **Asociación del desgaste muscular con las patologías**

Para determinar si el desgaste muscular predominaba en algún diagnóstico médico, de igual manera se identificó la normalidad de cada grupo resultando en normalidad mediante la prueba de Shapiro Wilk. Posteriormente se utilizó la prueba estadística

de ANOVA para determinar la significancia entre los diagnósticos, sin embargo, no se obtuvo diferencia significativa entre los mismos.

- **Asociación del desgaste muscular con metas proteicas y energéticas**

No se encontró diferencia en la pérdida de MM entre los pacientes que alcanzaron el 80% en las metas energéticas y proteicas y los que no.

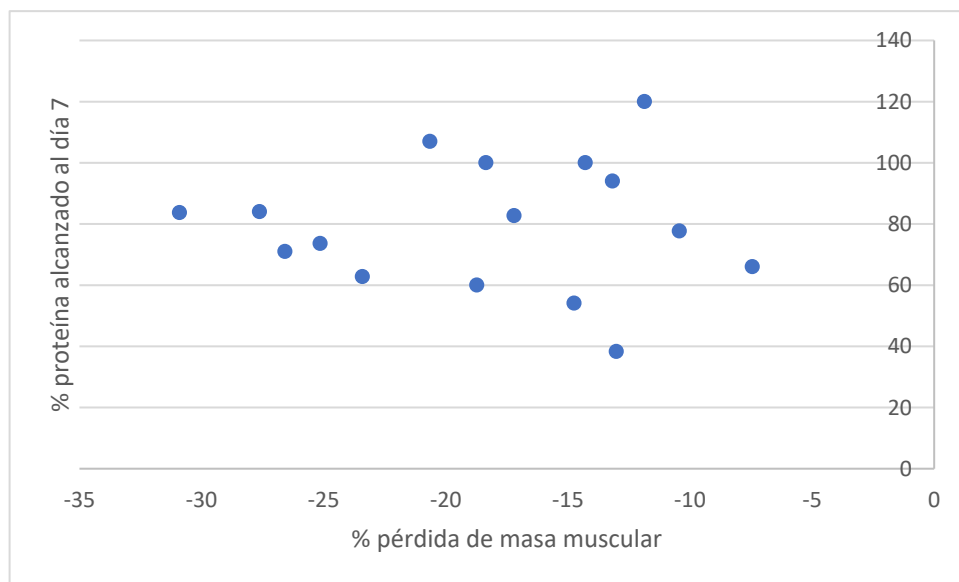


Fig 5. Asociación del desgaste muscular con metas proteicas

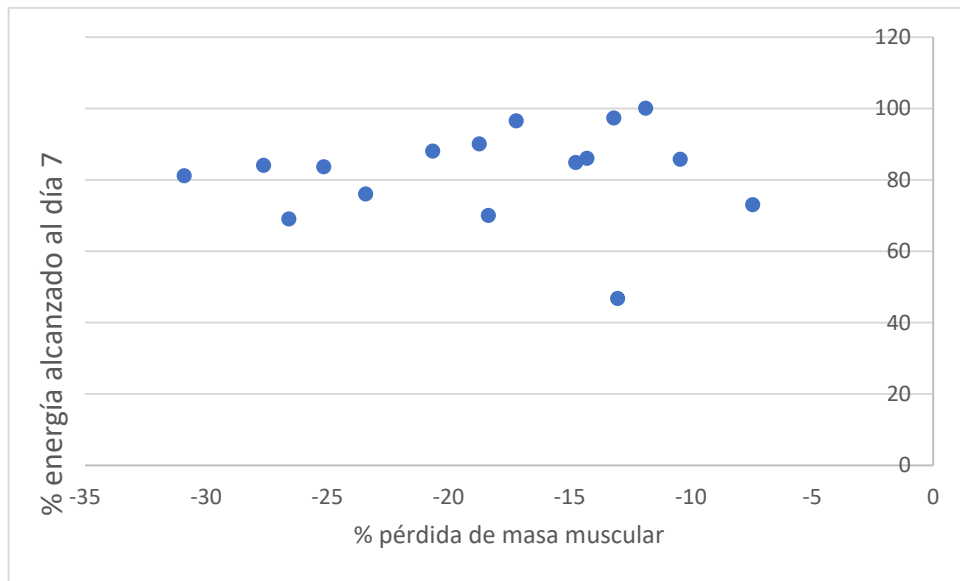


Fig 6. Asociación del desgaste muscular con metas energéticas

DISCUSIÓN

Se reporto una pérdida significativa de MM del 18.34 % ($p < 0.02$) durante los primeros 7 días de la estancia en la UCI, por encima a lo reportado en la literatura (12.5%, 16.5%, 17%). Puthucheary (2013) Pardo (2018) Maynard-Paquette (2020) respectivamente.

Esto pudiera explicarse debido a que la gran mayoría de los pacientes ingresados a UCI presentaban un diagnóstico de trauma severo, específicamente trauma cráneo encefálico. El trauma cráneo encefálico es una de las lesiones más graves que se pueden encontrar en la UCI, estos pacientes se caracterizan por un hipermetabolismo, mayor gasto de energía y un profundo deterioro de la homeostasis del nitrógeno (Charrueau & Belabed, 2009).

- **Escalas de riesgo y nutricionales**

Por otra parte, al evaluar la asociación entre el desgaste muscular durante los 7 días de estancia y las escalas iniciales, no se encontró una asociación significativa entre las mismas. Contrario a lo reportado por Gutiérrez (2017) donde concluyeron que a mayor puntaje inicial en la escala de riesgo SOFA, mayor pérdida muscular al día 7.

Sin embargo, se encontró una mejoría significativa en los puntajes de todas las escalas evaluadas. Esto pudiera explicarse debido a que los pacientes recibieron nutrición temprana durante las primeras 24-48 horas de ingreso a la unidad de cuidados intensivos, una vez que se encontraban hemodinámicamente estables. Además, según el protocolo del servicio de nutrición se aplicó el tamizaje NUTRIC el cual determina la presencia de riesgo nutricional, a los pacientes que se encontraban en alto riesgo nutricional se buscaba alcanzar las metas de proteína y energía al cuarto día, de acuerdo a las guías internacionales (McClave, 2016).

A pesar de la gran pérdida de MM es posible que la temprana y adecuada intervención nutricional juega un papel fundamental en la mejoría de los puntajes de las escalas de riesgo.

- **Balance de nitrógeno**

En cuanto a los datos obtenidos del balance de nitrógeno, se observaron valores muy heterogéneos, posiblemente debido a la naturaleza de las patologías incluidas. La medición inicial reportó una tendencia a un balance de nitrógeno negativo (-7.91g), sorpresivamente esta tendencia se mantuvo en la medición del día 7 (-6.9 g). Contrario a los hallazgos reportados por Hernandez (2018) donde encontraron un balance con tendencia al anabolismo / neutro (3 g) al día 1 y un balance negativo al día 7 (-3 g).

Esta tendencia al mantenimiento de la pérdida de nitrógeno durante los primeros 7 días de estancia, pudiera explicarse por el tipo de pacientes admitidos a UCI de este hospital y durante el periodo en que se realizó el estudio, donde la gran mayoría presentaban diagnósticos de trauma severo donde se observa una respuesta metabólica incrementada, como consecuencia un aumento en la degradación de las proteínas musculares, donde el catabolismo excede a la síntesis, y se presenta un balance nitrogenado negativo.

- **PCR**

En cuanto a la PCR se encontró una disminución de los marcadores al día 7, sin mostrar diferencia significativa, contrario a lo reportado por Wandrag (2019) con una tendencia a la elevación, pero sin ser significativa. Sin embargo, en este mismo estudio se evalúan los valores hasta el día 14 donde existe una disminución considerable de PCR.

De acuerdo a lo reportado por Wandrag (2019), en nuestro estudio se observa una tendencia a la mejoría de los marcadores de PCR y a su vez un mantenimiento de la pérdida de nitrógeno, esto pudiera traducirse como una limitante para considerar el PCR como sustituto para definir el proceso de recuperación, una disminución en los niveles de PCR no se pueden considerar como un estado de anabolismo

- **Asociación desgaste muscular y edad**

En el presente estudio no se encontró mayor desgaste muscular entre los distintos grupos de edad, similar de lo reportado por Wandrag L, 2019 donde tampoco observaron correlación entre el % de pérdida de profundidad muscular y la edad. A partir de estos resultados podemos observar que mayor edad no implica mayor pérdida de MM, lo cual nos permite concluir que la pérdida de MM es independiente de la edad debido a la severidad de la patología. Por otra parte, en el presente estudio solo 2 pacientes eran mayores de 60 años lo cual representa el 11%, por lo tanto, realizar una comparación exclusiva del adulto mayor vs el adulto fue una limitante.

Sin embargo, Galindo (2018) encontraron que existe mayor prevalencia de desgaste muscular en la población anciana. Es importante considerar que en esta población ya existe una pérdida de MM por la edad sumado a las pérdidas por la enfermedad crítica puede verse seriamente comprometida la recuperación y la posterior independencia del individuo.

- **Asociación desgaste muscular y metas proteicas y energéticas**

En el presente estudio no se encontró mayor desgaste muscular entre los individuos que alcanzaron las metas del 80% y los que no, esto pudiera explicarse porque la

gran mayoría de los pacientes alcanzaron metas por encima del 70%, por lo tanto, no hubo diferencias entre los grupos de la población estudiada.

El 87.5% de los pacientes recibieron nutrición enteral temprana cubriendo por encima del 60% de sus requerimientos proteicos y el 68.7% por encima del 70% de acuerdo en cuanto al aporte energético se cubrió un 87.5% por encima del 70% de las necesidades energéticas de acuerdo a los protocolos del servicio nutrición del hospital, como lo marcan las guías internacionales ASPEN (McClave, 2016). Consideramos que el óptimo aporte nutricional pudo ser uno de los factores en la mejoría de las escalas de riesgo.

CONCLUSIÓN

Las escalas de riesgo, nutricionales y marcadores inflamatorios mejoran a expensas de la utilización de la MM (evidenciado por la disminución del grosor del musculo recto femoral y vasto intermedio medido por US y por la continua perdida de nitrógeno), es posible que la temprana y adecuada intervención nutricional juega un papel fundamental en la mejoría significativa de los puntajes de las escalas de riesgo durante la fase aguda.

Es preciso que en los futuros estudios se considere la variable de la nutrición como dependiente, pues pudiera ser el factor principal para la notable mejoría de las escalas de riesgo en esta población.

Una de las limitantes del estudio es el tamaño reducido de la muestra lo cual puede restringir las comparaciones, así como el hecho de que no existe un punto de corte para determinar un nivel bajo o alto de MM. Dentro de las fortalezas de este estudio se encuentra el uso de una técnica para evaluar la MM al pie de la cama del paciente.

Se necesitan más estudios que evalúen la MM de los individuos considerando la mortalidad, días de estancia hospitalaria y metas nutricionales.

Referencias

- Aguilar G, César R, M. T. (2017). La realidad de la Unidad de Cuidados Intensivos. *Medicina Crítica (Colegio Mexicano de Medicina Crítica)*, 31(3), 171.
- Arbeille P, Kerbeci P, Capri A, Dannaud C, T. S. (2009). Quantification of muscle volume by echography: comparison with MRI data on subjects in long-term bed rest. *Ultrasound in Medicine and Biology*, 35(7):1092.
- Chapela S, M. A. (2018). Pérdida de masa muscular en el paciente críticamente enfermo: ¿caquexia, sarcopenia y/o atrofia? Impacto en la respuesta terapéutica y la supervivencia. *Asociación Argentina de Nutrición Enteral y Parenteral. República Argentina*, 28.
- Charrueau, C., & Belabed, L. (2009). Metabolic Response and Nutritional Support in Traumatic Brain Injury: Evidence for Resistance to Renutrition. *JOURNAL OF NEUROTRAUMA*, 26 (11).
- Cruz M, Galindo C, Monares E, et al. (2017). Desarrollo de la escala modificada simplificada de riesgo nutricional (NUTRIC) en el paciente crítico. *Medicina Critica*, 31(3):140-.
- E., A. M. B. (2016). 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.). *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 40.
- Galindo C, Monares E., & L. O. (2017). Bedside Ultrasound Measurement of Rectus Femoris: A Tutorial for the Nutrition Support Clinician. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2767232.
- Galindo Martín, C. A., Ubeda Zelaya, R. del C., & Monares Zepeda, E. (2018). ROUNDS Studies: Relation of Outcomes with Nutrition Despite Severity—Round One: Ultrasound Muscle Measurements in Critically Ill Adult Patients. *Journal of Nutrition and Metabolism*.

- García de Lorenzo M, Z. M. (2001). Soporte nutrometabólico en el paciente quirúrgico crítico. *Cirugía Española, Vol. 69. N.*
- Gien J, S. D. (2006). Valor predictivo de la escala APACHE II sobre la mortalidad. *Medicina Crítica y Terapia Intensiva, 20, 1.*
- Gruther W, Benesch T, Zom C, Paternostro-Sluga T, Quittan M, Fialka-Moser V, et al. (2008). Muscle wasting in intensive care patients: ultrasound observation of the M. quadriceps femoris muscle layer. *Journal of Rehabilitation Medicine, 40(3):185.*
- Gutiérrez D, Rosas K, Cerón U, et cols. (2017). Ultrasonografía del musculoesquelético como valoración nutricional en el paciente crítico. *Medicina Crítica (Colegio Mexicano de Medicina Crítica), 31(3), 122.*
- Hernandez A, G. N. (2018). Relación entre la medición sonográfica de los músculos recto femoral y vasto intermedio y los parámetros bioquímicos convencionales para valorar el estado nutricional en la unidad de cuidados intensivos. *Medicina Crítica, 32(6):351-.*
- Lad, H., Saumur, T. M., Herridge, M. S., Dos Santos, C. C., Mathur, S., Batt, J., & Gilbert, P. M. (2020). Intensive Care Unit-Acquired Weakness: Not just Another Muscle Atrophying Condition. *International Journal of Molecular Sciences, 21(21), 78.*
- Martinuzzi L, Alcántara S, et al. (2011). NITRÓGENO UREICO URINARIO COMO INDICADOR DEL METABOLISMO PROTEICO EN EL PACIENTE CRÍTICO. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición, 21(2):224-.*
- Maynard-Paquette A. C., Poirier C., Chartrand-Lefebvre C., & D. B. P. (2020). Ultrasound Chronic, evaluation of the quadriceps muscle contractile index in patients with stable obstructive pulmonary disease: Relationships with clinical symptoms, disease severity and diaphragm contractility. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease, 15, 79–88.*

- Monares E, Rodríguez J, Guerrero A, G. C. (2016). Validación de la «escala evaluación de fallo orgánico secuencial» (SOFA) con modificación del componente cardiovascular en la Unidad de Terapia Intensiva del Hospital San Ángel Inn Universidad. *Medicina Critica*, 30(5):319-.
- Mourtzakis M, Parry S, Connolly B, et al. (2017). Skeletal muscle ultrasound in critical care: A tool in need of translation. *Annals of the American Thoracic Society*, 14: 1495–1.
- Mourtzakis M, W. P. (2014). Bedside ultrasound measurement of skeletal muscle. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 17(5):389-.
- Pardo E, Behi H, Boizeau P, et al. (2018). Reliability of ultrasound measurements of quadriceps muscle thickness in critically ill patients. *BMC Anesthesiology*, 18, 205.
- Patejdl R, Walter U, Rosener, S, Sauer M, Reuter D, & E. J. (2019). Muscular Ultrasound, Syndecan-1 and Procalcitonin Serum Levels to Assess Intensive Care Unit-Acquired Weakness. *Canadian Journal of Neurological Sciences*, 46(2), 234.
- Prieto María, Kilstein J, Bagilet, et al. (2008). Proteína C reactiva como factor pronóstico de mortalidad en la unidad de cuidados intensivos. *Medicina Intensiva*, 32(9), 424.
- Puthucheary ZA, Rawal J, McPhail M, Connolly B, Ratnayake G, Chan P, Hopkinson NS, Phadke R, Dew T, Sidhu PS, Velloso C, Seymour J, Agle CC, Selby A, Limb M, et al. (2013). Acute skeletal muscle wasting in critical illness. *Journal of the American Medical Association*, 16;310(15).
- Sabatino A, Regolisti G, B. L. (2016). Reliability of bedside ultrasound for measurement of quadriceps muscle thickness in critically ill patients with acute kidney injury. *Clinical Nutrition*, 36, n.
- Sheean P, Gonzalez M, Prado M, L. McKeever, Hall M, B. A. (2019). American

Society for Parenteral and Enteral Nutrition Clinical Guidelines: The Validity of Body Composition Assessment in Clinical Populations. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 00.

- Şimşek T, Şimşek HU, C. N. (2014). Response to trauma and metabolic changes: posttraumatic metabolism. *Turkish Journal of Surgery*, 30(3): 153.
- Thomaes T, Thomis M, Onkelinx S, et al. (2012). Reliability and validity of the ultrasound technique to measure the rectus femoris muscle diameter in older CAD-patients. *BMC Medical Imaging*, 12, 7.
- Tillquist M, Kutsogiannis DJ, Wischmeyer PE, K., C, Leung R, Stollery D, Karvellas CJ, Preiser JC, B. N., & Kozar R, H. D. (2014). Bedside ultrasound is a practical Muscle, and reliable measurement tool for assessing quadriceps layer thickness. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 38(7):886-.
- Tourel C, Burnol L, Lanoiselé J, Molliex S, Viallon M, Croisille P, M. J. (2020). Reliability of standardized ultrasound measurements of quadriceps muscle thickness in neurological critically ill patients: a comparison to computed tomography measures. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 18;52(3).
- Tuttle S.L., Thang A.N., M. B. (2020). Markers of inflammation and their association with muscle strength and mass: A systematic review and meta-analysis. *Ageing Research Reviews.*, Vol. 64.
- Wandrag L, Brett SJ, Frost GS, Bountziouka V, H. M. (2019). Exploration of muscle loss and metabolic state during prolonged critical illness: Implications for intervention? *PLOS ONE*, 14(11): e0.
- Weijs P, Looijaard W, Dekker I, Stapel S, Girbes A, Oudemansvan H, B. A. (2014). Low skeletal muscle area is a risk factor for mortality in mechanically ventilated critically ill patients. *Critical Care*, 18.

X. ANEXOS.

ANEXO 1. Consentimiento informado del familiar responsable

Yo Roxana Torres Cota estudiante de la Maestría en Nutrición Clínica Integral en la Universidad Autónoma de Querétaro, me encuentro realizando un estudio sobre la pérdida de músculo medido mediante ultrasonografía en pacientes críticos y se pretende investigar si existe relación con otros parámetros como las proteínas totales y albumina en sangre, balance nitrogenado, marcadores de inflamación como proteína C reactiva y escalas de riesgo como APACHE II, SOFA, NUTRIC en pacientes en terapia intensiva en el Hospital General de Querétaro.

En este documento le voy a proporcionar información e invitarle a aceptar la participación de su familiar en esta investigación.

Es probable que encuentre algunas palabras que no entienda, por favor deténgame para explicarle junto con el médico tratante lo que no quede claro.

PROPÓSITO

Los pacientes en estado crítico pierden masa muscular y en la actualidad se considera un punto muy importante para su recuperación. Es importante evaluar la pérdida muscular para establecer un tratamiento nutricional adecuado y evitar la desnutrición. Sin embargo, muchos de los métodos para estimar la pérdida muscular son de alto costo y poco accesibles; es por ello que en la actualidad el ultrasonido del cuádriceps ha tomado gran relevancia. Este método tiene la ventaja de ser de bajo costo y no invasivo. En este estudio se pretende evaluar si los resultados del ultrasonido (se realiza en el muslo de su familiar), tienen relación con otros resultados, como son las proteínas de la sangre o las que se pierden en orina, así como algunos otros resultados que se encuentran en el expediente y que le sirven al médico para evaluar la evolución de la enfermedad (escala SOFA, APACHE II y NUTRIC). Estos resultados podrían ayudar a medir qué tanto músculo pierde su paciente y si las demás pruebas de rutina que le hacen al paciente se relacionan con el músculo.

Esta investigación incluirá lo siguiente:

- A partir de la historia clínica se obtendrán los datos necesarios para realizar la evaluación nutricional y aplicar las escalas de riesgo (NUTRIC, la escala de riesgo APACHE II y la escala

SOFA), los datos bioquímicos (albumina y proteínas totales) y marcadores de inflamación (proteína C reactiva) Se solicitará la cuantificación de nitrógeno en orina de 24 horas y así estimar el balance de nitrógeno.

- La nutrióloga responsable de la investigación, medirá el músculo cuádriceps (muslo) con una cinta métrica, para lo que se descubrirá la pierna derecha del paciente y de la cadera a la rodilla se marcará la mitad y se pasará la cinta por debajo de la pierna.
- La nutrióloga responsable hará un ultrasonido en el muslo en la misma marca que se colocó la cinta métrica y se procederá a ubicar el espesor del muslo, para lo que se colocará un poco de gel y se presionará para realizar la medición.
- En el día 7, la responsable del proyecto repetirá las mediciones realizadas en el día 1, a saber: escalas de riesgo (APACHE II, NUTRIC, SOFA), datos bioquímicos (nitrógeno ureico, albumina y proteínas totales), marcadores inflamatorios (proteína C reactiva) y evaluación del músculo de cuádriceps mediante ultrasonografía.
- Los resultados del ultrasonido serán comparados en los días 1 y 7. Así mismo se realizarán relaciones entre el desgaste muscular y los datos bioquímicos y las escalas de riesgo en el día 1 y en el día 7.

La participación de su familiar en esta investigación es totalmente voluntaria. Tanto si elige participar o no lo hiciera, continuarán ofreciéndole todos los servicios en esta institución de salud.

Esta investigación no conlleva ningún efecto adverso o molestia para su familiar ni tiene costo alguno.

La información que se obtenga se mantendrá confidencial, es decir no se compartirá con ninguna persona que no sea parte del grupo de investigadores a cargo. La información se maneja con número de expediente, no con el nombre.

Una vez obtenidos los resultados, a usted se le explicará lo que se ha encontrado.

Si están de acuerdo en que su familiar forme parte de este proyecto, le pedimos lea y acepte lo indicado a continuación:

Manifiesto que se me ha explicado el estudio que realizarán a mi familiar y he preguntado las dudas que me han surgido, mismas que se han respondido.

He recibido una copia de este documento y sé que en cualquier momento puede retirarse del estudio si así lo consideramos.

Información de contacto: En caso de tener alguna duda puede comunicarse personalmente con su servidora a este número: Cel. 6531237737

Yo _____ declaro libre y voluntariamente que autorizo a los responsables de la investigación que lleva por título:

“Asociación del desgaste muscular mediante ultrasonografía con biomarcadores, escala de riesgo nutricional y de gravedad en pacientes críticos del Hospital General de Querétaro”

a realizar medidas de muslo (medición con cinta métrica y ultrasonido) y disponer de la información con la que cuenta el expediente de mi familiar, en el entendido que será conservada de manera confidencial y para fines de investigación.

El investigador se ha comprometido a informarme de los resultados generales del estudio, así como indicarme el manejo que amerite en caso necesario.

Sé que puedo solicitar información adicional sobre los riesgos y beneficios de que mi familiar participe en el estudio en el Hospital General de Querétaro.

Fecha: _____

Nombre y firma del familiar que autoriza

Nombre y firma del testigo

Nombre y firma del testigo

Nombre y firma del investigador

Anexo 2. ESCALA SOFA

Escala SOFA (*Sepsis-related Organ Failure Assessment*)

	0	1	2	3	4
Respiración^a PaO ₂ /FIO ₂ (mm Hg) o SaO ₂ /FIO ₂	>400	<400 221–301	<300 142–220	<200 67–141	<100 <67
Coagulación Plaquetas 10 ³ /mm ³	>150	<150	<100	<50	<20
Hígado Bilirubina (mg/dL)	<1,2	1,2–1,9	2,0–5,9	6,0–11,9	>12,0
Cardiovascular^b Tensión arterial	PAM ≥70 mmHg	PAM <70mm Hg	Dopamina a <5 o dobutamina a cualquier dosis	Dopamina a dosis de 5,1-15 o Epinefrina a ≤ 0,1 o Norepinefrina a ≤ 0,1	Dopamina a dosis de >15 o Epinefrina > 0,1 o Norepinefrina a > 0,1
Sistema Nervioso Central Escala de Glasgow	15	13–14	10–12	6–9	<6
Renal Creatinina (mg/dL) o flujo urinario (mL/d)	<1,2	1,2–1,9	2,0–3,4	3,5–4,9 <500	>5,0 <200

PaO₂: presión arterial de oxígeno; FIO₂: fracción de oxígeno inspirado; SaO₂, Saturación arterial de oxígeno periférico; PAM, presión arterial media; ^aPaO₂/FIO₂ es relación utilizada preferentemente, pero si no esta disponible usaremos la SaO₂/FIO₂; ^bMedicamentos vasoactivos administrados durante al menos 1 hora (dopamina y norepinefrina como ug/kg/min) para mantener la PAM por encima de 65 mmHg.

Anexo 3. Escala APACHE II

Puntuación APACHE II									
APS	4	3	2	1	0	1	2	3	4
Tª rectal (°C)	> 40,9	39-40,9		38,5-38,9	36-38,4	34-35,9	32-33,9	30-31,9	< 30
Pres. arterial media	> 159	130-159	110-129		70-109		50-69		< 50
Frec. cardíaca	> 179	140-179	110-129		70-109		55-69	40-54	< 40
Frec. respiratoria	> 49	35-49		25-34	12-24	10-11	6-9		< 6
Oxigenación: Si FiO2 ≥ 0.5 (AaDO2) Si FiO2 ≤ 0.5 (paO2)	> 499	350-499	200-349		< 200				
pH arterial	> 7,69	7,60-7,69		7,50-7,59	7,33-7,49		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					

Anexo 4. NUTRIC Score

El puntaje NUTRIC está diseñado para cuantificar el riesgo de eventos adversos en el paciente crítico que pueden ser modificados por terapia nutricional agresiva. El puntaje, de 1-10, está basado en 6 variables que se explican a continuación. El sistema de puntuación se muestra en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1: Variables del puntaje NUTRIC

Variable	Rango	Puntos
Edad	<50	0
	50 - <75	1
	≥75	2
APACHE II	<15	0
	15 - <20	1
	20-28	2
	≥28	3
SOFA	<6	0
	6 - <10	1
	≥10	2
Número de Comorbilidades	0 - 1	0
	≥2	1
Días desde hospitalización a ingreso a UCI	0 - <1	0
	≥1	1
IL-6	0 - <400	0
	≥400	1

Tabla 2: Sistema puntuación puntaje NUTRIC: si IL-6 disponible

Suma de puntos	Categoría	Explicación
6-10	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
0-5	Puntaje bajo	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estos pacientes tienen un riesgo bajo de malnutrición

Tabla 3: 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

* Es aceptable no incluir datos de IL-6 si no está rutinariamente disponible; ha demostrado contribuir muy poco a la predicción general del puntaje NUTRIC

¹ Heyland DK, Dhaliwal R, Jiang X, Day AG. Identifying critically ill patients who benefit the most from nutrition therapy: the development and initial validation of a novel risk assessment tool. *Critical Care*. 2011;15(6):R268.

Anexo 5. Instrumento recolección de información

Departamento de Nutrición

F. Ingreso Urg: _____ Fecha ingreso UCI: _____ Diagnóstico médico: _____
 Paciente con nutrición: V.O. Enteral: parenteral: Mixta: Diagnóstico nutricional: _____ servicio: _____
 Nombre del paciente: _____ Edad: _____ Sexo: _____ Ocupación: _____
 Peso inicial: _____ Talla: _____ IMC inicial: _____ P.L. _____ GER. _____ GET/P _____
 Relación Cal/N2 _____ Observaciones: _____

Fecha	Get/prot	Dieta Indicada	Consumo Calórico %	Consumo Proteico %	Consumo			Complementos			Total	T/A	TAM	FR	FC	Dtx hr	Uresis	ml/kg /h
					D	C	C	1t	2t	3t								

	Día 1	Día 7
Longitud de pierna		
C. brazo		
C. pantorrilla		
Longitud de femur		
Medía femur		
Espesor cuádriceps		
Medida 1		
Medida 2		
Medida 3		
Promedio		
SOFA		
Nutric Score		
CONUT		
APACHE II		
PCR		
BUN24H		
BN2		

Tratamiento médico/ Terapia médica							
Vasoactivos							
Bloqueadores musc							
Sedantes							
Antiinflamatorios							
Opioides							
Procinéticos							
Insulina							
Otros							
Fisioterapia							

Observaciones

Anexo 6. Aprobación de Comité bioética



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES



Campus Juriquilla, Qro., febrero 04, 2022.

LORENA RUELAS HERRERA
PROFESOR INVESTIGADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

Tesista: Roxana Torres Cota

Nos permitimos hacer de su conocimiento que el Comité de Bioética de la Facultad de Ciencias Naturales dio la siguiente resolución del proyecto de Investigación del cual usted es responsable:

Título	Resolución
"Asociación del desgaste muscular mediante ultrasonografía con biomarcadores, escala de riesgo nutricional y de gravedad en pacientes críticos del Hospital General de Querétaro" (40FCN2021).	APROBADO

Sin más por el momento, quedamos a sus órdenes para cualquier aclaración o duda.

Atentamente,

Oscar R. García

Dr. Oscar Ricardo García Rubio
Comité de Bioética
Facultad de Ciencias Naturales