

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE MEDICINA



UANL

“Asociación entre el porcentaje de masa muscular al ingreso y la mortalidad intrahospitalaria en pacientes con quemaduras mayores al 20% de superficie corporal total admitidos en la sala de reanimación de un hospital de tercer nivel del noreste de México”

Por

DR. LUIS AARON CAMPOS TORRES

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
ESPECIALISTA EN MEDICINA DE URGENCIAS**

Diciembre, 2025

HOJA DE APROBACIÓN POR EL COMITÉ DE TESIS

“Asociación entre el porcentaje de masa muscular al ingreso y la mortalidad intrahospitalaria en pacientes con quemaduras mayores al 20% de superficie corporal total admitidos en la sala de reanimación de un hospital de tercer nivel del noreste de México”

POR

LUIS AARON CAMPOS TORRES

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

ESPECIALISTA EN MEDICINA DE URGENCIAS

DR. MARCO A. HERNÁNDEZ GUEDEA

DIRECTOR DE LA TESIS

DR. ASDRUBAL GUEVARA CHARLES

CO-DIRECTOR DE LA TESIS

DR. ASDRUBAL GUEVARA CHARLES

COORDINADOR DE ENSEÑANZA

DR. WILLIAM'S LUCIANO LÓPEZ VIDAL

COORDINADOR DE INVESTIGACIÓN

DR. MARCO A. HERNÁNDEZ GUEDEA

PROFESOR TITULAR DEL PROGRAMA

DR. MED. FELIPE ARTURO MORALES MARTÍNEZ

SUBDIRECTOR DE ESTUDIOS DE POSGRADO



UANL

Declaración de los lugares donde se desarrolló el trabajo

“Asociación entre el porcentaje de masa muscular al ingreso y la mortalidad intrahospitalaria en pacientes con quemaduras mayores al 20% de superficie corporal total admitidos en la sala de reanimación de un hospital de tercer nivel del noreste de México”

Este trabajo fue realizado en el Departamento de Emergencias “Shock-Trauma”, del Hospital Universitario Dr. José Eleuterio González, en la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Nuevo León, bajo la dirección del Dr. Med. Marco Antonio Hernández Guedea y Co-Dirección del Dr. Asdrubal Guevara Charles

DR. MARCO A. HERNÁNDEZ GUEDEA

DIRECTOR DE LA TESIS

DR. ASDRUBAL GUEVARA CHARLES

CO-DIRECTOR DE LA TESIS

AGRADECIMIENTOS

A Dios, eje central de mi vida, cuyo amor incondicional me levanto en los días en los que mis fuerzas no bastaban, que cada día me enseña que tomado de su mano todo es posible.

A la UANL, mi querida alma mater, a quien le debo todo lo que soy, que no solo me formó, me dio una identidad, un sentido y un propósito. Al Hospital Universitario, donde aprendí que la empatía no se enseña: se vive, se sufre y se abraza.

A mi familia, sostén, pilar y raíz de mi historia.

A mis padres, Juan Pablo y Lucila, mi más grande ejemplo de entrega y perseverancia, a ustedes que me enseñaron a creer en mis sueños, solo Dios conoce la magnitud de sus sacrificios para que hoy esté aquí. A mis hermanos y hermanas, testimonio vivo de la lealtad que no se rompe ni con la distancia ni con el tiempo.

A mis maestros.

A usted, Dr. Guedea, por confiar en mí cuando yo mismo dudaba; a la Dra. Nancy, que fue testigo silenciosa de mi crecimiento desde estudiante hasta residente; al Dr. Asdrúbal, cuyo respaldo me dio la seguridad necesaria; y al Dr. Eduardo Huerta, maestro que traspasó la frontera de la sala para convertirse en un amigo que el tiempo no borrará.

A mis compañeros de residencia, desde R1 hasta mis coR4. A ese equipo que creyó en mis decisiones, que me acompañó en cada guardia y me enseñó que llegar es importante, pero llegar juntos es lo que verdaderamente trasciende.

A mi hermana Andrea, mi cómplice y compañera de aventura que tantas veces escuchó mis problemas y orientó mis pasos cuando el camino se volvió turbulento.

Y finalmente, a mis pacientes, porque aun en la desgracia de la enfermedad, significan su dolor y lo transforman en conocimiento, en humanidad, en un llamado silencioso a ser mejores médicos y mejores personas.

Siempre y todo para que otros vivan ...

Índice

Hoja de aprobación por el comité de tesis-----	ii
Declaración de los lugares donde se desarrolló el trabajo-----	iii
Agradecimientos-----	iv
Lista de Abreviaturas-----	vii
Lista de Tablas-----	ix
Lista de Figuras-----	x
Capítulo I-----	xi
Resumen-----	xi
Abstract-----	xiii
Capítulo II-----	1
Introducción-----	1
Marco Teórico-----	1
Planteamiento del Problema-----	3
Pregunta de Investigación-----	4
Justificación-----	6
Capítulo III-----	8
Hipótesis-----	8
Hipótesis Nula (N0)-----	8
Hipótesis Alterna (N1)-----	8
Capítulo IV-----	9
Objetivos-----	9
Objetivo Principal-----	9
Objetivo Secundarios-----	9
Capítulo V-----	10
Materiales y Métodos-----	10
Diseño Metodológico-----	10
Población del Estudio-----	10
Temporalidad-----	10
Criterios de Inclusión-----	10
Criterios de Exclusión-----	10
Criterios de Eliminación-----	11
Cálculo de Muestra-----	11
Métodos-----	11

Análisis Estadístico-----	13
Capítulo VI-----	19
Resultados-----	19
Capítulo VII-----	32
Discusión-----	32
Capítulo VIII-----	37
Conclusiones-----	37
Capítulo IX-----	38
Bibliografía-----	38
Capítulo X-----	41
Resumen Autobiográfico-----	41

Lista de Abreviaturas

Med_mm: Espesor ecográfico del músculo recto femoral (milímetros).

ROC: Curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*).

SCT: Superficie corporal total.

EIAS: Espina ilíaca anterosuperior.

α : Nivel de significancia (alfa).

RIC: Rango intercuartílico.

SCTQ: Superficie corporal total quemada.

W: Estadístico **W** de Shapiro–Wilk.

OR: Razón de momios (*odds ratio*).

IC95: Intervalo de confianza al 95%.

β : Coeficiente beta (regresión; log-odds).

EE: Error estándar.

AUC: Área bajo la curva.

IC: Intervalo de confianza.

VPP: Valor predictivo positivo.

VPN: Valor predictivo negativo.

TP: Verdadero positivo.

FN: Falso negativo.

TN: Verdadero negativo.

FP: Falso positivo.

UCI: Unidad de cuidados intensivos.

TBSA: Superficie corporal total.

ASIS: Espina ilíaca anterosuperior.

SE: Error estándar (*standard error*).

PPV: Valor predictivo positivo (*positive predictive value*).

NPV: Valor predictivo negativo (*negative predictive value*).

ICU: Unidad de cuidados intensivos (*intensive care unit*).

TC: Tomografía computarizada.

DXA: Absorciometría dual de rayos X.

Lista de Tablas

Número de tabla	Título de la tabla	Página
Tabla 1	Clasificación de la masa muscular según espesor del recto femoral (Med_mm)	24
Tabla 2	Tipo de variables de la cohorte	26
Tabla 3	Características basales de la cohorte (n = 47)	31
Tabla 4	Comparación de edad, SCTQ y espesor del recto femoral (Med_mm) entre sobrevivientes y fallecidos	35
Tabla 5	Distribución de sexo según mortalidad	36
Tabla 6	Asociación entre categoría de masa muscular (Med_mm < 10 mm vs ≥ 10 mm) y mortalidad intrahospitalaria, con OR cruda	36
Tabla 7	Modelo de regresión logística para mortalidad intrahospitalaria (Med_mm, edad y SCTQ) con OR ajustadas	40

Lista de Figuras

Número de figura	Título de la figura	Página de aparición
1	Distribución por sexo de la cohorte de pacientes gran quemados.	30
2	Histograma de la edad de los pacientes.	32
3	Histograma de la superficie corporal total quemada (SCTQ).	32
4	Histograma del espesor muscular del recto femoral (Med_mm).	33
5	Boxplot del espesor muscular (Med_mm) según mortalidad intrahospitalaria.	35
7	Mortalidad intrahospitalaria según la categoría de masa muscular (barras apiladas).	37
8	Distribución global de la categoría de masa muscular en la cohorte (pastel).	38
9	Forest plot de la asociación entre masa muscular y mortalidad.	39
10	Curva ROC del espesor muscular (Med_mm) como predictor único de mortalidad.	41
11	Curva ROC del modelo logístico (Med_mm, edad y SCTQ) para la predicción de mortalidad.	42

Capítulo I

Resumen

ANTECEDENTES. La masa muscular refleja la reserva metabólica y funcional del organismo. En pacientes críticos, una masa muscular baja al ingreso se asocia con mayor mortalidad, estancias prolongadas y mayor necesidad de ventilación mecánica. En el gran quemado, la respuesta hipermetabólica e hipercatabólica acelera la pérdida muscular y puede agravar el pronóstico, especialmente en quienes ya presentan sarcopenia o fragilidad. Aunque la tomografía es un método de referencia para cuantificar masa muscular, su uso temprano suele limitarse por inestabilidad hemodinámica y prioridades de reanimación. La ecografía muscular, en cambio, es una herramienta práctica, no invasiva y reproducible a pie de cama; el recto femoral es un sitio índice por su accesibilidad y consistencia de medición. Con ello, es pertinente evaluar su utilidad pronóstica desde el ingreso en pacientes con quemaduras extensas.

OBJETIVO. Determinar la asociación entre el espesor ecográfico del recto femoral al ingreso (Med_mm) y la mortalidad intrahospitalaria en pacientes con quemaduras $\geq 20\%$ de la superficie corporal total atendidos en sala de reanimación, y establecer un punto de corte mediante curvas ROC.

METODOLOGÍA. Cohorte prospectiva, unicéntrica, observacional y analítica. Se incluyeron adultos (≥ 18 años) con quemaduras térmicas o químicas $\geq 20\%$ SCT (regla de Wallace) ingresados dentro de las primeras 24 horas. Med_mm se midió con ultrasonido portátil (transductor lineal 7–12 MHz) en decúbito supino, a los 2/3 de la distancia entre espina ilíaca anterosuperior y borde superior de la rótula; se promediaron tres mediciones. Se definió baja masa muscular como Med_mm < 10 mm. Se realizó análisis descriptivo, bivariado, regresión logística multivariada (ajustada por edad y SCTQ) y curvas ROC ($\alpha=0.05$).

RESULTADOS. Se analizaron 47 pacientes (edad 40.6 ± 13.3 años; 57.4% hombres). La SCTQ promedio fue $35.3 \pm 6.2\%$ y Med_mm 13.9 ± 5.2 mm. La mortalidad intrahospitalaria fue 36.2% (17/47). La edad mostró distribución cercana a normalidad (Shapiro-Wilk $W=0.952$; $p=0.051$), mientras que SCTQ y Med_mm no fueron normales ($p<0.05$). Con el punto de corte, 29.8% tuvo baja masa muscular (14/47). La mortalidad fue 12.1% con Med_mm ≥ 10 mm (4/33) y 92.9% con Med_mm < 10 mm (13/14) (Fisher $p \approx 2.11 \times 10^{-7}$; OR cruda 94.25; IC95% 9.6–927.8). En el modelo multivariado, Med_mm se mantuvo como predictor independiente (OR ajustada 0.59 por cada 1 mm; IC95% 0.43–0.79; $p=0.001$). La discriminación fue excelente (AUC Med_mm 0.9343); con Med_mm < 10 mm la sensibilidad fue 76.5% y la especificidad 96.7% (VPP 92.9%, VPN 87.9%).

CONCLUSIONES. El espesor ecográfico del recto femoral al ingreso (Med_mm) se asoció fuertemente con mortalidad intrahospitalaria en quemaduras $\geq 20\%$ SCT y mostró alta capacidad discriminativa. El umbral de 10 mm permite identificar tempranamente un subgrupo de muy alto riesgo y podría incorporarse a la valoración inicial para apoyar decisiones como priorización de recursos e ingreso oportuno a UCI. Se requiere validación multicéntrica y seguimiento longitudinal para confirmar el rendimiento del punto de corte en otros entornos.

PALABRAS CLAVE. Quemaduras; ultrasonido; recto femoral; masa muscular; sarcopenia; mortalidad intrahospitalaria; sala de reanimación.

Abstract

BACKGROUND. Skeletal muscle mass reflects the body's metabolic and functional reserve. In critically ill patients, low muscle mass at admission is associated with higher mortality, prolonged length of stay, and increased need for mechanical ventilation. In patients with major burns, the hypermetabolic and profoundly catabolic response accelerates muscle loss and may worsen prognosis, particularly in those with pre-existing sarcopenia or frailty. Although computed tomography is considered a reference method for muscle quantification, early routine use is often limited by hemodynamic instability and competing resuscitation priorities. Bedside muscle ultrasound, by contrast, is a practical, noninvasive, and reproducible tool; the rectus femoris is commonly used as an index site due to its accessibility and measurement consistency. Therefore, evaluating its prognostic utility from the time of admission in patients with extensive burns is warranted.

OBJECTIVE. To determine the association between admission ultrasound-measured rectus femoris thickness (Med_mm) and in-hospital mortality in patients with burns involving $\geq 20\%$ of total body surface area (TBSA) treated in the resuscitation area, and to establish an optimal cutoff using ROC curve analysis.

METHODS. Single-center, prospective, observational analytic cohort study. Adults (≥ 18 years) with thermal or chemical burns involving $\geq 20\%$ TBSA (Wallace rule of nines) presenting within the first 24 hours were included. Med_mm was measured using a portable ultrasound system (7–12 MHz linear transducer) with the patient supine, at two-thirds of the distance between the anterior superior iliac spine and the superior border of the patella; three measurements were averaged. Low muscle mass was defined as Med_mm < 10 mm. Analyses included descriptive and bivariate comparisons, multivariable logistic regression (adjusted for age and %TBSA burned), and ROC curves ($\alpha=0.05$).

RESULTS. Forty-seven patients were analyzed (age 40.6 ± 13.3 years; 57.4% male). Mean %TBSA burned was $35.3 \pm 6.2\%$, and mean Med_mm was 13.9 ± 5.2 mm. In-hospital mortality was 36.2% (17/47). Age showed an approximately normal distribution (Shapiro-Wilk W=0.952; p=0.051), whereas %TBSA burned and Med_mm were non-normally distributed (p<0.05). Using the cutoff, 29.8% had low muscle mass (14/47). Mortality was 12.1% in patients with Med_mm ≥ 10 mm (4/33) versus 92.9% in those with Med_mm < 10 mm (13/14) (Fisher's exact p $\approx 2.11 \times 10^{-7}$; crude OR 94.25; 95% CI 9.6–927.8). In the multivariable model, Med_mm remained an independent predictor (adjusted OR 0.59 per 1-mm increase; 95% CI 0.43–0.79; p=0.001). Discrimination was excellent (AUC for Med_mm 0.9343); using Med_mm < 10 mm yielded a sensitivity of 76.5% and specificity of 96.7% (PPV 92.9%, NPV 87.9%).

CONCLUSIONS. Admission rectus femoris thickness (Med_mm) was strongly associated with in-hospital mortality in patients with burns involving $\geq 20\%$ TBSA and demonstrated high discriminative performance. A 10-mm threshold enables early identification of a very high-risk subgroup and could be incorporated into the initial assessment to support resource prioritization and timely ICU admission. Multicenter validation and longitudinal follow-up are needed to confirm cutoff performance across settings.

KEYWORDS. Burns; ultrasound; rectus femoris; muscle mass; sarcopenia; in-hospital mortality; resuscitation area.

Capítulo II

Introducción

Marco Teórico

La masa muscular desempeña un papel fundamental en la homeostasis metabólica, inmunológica y funcional del organismo. Diversos estudios han evidenciado que la baja masa muscular al ingreso, definida mediante métodos de imagen como tomografía computarizada (TC) o ultrasonido, se asocia con mayores tasas de mortalidad, estancia hospitalaria prolongada y mayor necesidad de soporte ventilatorio en unidades de cuidados intensivos (1-3). Weijs et al. demostraron que la disminución del área muscular en el nivel L3 de TC abdominal fue un predictor independiente de mortalidad en pacientes críticos ventilados mecánicamente, independientemente de la puntuación APACHE II (4).

En pacientes con quemaduras graves, la pérdida de masa muscular ocurre de manera más acelerada debido a la persistencia del estado hipercatabólico, incluso con apoyo nutricional adecuado(5). Jeschke et al. reportaron que esta pérdida puede alcanzar hasta un 15% de la masa muscular total en las primeras semanas posteriores a la lesión, lo cual está directamente asociado con peores desenlaces clínicos, infecciones secundarias y mayor tiempo de ventilación mecánica (6,7). Además, la sarcopenia preexistente (pérdida crónica de masa y fuerza muscular) ha sido reconocida como un importante factor de riesgo para mortalidad intrahospitalaria en múltiples cohortes de pacientes críticos, incluidos aquellos con traumatismos y quemaduras (8,9).

Si bien la tomografía computarizada sigue siendo el método de referencia para la evaluación cuantitativa de la masa muscular, su uso rutinario en pacientes quemados puede verse limitado por la inestabilidad hemodinámica o por la necesidad de reanimación urgente. En este sentido, la ecografía muscular ha surgido como una herramienta práctica y no invasiva para estimar la masa muscular en pacientes críticos, con buena correlación interobservador y validación frente a métodos más complejos (10,11). Su aplicabilidad en el entorno de la reanimación de pacientes

quemados la convierte en una alternativa viable para fines de evaluación pronóstica y estratificación de riesgo.

Una revisión de alcance reciente sobre el uso de ultrasonido muscular en pacientes críticos concluyó que esta técnica es válida y reproducible para cuantificar masa muscular y arquitectura en la UCI, especialmente a nivel del cuádriceps.(12,13)

Dentro de los músculos del cuádriceps, el recto femoral se ha consolidado como uno de los sitios índice más estudiados para la evaluación ecográfica de masa muscular. En un estudio pionero en pacientes de una unidad de cuidados intensivos quirúrgicos, Mueller et al. demostraron que la sarcopenia cuantificada por ultrasonido del recto femoral al ingreso predice desenlaces adversos (incluyendo disposición desfavorable al alta) con una capacidad similar a la fragilidad, proponiendo al ultrasonido del recto femoral como una herramienta rápida de estratificación de riesgo en pacientes críticos (13). De manera complementaria, una revisión sistemática reciente de Nies et al. evaluó específicamente el valor diagnóstico del ultrasonido del recto femoral para la detección de sarcopenia en adultos. Esta revisión identificó varios estudios que comparan mediciones ecográficas del recto femoral (espesor o área de sección transversal) con métodos de referencia como DXA, TC o criterios diagnósticos de sarcopenia, encontrando sensibilidades de 60–81 % y especificidades de 51–94 % según puntos de corte y población estudiada. Los autores concluyen que el ultrasonido del recto femoral es una herramienta prometedora para el diagnóstico de sarcopenia en múltiples contextos clínicos, aunque señalan la necesidad de protocolos estandarizados y de valores de referencia claros para facilitar su implementación rutinaria(14).

En adultos mayores, Sri-On et al. evaluaron la validez de la medición del espesor del recto femoral mediante ultrasonido para detectar masa muscular apendicular baja, definiendo puntos de corte de ≤ 1.1 cm en hombres y ≤ 1.0 cm en mujeres, que mostraron la mayor precisión diagnóstica frente a DXA(15). Estos datos refuerzan tanto la validez del espesor del recto femoral como biomarcador de masa muscular, como la plausibilidad de utilizar umbrales en el rango de 10–11 mm para definir masa muscular disminuida.

No existe aún un punto de corte universalmente aceptado para el espesor del recto femoral aplicable a todas las poblaciones clínicas, y la propia revisión sistemática de Nies et al. subraya la heterogeneidad metodológica y la necesidad de establecer valores de referencia adaptados al contexto(14).En este sentido, la elección de un punto de corte de **10 mm** en el presente protocolo se fundamenta en la convergencia de la literatura que sitúa los umbrales de masa muscular baja del recto femoral en el rango de 1.0–1.1 cm(15); y la hipótesis fisiopatológica de que un espesor <10mm representa una condición de reserva muscular críticamente disminuida, coherente con el concepto de sarcopenia severa descrito en otras poblaciones de alto riesgo.

La evaluación temprana del estado de la masa muscular al ingreso no solo permite una mejor comprensión de la fisiopatología subyacente, sino que también puede guiar estrategias terapéuticas individualizadas. Intervenciones como la nutrición hipercalórica e hiperproteica, suplementación con aminoácidos de cadena ramificada, optimización de la fisioterapia y movilización precoz han demostrado potencial para atenuar la pérdida muscular y mejorar los desenlaces clínicos, aunque su eficacia varía dependiendo del estado basal del paciente (16,17).

A la luz de esta evidencia, investigar la asociación entre el porcentaje de masa muscular al ingreso y la mortalidad intrahospitalaria en pacientes con quemaduras extensas se vuelve prioritario para mejorar la atención crítica de estos pacientes(18). Esta línea de investigación permitirá no solo predecir la evolución clínica, sino también intervenir tempranamente en pacientes con mayor riesgo, optimizando recursos y personalizando los cuidados.

Planteamiento del Problema

Las quemaduras extensas, definidas como aquellas que afectan más del 20% de la superficie corporal total (SCT), representan un reto clínico de gran magnitud por su alta morbimortalidad y la complejidad de su manejo inicial en unidades de reanimación y cuidados intensivos. A pesar de los avances en el abordaje multidisciplinario de estos pacientes, la mortalidad intrahospitalaria sigue siendo elevada, especialmente en contextos donde los recursos son limitados y la capacidad de estratificación pronóstica es insuficiente.

En este escenario, la masa muscular ha emergido como un marcador clínico relevante en pacientes críticos. Diversos estudios han demostrado que una alta velocidad en la perdida de masa muscular durante el internamiento se asocia con peores desenlaces clínicos, incluyendo aumento en la tasa de infecciones, mayor estancia hospitalaria y ventilatoria, y una mortalidad significativamente más alta. Esta relación ha sido ampliamente documentada en poblaciones con sepsis, trauma y pacientes quirúrgicos; sin embargo, en pacientes con quemaduras extensas, el impacto específico del estado muscular al ingreso sobre la mortalidad intrahospitalaria no ha sido suficientemente estudiado, especialmente en poblaciones latinoamericanas.

En hospitales de tercer nivel del noreste de México, los pacientes con quemaduras graves suelen ingresar directamente a salas de reanimación, donde la evaluación inicial se enfoca en variables hemodinámicas, extensión de la quemadura y soporte vital. No obstante, rara vez se realiza una valoración objetiva de la masa muscular, a pesar de que esta podría aportar información pronóstica crucial para la toma de decisiones clínicas tempranas, como la intensidad del soporte nutricional, el inicio de movilización precoz o la designación de recursos críticos. Ante esta omisión, existe una brecha de conocimiento relevante:

Pregunta de Investigación

¿Podría el porcentaje de masa muscular al ingreso ser un predictor independiente de mortalidad intrahospitalaria en pacientes con quemaduras mayores al 20% SCT?

Responder a esta pregunta permitiría no solo identificar un nuevo biomarcador clínico temprano de utilidad práctica en la evaluación inicial, sino también desarrollar protocolos individualizados de intervención que optimicen el pronóstico funcional y vital de esta población vulnerable. A nivel local, también permitiría estandarizar una herramienta objetiva de evaluación del estado nutricional y funcional desde la admisión en la sala de reanimación, fortaleciendo la medicina basada en evidencia en el contexto de las unidades de quemados del país.

Dado que en la actualidad no existen estudios clínicos publicados en México que hayan evaluado esta asociación de forma sistemática y prospectiva en pacientes con quemaduras, esta investigación se justifica plenamente y puede representar una contribución significativa tanto al conocimiento científico como a la práctica médica crítica.

Justificación

Las quemaduras que comprometen más del 20% de la superficie corporal total constituyen una de las entidades más desafiantes en la medicina de urgencias y cuidados intensivos, con alta carga de morbilidad, complicaciones sistémicas y mortalidad intrahospitalaria. La respuesta hipermetabólica característica de estas lesiones induce un estado catabólico severo, con degradación acelerada de proteínas musculares, afectando directamente la masa muscular del paciente. Esta condición compromete la capacidad funcional, inmunológica y metabólica del organismo, y puede influir negativamente en el pronóstico vital del paciente desde las primeras horas tras el ingreso.

Aunque múltiples estudios han demostrado la utilidad pronóstica del estado nutricional y la masa muscular en pacientes críticos, esta variable no ha sido suficientemente incorporada en la evaluación inicial de pacientes con quemaduras graves, especialmente en el contexto de unidades de reanimación en hospitales públicos de Latinoamérica. En México, y particularmente en hospitales de tercer nivel del noreste del país, no se cuenta con datos sistematizados que evalúen la masa muscular al ingreso como predictor de mortalidad en pacientes quemados. Esta omisión representa una importante área de oportunidad tanto para mejorar la atención como para generar conocimiento científico aplicable.

La medición del porcentaje de masa muscular podría representar una herramienta práctica, objetiva y accesible para la estratificación pronóstica inicial, permitiendo identificar pacientes de alto riesgo en quienes se puedan implementar de manera anticipada estrategias nutricionales, metabólicas y de rehabilitación intensiva. Esta investigación busca contribuir a la medicina crítica con evidencia local, con el fin de validar la utilidad clínica de este indicador, promover su integración en protocolos hospitalarios y optimizar los desenlaces clínicos en una población altamente vulnerable.

Además, este estudio puede sentar las bases para el diseño de futuras intervenciones específicas orientadas a la preservación de masa muscular como parte integral del manejo inicial del paciente quemado, en concordancia con los enfoques contemporáneos de medicina personalizada y pronóstico funcional.

Capítulo III

Hipótesis

Hipótesis Nula (N0)

- No existe asociación entre el porcentaje de masa muscular al ingreso y la mortalidad en pacientes con quemaduras >20% SCT.

Hipótesis Alterna (N1)

- Existe una asociación significativa entre un menor porcentaje de masa muscular al ingreso y mayor mortalidad en pacientes con quemaduras >20% SCT.

Capítulo IV

Objetivos

Objetivo Principal

Evaluar la asociación entre el porcentaje de masa muscular al ingreso y la mortalidad intrahospitalaria en pacientes con quemaduras mayores al 20% de la superficie corporal total, admitidos en la sala de reanimación de un hospital de tercer nivel del noreste de México.

Objetivo Secundarios

- 1.- Identificar factores clínicos y demográficos asociados a menor porcentaje de masa muscular al ingreso (edad, sexo, comorbilidades, tiempo al ingreso, tipo de quemadura)
- 2.- Estimar la mortalidad hospitalaria a 30 días.
- 3.- Establecer un punto de corte clínico para el porcentaje de masa muscular al ingreso que prediga mayor riesgo de mortalidad, con base en análisis de curvas ROC.

Capítulo V

Materiales y Métodos

Diseño Metodológico

Estudio observacional, analítico, de tipo cohorte prospectiva, unicéntrico, con seguimiento intrahospitalario hasta egreso por mejoría o defunción.

Población del Estudio

La población estará conformada por todos los pacientes mayores de 18 años admitidos en la sala de reanimación con diagnóstico de quemadura mayor al 20% de la superficie corporal total (SCT).

Temporalidad

El periodo de reclutamiento comprendió desde MAYO 2025 hasta NOVIEMBRE 2025 durante el cual se incluyeron de manera consecutiva todos los pacientes elegibles con quemaduras $\geq 20\%$ de la superficie corporal total que ingresaron dentro de las primeras 24 horas del evento. El periodo de observación fue intrahospitalario, iniciando desde el momento del ingreso y la medición ecográfica inicial (dentro de las primeras 24 horas) y finalizando al ocurrir el desenlace principal (egreso hospitalario por mejoría o defunción)

Criterios de Inclusión

- Pacientes de 18 años cumplidos o mayores.
- Quemadura térmica o química mayor al 20% SCT, calculada mediante la regla de Wallace.
- Ingreso al hospital dentro de las primeras 24 horas posteriores al evento.

Criterios de Exclusión

- Pacientes con comorbilidades oncológicas activas, enfermedades neuromusculares alteren de forma sustancial la masa muscular

- Condiciones que imposibiliten la medición válida del recto femoral (p. ej., amputación, lesión extensa/local que impida acceso o distorsione anatomía del muslo, vendaje/escara que impida técnica estandarizada)
- Pacientes embarazadas.
- Pacientes con quemaduras menores al 20% SCT.

Criterios de Eliminación

- Pacientes que solicitaron alta voluntaria o traslado a otra institución antes de completarse el desenlace (mortalidad o egreso hospitalario).
- Expedientes incompletos para las variables principales del estudio (espesor muscular, mortalidad, SCTQ o edad).

Cálculo de Muestra

Se realizará un muestreo por conveniencia consecutivo de todos los pacientes que cumplan con los criterios de inclusión durante el periodo de recolección de datos.

Métodos

Se realizó un estudio observacional analítico de cohorte, en pacientes adultos con quemaduras mayores al 20 % de la superficie corporal total (SCTQ), en quienes se midió el espesor del músculo recto femoral por ultrasonido al ingreso, y se documentó la mortalidad intrahospitalaria como desenlace principal.

El músculo recto femoral se evaluó utilizando un ecógrafo portátil con transductor lineal de alta frecuencia (7–12 MHz). Las mediciones se realizaron dentro de las primeras 24 horas del ingreso, siguiendo el protocolo estandarizado descrito a continuación:

1. El paciente en decúbito supino, con la pierna derecha extendida y relajada. En caso de quemadura en dicha pierna, se utilizó la pierna contralateral.
2. Se identificó el punto de medición a los 2/3 de la distancia entre la espina ilíaca anterosuperior (EIAS) y el borde superior de la rótula.
3. El transductor se colocó en posición transversal (perpendicular al eje del muslo), aplicando gel suficiente para evitar la compresión de los tejidos blandos.

4. Se obtuvo una imagen clara de las fascias del músculo recto femoral y vasto intermedio.
5. Se realizaron tres mediciones consecutivas del espesor del recto femoral, de fascia superficial y de la fascia profunda. Se registró el promedio de dichas mediciones.
6. Se documentaron imágenes ecográficas en formato digital para su validación y respaldo.

Clasificación de la masa muscular

La masa muscular se evaluó mediante la medición ecográfica del espesor del músculo recto femoral (Med_mm), realizada al ingreso del paciente en la sala de reanimación, utilizando la técnica estandarizada descrita previamente en el protocolo (posición supina, rodilla en ligera flexión, transductor lineal colocado en el tercio medio del muslo, obteniendo mediciones perpendiculares a las fibras musculares).

Con base en esta medición se estableció una clasificación categórica de la masa muscular en dos grupos, de acuerdo con un punto de corte clínico y estadísticamente fundamentado. El criterio se definió considerando tanto la literatura sobre sarcopenia en pacientes críticos como los resultados de la curva ROC obtenidos en este estudio, donde valores cercanos a 9–10 mm mostraron la mejor capacidad discriminativa para predecir mortalidad.

La clasificación utilizada se resume en la **Tabla 1**.

Categoría de masa muscular	Punto de corte Med_mm (mm)	Descripción clínica
Baja masa muscular	Med_mm < 10 mm	Paciente con reserva muscular muy disminuida. Indica alto grado de fragilidad metabólica, mayor susceptibilidad a catabolismo acelerado, complicaciones sistémicas y desenlaces adversos. Se considera un grupo de alto a muy alto riesgo de mortalidad.
Masa muscular normal	Med_mm ≥ 10 mm	Paciente con reserva muscular relativamente preservada. Sugiere mejor capacidad para tolerar el estado hipermetabólico y la agresión sistémica de la quemadura

		extensa, con menor riesgo relativo de complicaciones graves y muerte.
--	--	---

Tabla 1. Clasificación de la masa muscular según espesor del recto femoral (Med_mm)

En todos los análisis posteriores, los pacientes se agruparon según esta clasificación (baja masa muscular vs masa muscular normal) para evaluar su asociación con la mortalidad intrahospitalaria y otros desenlaces clínicos.

Análisis Estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando la base de datos completa de 47 pacientes con quemaduras mayores al 20 % de la superficie corporal total (SCTQ). En una primera etapa, se efectuó la preparación y depuración de la base de datos. Para ello, se consolidó la información en una hoja de cálculo con las variables: identificador del paciente (ID), edad (años), sexo (masculino/femenino), SCTQ (porcentaje), espesor del músculo recto femoral medido por ultrasonido (Med_mm, en milímetros) y condición al egreso (sobrevivió/falleció).

Se verificó la presencia de datos faltantes en las variables centrales del análisis (edad, sexo, SCTQ, Med_mm y mortalidad intrahospitalaria). Tras este proceso de depuración, no se identificaron datos faltantes en las variables principales, ni errores que obligan a excluir registros; en consecuencia, no fue necesario aplicar procedimientos de imputación y se trabajó con los 47 pacientes inicialmente incluidos.

Para el análisis, se definieron y codificaron las variables de acuerdo con su naturaleza (Tabla 2). La variable de desenlace principal fue la mortalidad intrahospitalaria, codificada de forma dicotómica como 0 para los pacientes que sobrevivieron al egreso y 1 para aquellos que fallecieron durante la hospitalización. La variable de exposición principal fue el espesor muscular del recto femoral (Med_mm), que se consideró como variable cuantitativa continua en milímetros. Adicionalmente, y con base en el punto de corte preespecificado, se generó una variable categórica dicotómica de masa muscular: se definió “baja masa muscular” como $\text{Med_mm} < 10 \text{ mm}$ y “masa muscular normal” como $\text{Med_mm} \geq 10 \text{ mm}$. Como covariables se incluyeron la edad (variable cuantitativa continua, expresada en años), el sexo (variable dicotómica, codificada como 0 = femenino y 1 = masculino) y la SCTQ (variable cuantitativa continua, expresada en porcentaje de superficie corporal quemada).

Variable	Tipo de variable	Descripción de las variables	Escala de medición
1.Espesor del recto femoral	Variable cuantitativa continua	Determina el espesor del recto femoral	milímetros
2.Masa muscular	Variable cualitativa categórica dicotómica	Determina si el volumen de masa muscular es normal o bajo (<10mm) en base al espesor del recto femoral	Normal o bajo
3.Superficie corporal total quemada	Variable cuantitativa	Determina la superficie corporal total quemada del paciente a su ingreso a emergencias	Porcentaje (%)
4.Defunción	Variable cualitativa nominal dicotómica	Determina si el paciente falleció o no falleció	Presente o ausente
5.Edad	Variable cuantitativa discreta	Determina el número de años de vida del paciente.	Años
6.Sexo	Variable cualitativa nominal dicotómica	Diferencia entre masculino y femenino	Masculino y femenino

Tabla 2 Tipo de variables de la cohorte

La estadística descriptiva se elaboró con el objetivo de caracterizar la cohorte y servir de base para los análisis posteriores.

Antes de seleccionar las pruebas de inferencia, se evaluó la normalidad de las variables cuantitativas. Para ello se utilizó la prueba de Shapiro–Wilk, adecuada para muestras menores de 50 sujetos, asumiendo como hipótesis nula que la distribución

de la variable es normal. Un valor de $p < 0.05$ se consideró evidencia de desviación significativa respecto de la normalidad. Esta evaluación estadística se complementó con la inspección visual de los histogramas y boxplots, lo que permitió valorar la simetría de las distribuciones y la presencia de outliers.

Para las variables cuantitativas (edad, SCTQ y Med_mm) se calcularon la media y la desviación estándar (DE) como medidas principales de tendencia central y dispersión. Para las variables categóricas (sexo, mortalidad intrahospitalaria, categoría de masa muscular baja vs normal) se determinaron las frecuencias absolutas (n) y los porcentajes (%) correspondientes, tanto en la cohorte global como estratificados por estado vital al egreso cuando fue pertinente. Como parte de la exploración inicial, se generaron histogramas y gráficos de caja (boxplots) para visualizar la distribución de las variables continuas y detectar posibles valores atípicos.

Una vez descrita la cohorte y evaluada la normalidad, se procedió a las comparaciones bivariadas según la mortalidad intrahospitalaria. Para ello, la muestra se dividió en dos grupos: pacientes que sobrevivieron al egreso y pacientes que fallecieron durante la hospitalización. En cada grupo se resumieron las variables cuantitativas (edad, SCTQ y Med_mm) con los indicadores ya mencionados (n, media, DE, mediana, P25, P75, mínimo y máximo).

Para comparar la edad entre sobrevivientes y fallecidos se utilizó la prueba U de Mann–Whitney, debido al tamaño de la muestra y al comportamiento de la distribución. De manera similar, el porcentaje de SCTQ entre ambos grupos se comparó con la prueba de Mann–Whitney, dado que SCTQ no cumplió estrictamente los criterios de normalidad. En el caso del espesor muscular (Med_mm), dada la diferencia muy marcada observada entre grupos y la relativa aproximación a la normalidad, se aplicó tanto la t de Student para muestras independientes (para estimar la diferencia de medias y su significancia) como la prueba U de Mann–Whitney (para contar con una alternativa robusta ante posibles desviaciones de los supuestos). De estas pruebas se reportaron el estadístico t, los grados de libertad y el valor de p en el caso de la t de Student, así como el estadístico U y el valor de p correspondiente para la prueba de Mann–Whitney, junto con la descripción de la magnitud de la diferencia en milímetros entre fallecidos y sobrevivientes.

Para las variables categóricas se evaluó su asociación con la mortalidad mediante tablas de contingencia. En primer lugar, se analizó la relación entre sexo y mortalidad y se aplicó la prueba de chi-cuadrado de Pearson para determinar si las proporciones de fallecidos diferían según el sexo. En segundo término, se analizó de la misma manera la asociación entre la categoría de masa muscular (baja vs normal) y la mortalidad. Dado que en este cruce algunas celdas presentaron conteos pequeños, se utilizó la prueba exacta de Fisher como método más preciso para

estimar el valor de p asociado a la asociación entre la categoría de masa muscular y el desenlace.

A partir de estos resultados se calculó la razón de momios (odds ratio, OR) cruda para la asociación entre baja masa muscular y mortalidad. Se definieron a como el número de pacientes con baja masa muscular que fallecieron, b como el número de pacientes con baja masa muscular que sobrevivieron, c como el número de pacientes con masa muscular normal que fallecieron y d como el número de pacientes con masa muscular normal que sobrevivieron. El OR crudo se obtuvo mediante la fórmula $OR = (a \cdot d) / (b \cdot c)$, que equivale al cociente entre las odds de morir en el grupo con $Med_mm < 10$ mm y las odds de morir en el grupo con $Med_mm \geq 10$ mm. Sobre esta razón de momios se calculó el intervalo de confianza al 95 % (IC 95 %) empleando el logaritmo natural de OR y su error estándar correspondiente. El valor de p asociado a esta asociación provino de la prueba exacta de Fisher. La interpretación se centró en cuántas veces se incrementaron las odds de morir en el grupo de baja masa muscular respecto al grupo con masa muscular normal y en la intensidad de esta asociación.

Con el fin de explorar el efecto independiente del espesor muscular sobre la mortalidad, se ajustó un modelo de regresión logística binaria. En este modelo, la variable dependiente fue la mortalidad intrahospitalaria (codificada como 0 para sobrevivientes y 1 para fallecidos). Como variables independientes se incluyeron el espesor del recto femoral (Med_mm , en milímetros, como variable continua), la edad (años), la SCTQ (porcentaje de superficie corporal total quemada) y el sexo (0 = femenino, 1 = masculino). Se utilizó el método “Enter”, es decir, todas las variables se introdujeron de forma simultánea en el modelo siguiendo el esquema teórico predefinido, sin aplicar procedimientos automáticos de selección paso a paso, para respetar la hipótesis planteada en el protocolo. Los coeficientes β de la regresión se estimaron mediante máxima verosimilitud. Para cada variable independiente se calcularon el coeficiente β (log-odds), su error estándar, el estadístico z (cociente entre β y el error estándar), el valor de p (bilateral) y el OR ajustado, obtenido como e^{β} , junto con su intervalo de confianza al 95 %. Se consideró que una variable tenía un efecto independiente significativo sobre la mortalidad cuando su p fue < 0.05 y el IC 95 % del OR ajustado no incluía el valor 1. Se revisó, además, que el signo y la magnitud de los coeficientes fueran clínicamente coherentes (por ejemplo, un β negativo para Med_mm , indicando que un mayor espesor muscular se asociaba con menor riesgo de muerte).

Para evaluar la bondad de ajuste y el desempeño global del modelo se utilizó la prueba de razón de verosimilitudes (likelihood ratio test), comparando el modelo completo (con predictores) frente al modelo nulo (sin predictores), y se calculó un pseudo R^2 , como el de Nagelkerke, para estimar la proporción de la variabilidad en la mortalidad explicada por el conjunto de variables incluidas. Se verificó también la

adecuada convergencia del modelo y la estabilidad de los coeficientes, lo que garantizó la validez de las inferencias realizadas.

Además de la regresión, se estudió la capacidad discriminativa del espesor muscular y del modelo multivariado mediante curvas ROC (Receiver Operating Characteristic). En primer lugar, se construyó una curva ROC utilizando Med_mm como predictor único de mortalidad. Para cada posible punto de corte en Milímetros se calcularon la sensibilidad (proporción de fallecidos correctamente clasificados como de alto riesgo) y la especificidad (proporción de sobrevivientes correctamente clasificados como de bajo riesgo), lo que permitió trazar la curva ROC y calcular el área bajo la curva (AUC) con su intervalo de confianza al 95 %. Una AUC cercana a 0.5 se interpretó como ausencia de capacidad discriminativa, mientras que valores por encima de 0.8 se consideraron como buena y por encima de 0.9 como excelente capacidad de discriminación. En segundo lugar, se generó una curva ROC para el modelo logístico multivariado, utilizando las probabilidades predichas de mortalidad para cada paciente. Con estas probabilidades se calculó el AUC del modelo ajustado y se comparó con el AUC de Med_mm aislado, evaluando si la inclusión de edad, SCTQ y sexo mejoraba la discriminación del riesgo.

A partir de la curva ROC de Med_mm se determinó el punto de corte óptimo para predecir mortalidad mediante el índice de Youden, definido como $J = \text{sensibilidad} + \text{especificidad} - 1$. Se identificó el valor de Med_mm que maximizó dicho índice y, para ese umbral, se calcularon la sensibilidad, la especificidad, el valor predictivo positivo (VPP) y el valor predictivo negativo (VPN). De esta manera, se pudo comparar el punto de corte empírico derivado de la cohorte con el punto de corte clínico predefinido de 10 mm, evaluando la congruencia entre ambos y la utilidad práctica de considerar Med_mm < 10 mm como definición de baja masa muscular y de alto riesgo.

En todos los análisis se utilizaron pruebas de hipótesis bilaterales y se estableció un nivel de significancia estadística de $\alpha = 0.05$. Los valores de $p < 0.05$ se interpretaron como estadísticamente significativos. El procesamiento de la base de datos y la ejecución de las pruebas estadísticas se llevaron a cabo en un paquete estadístico de uso clínico e investigativo: IBM SPSS Statistics®. Esta combinación permitió realizar tanto los análisis descriptivos como las pruebas bivariadas, la regresión logística y la construcción de las curvas ROC con rigor metodológico y reproducibilidad.

Capítulo VI

Resultados

Se analizaron 47 pacientes adultos con quemaduras mayores o iguales al 20% de la superficie corporal total quemada (SCTQ) atendidos en la sala de reanimación. La edad media de la cohorte fue de 40.6 ± 13.3 años, con una mediana de 40 años y un rango intercuartílico (RIC) de 30.0 a 53.5 años; la edad mínima observada fue de 19 años y la máxima de 64 años. La distribución de la edad se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk y fue compatible con normalidad ($W = 0.952$; $p = 0.051$). En cuanto al sexo, 27 pacientes (57.4%) fueron hombres y 20 (42.6%) mujeres. (Figura 1).

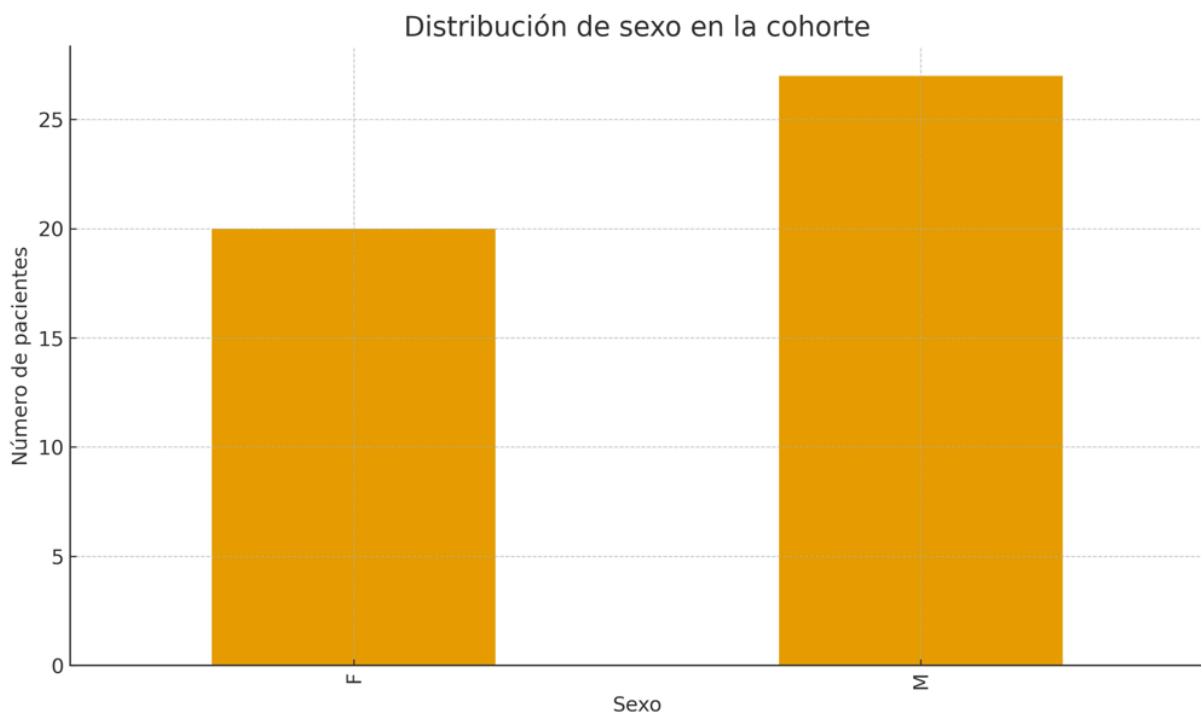


Figura 1. Distribución por sexo de la cohorte de pacientes gran quemados. Gráfico de barras que muestra el número absoluto de pacientes de sexo masculino y femenino incluidos en el estudio ($n = 47$).

La superficie corporal total quemada (SCTQ) presentó una media de 35.3 ± 6.2 %, con una mediana de 35.0 % (RIC 32.0–38.0) y un rango que osciló entre 21 % y 54 %. El espesor del músculo recto femoral medido por ultrasonido (Med_mm) mostró una media de 13.9 ± 5.2 mm, mediana de 15.0 mm (RIC 9.0–18.0), con valores mínimos de 4 mm y máximos de 20 mm.

En cuanto al desenlace, 30 pacientes (63.8 %) sobrevivieron al egreso hospitalario, mientras que 17 (36.2 %) fallecieron durante la hospitalización. Al categorizar el

espesor muscular en función del punto de corte predefinido de 10 mm, 14 pacientes (29.8 %) presentaron baja masa muscular ($\text{Med_mm} < 10 \text{ mm}$), mientras que 33 (70.2 %) mostraron masa muscular normal ($\text{Med_mm} \geq 10 \text{ mm}$). Estas características globales pueden sintetizarse en una tabla descriptiva (Tabla 3), donde se diferencian claramente las variables cuantitativas (edad, SCTQ, Med_mm) y las categóricas (sexo, mortalidad, categoría de masa muscular), y se complementan con histogramas de distribución para la edad, SCTQ y Med_mm (Figuras 2, 3 y 4).

Variable	n	Media ± DE	Mediana (P25–P75)	Mín–Máx
Edad (años)	47	40.6 ± 13.3	40.0 (30.0–53.5)	19–64
SCTQ (%)	47	35.3 ± 6.2	35.0 (32.0–38.0)	21–54
Med_mm (mm)	47	13.9 ± 5.2	15.0 (9.0–18.0)	4–20
Sexo masculino, n (%)	27 (57.4)	–	–	–
Sexo femenino, n (%)	20 (42.6)	–	–	–
Mortalidad intrahosp., n (%)	17 (36.2)	–	–	–
Baja masa muscular ($\text{Med_mm} < 10 \text{ mm}$), n (%)	14 (29.8)	–	–	–
Masa muscular normal ($\text{Med_mm} \geq 10 \text{ mm}$), n (%)	33 (70.2)	–	–	–

Tabla 1. Características basales de la cohorte de pacientes gran quemados (variables clínicas y demográficas).

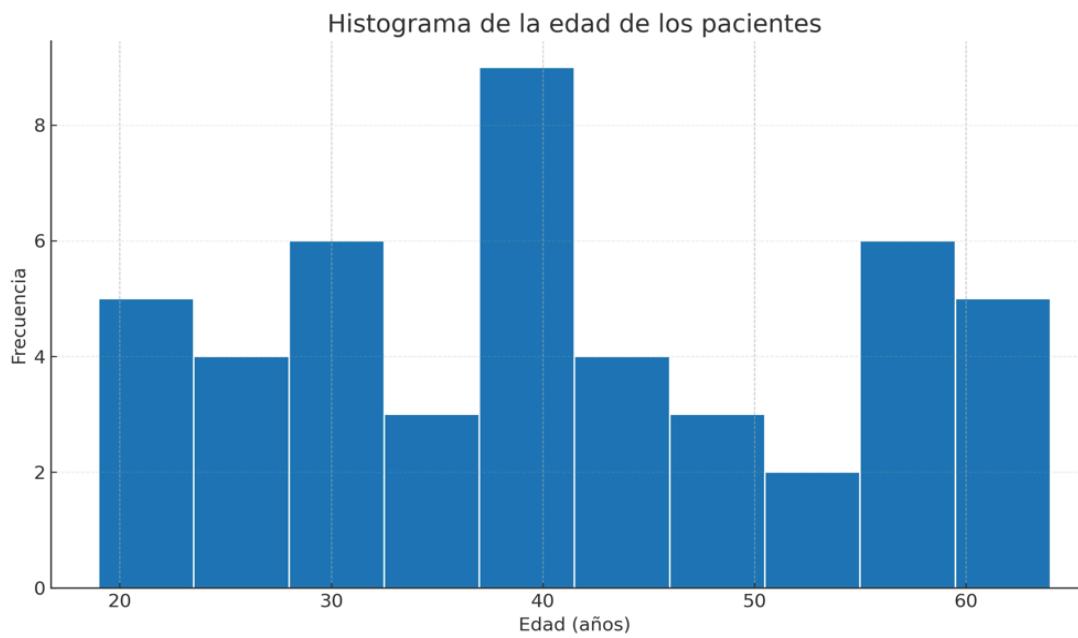


Figura 2. Histograma de la edad de los pacientes. Distribución de la edad (en años) de la cohorte de pacientes gran quemados ($n = 47$), con media aproximada de 40.6 años y rango de 19 a 64 años.

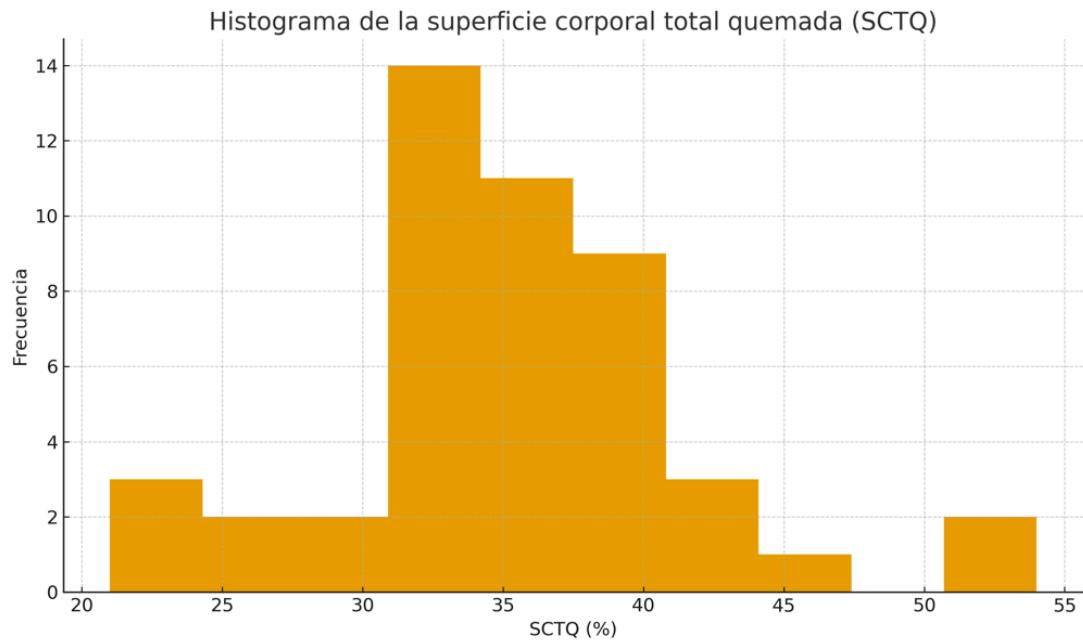


Figura 3. Histograma de la superficie corporal total quemada (SCTQ). Distribución porcentual de la SCTQ en la cohorte ($n = 47$), con valores concentrados alrededor de 35 %, dentro del rango de 21 % a 54 %.

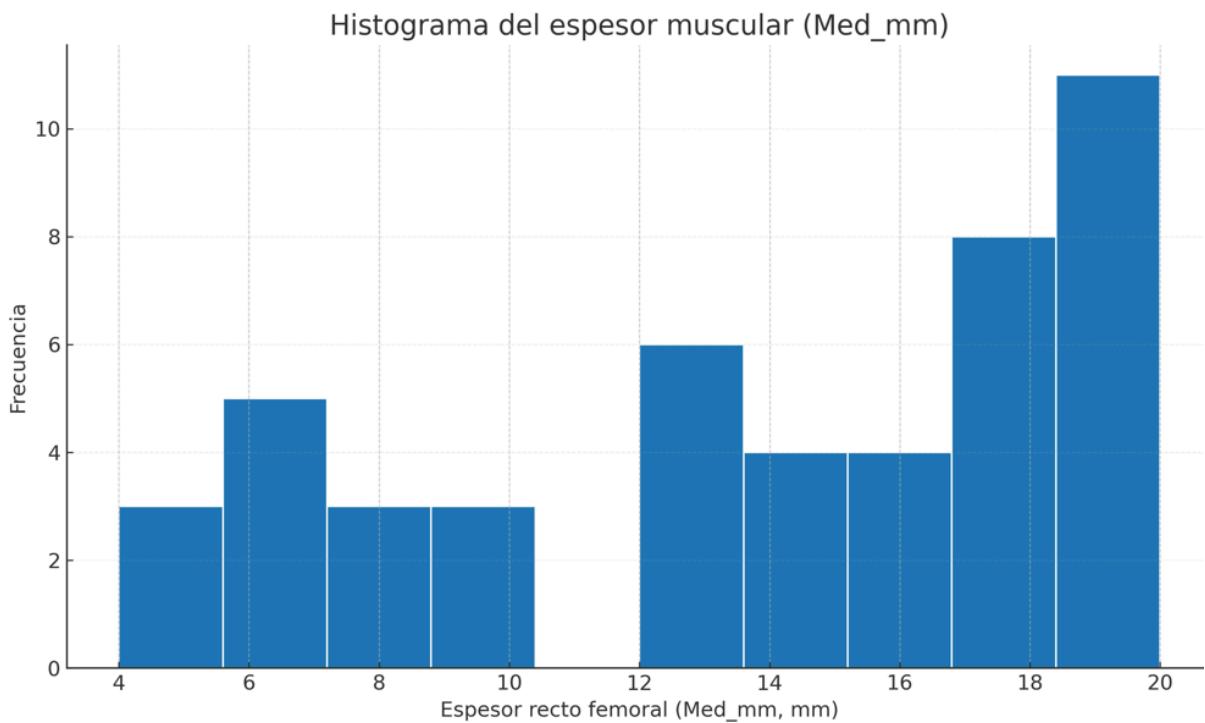


Figura 4. Histograma del espesor muscular del recto femoral (Med_mm). Distribución del espesor del músculo recto femoral medido por ultrasonido (mm) en los pacientes incluidos ($n = 47$), con valores entre 4 mm y 20 mm.

Antes de proceder a las comparaciones bivariadas, se evaluó la distribución de las variables cuantitativas mediante la prueba de Shapiro-Wilk. La edad mostró un comportamiento cercano a la normalidad, con un estadístico W de 0.952 y un valor de $p = 0.051$, por lo que no se rechazó la hipótesis de normalidad al nivel del 5 %. En contraste, la SCTQ presentó un W de 0.940 con $p = 0.018$, lo cual indica una distribución significativamente diferente de la normal. El espesor muscular Med_mm mostró un W de 0.895 con $p = 0.0005$, evidenciando una distribución claramente no normal. Estos hallazgos justificaron el uso combinado de medidas descriptivas robustas (mediana y RIC) y el empleo de pruebas paramétricas o no paramétricas según la variable y el objetivo del análisis, tal como se pre estableció en el plan metodológico.

Para el análisis bivariado se compararon las características de los pacientes que sobrevivieron ($n = 30$) y de los que fallecieron ($n = 17$). Dado que la edad mostró una distribución compatible con normalidad (prueba de Shapiro-Wilk: $W = 0.952$; $p = 0.051$), se reportó como media \pm desviación estándar. En los sobrevivientes, la edad fue de 37.2 ± 12.1 años; en los pacientes que fallecieron, fue de 46.6 ± 13.7 años.

En cuanto a la superficie corporal total quemada (SCTQ), los sobrevivientes presentaron una media de 34.7 ± 6.1 %, mediana de 34.5 % (RIC 32.0–38.0) y un rango de 21 a 54 %, mientras que los fallecidos mostraron una media de 36.3 ± 6.4 %, mediana de 36.0 % (RIC 33.0–39.0) y un rango de 24 a 52 %. La prueba de

Mann–Whitney no evidenció una diferencia estadísticamente significativa en SCTQ entre ambos grupos, con un estadístico U de 219.5 y p = 0.437. En esta cohorte, dentro del rango de SCTQ estudiado, el porcentaje de superficie quemada no se asoció de manera significativa con la mortalidad en el análisis bivariado.

La variable de mayor interés, el espesor del músculo recto femoral (Med_mm), mostró una diferencia muy marcada entre los grupos de desenlace. En los sobrevivientes, la media de Med_mm fue de 16.8 ± 3.0 mm, con una mediana de 18.0 mm (RIC 15.0–19.0) y un rango de 9 a 20 mm. En los fallecidos, la media fue de 8.6 ± 4.0 mm, mediana de 8.0 mm (RIC 6.0–9.0) y rango de 4 a 18 mm.

Dado que Med_mm no presentó distribución normal en la cohorte (Shapiro–Wilk W = 0.895; p = 0.0005), la comparación principal entre grupos se realizó con una prueba no paramétrica (U de Mann–Whitney), la cual confirmó una diferencia altamente significativa ($U = 476.5$; $p = 8.94 \times 10^{-7}$). De manera complementaria, se reportó también la t de Student para muestras independientes ($t = 8.07$; $gl = 45$; $p = 2.77 \times 10^{-10}$) como análisis adicional de sensibilidad, ya que esta prueba es relativamente robusta ante desviaciones moderadas de la normalidad y los resultados fueron concordantes en dirección y magnitud. En conjunto, ambas comparaciones evidencian que los pacientes que fallecieron presentaron un espesor muscular considerablemente menor al ingreso.

Variable	Mortalidad	n	Media ± DE	Mediana (P25 – P75)	Mín–Máx	Prueba	Estadístico	p
Edad (años)	Sobrevivió (0)	30	37.2 ± 12.1	38.5 (26.5–43.5)	19–61	Mann–Whitney	U = 156.0	0.029
	Falleció (1)	17	46.6 ± 13.7	47.0 (36.0–59.0)	19–64			
SCTQ (%)	Sobrevivió (0)	30	34.7 ± 6.1	34.5 (32.0–38.0)	21–54	Mann–Whitney	U = 219.5	0.437
	Falleció (1)	17	36.3 ± 6.4	36.0 (33.0–39.0)	24–52			

Med_mm (mm)	Sobrevivió (0)	30	16.8 ± 3.0	18.0 (15.0–19. 0)	9–20	t de Student	t = 8.07 (gl = 45)	2.77×10^{-10}
	Falleció (1)	17	8.6 ± 4.0	8.0 (6.0–9.0)	4–18	Mann– Whitney	U = 476.5	8.94×10^{-7}

Tabla 2. Comparación de edad, SCTQ y espesor del recto femoral (Med_mm) entre sobrevivientes y fallecidos.

De forma complementaria, la prueba U de Mann–Whitney confirmó esta diferencia, con un estadístico U de 476.5 y un valor de $p = 8.94 \times 10^{-7}$. La distribución de Med_mm según la mortalidad se representó gráficamente mediante un boxplot (Figura 5), donde se observa una separación clara entre los valores de espesor muscular de sobrevivientes y fallecidos.

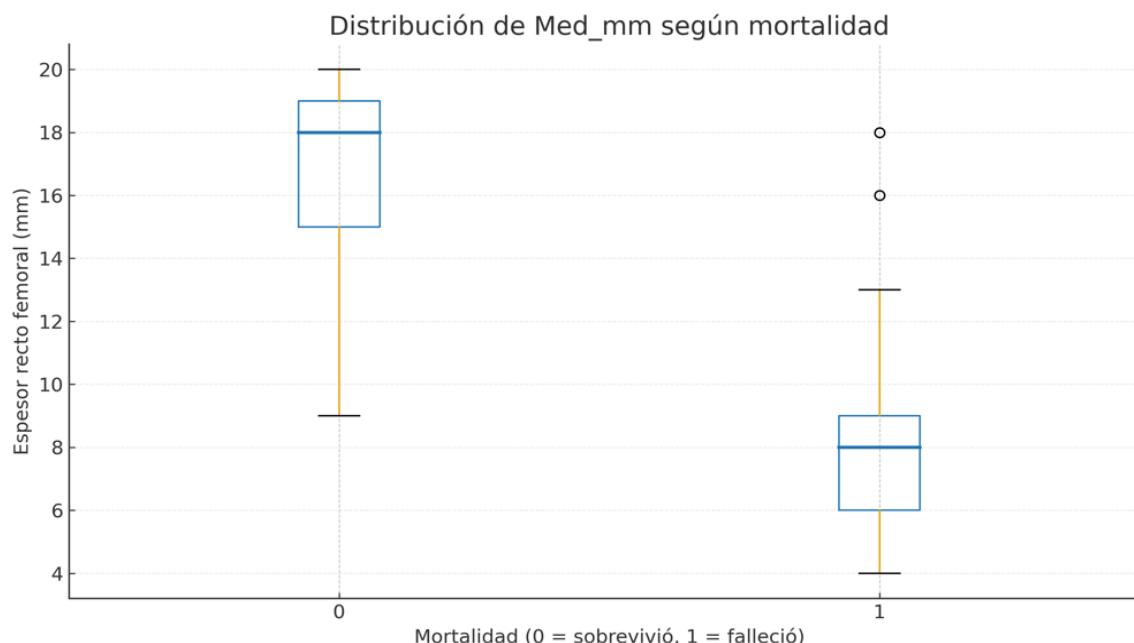


Figura 5. Boxplot del espesor muscular (Med_mm) según mortalidad intrahospitalaria. Comparación de la distribución de Med_mm entre pacientes que sobrevivieron (0) y los que fallecieron (1), mostrando valores notablemente menores en el grupo de fallecidos.

En el análisis de variables categóricas, primero se exploró la relación entre sexo y mortalidad. De las 20 mujeres incluidas, 13 (65.0 %) sobrevivieron y 7 (35.0 %) fallecieron; de los 27 hombres, 17 (63.0 %) sobrevivieron y 10 (37.0 %) fallecieron. Al considerar el total, la proporción global de sobrevivientes fue 63.8 % y de fallecidos 36.2 % (Tabla 3).

Sexo	Sobrevivió n (%)	Falleció n (%)	Total n (%)
Femenino	13 (65.0)	7 (35.0)	20 (100)
Masculino	17 (63.0)	10 (37.0)	27 (100)

Tabla 3. Distribución de sexo según mortalidad

La prueba de chi-cuadrado de Pearson aplicada a esta tabla de contingencia 2×2 arrojó un valor de $\chi^2 = 0.00$ con 1 grado de libertad y un $p = 1.000$, lo que indica que en esta cohorte el sexo no se asoció con diferencias en la mortalidad intrahospitalaria.

Posteriormente se analizó la asociación entre la categoría de masa muscular (baja vs normal) y la mortalidad. Los pacientes con masa muscular normal ($Med_mm \geq 10$ mm) ($n = 33$) tuvieron 29 sobrevivientes (87.9 %) y 4 fallecidos (12.1 %). En contraste, los pacientes con baja masa muscular ($Med_mm < 10$ mm) ($n = 14$) presentaron solo 1 sobreviviente (7.1 %) y 13 fallecidos (92.9 %). Desde otra perspectiva, entre los 17 pacientes que fallecieron, 13 (76.5 %) tenían baja masa muscular, mientras que entre los 30 sobrevivientes, únicamente 1 (3.3 %) se encontraba en esta categoría. (Tabla 4)

Categoría de masa muscular	Sobrevivió n (%)	Falleció n (%)	Total n (%)
Masa muscular normal ($Med_mm \geq 10$ mm)	29 (87.9)	4 (12.1)	33 (100)
Baja masa muscular ($Med_mm < 10$ mm)	1 (7.1)	13 (92.9)	14 (100)

Tabla 4 Asociación entre categoría de masa muscular ($Med_mm < 10$ mm vs ≥ 10 mm) y mortalidad intrahospitalaria, con OR cruda.

La prueba exacta de Fisher aplicada a esta tabla 2×2 mostró una asociación altamente significativa entre baja masa muscular y mortalidad, con un valor de $p \approx 2.11 \times 10^{-7}$. Esta relación se ilustra mediante un gráfico de barras apiladas que muestra la mortalidad según categoría de masa muscular y un gráfico de pastel que muestra la distribución global de baja vs masa muscular normal en la cohorte (Figuras 6 y 7).

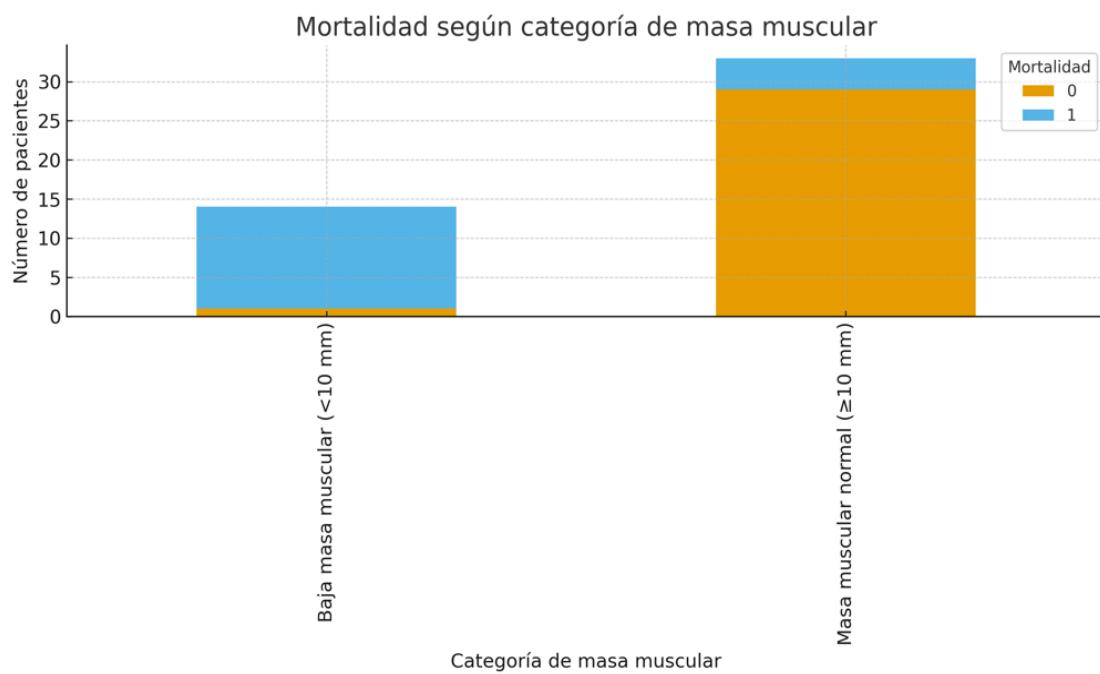


Figura 7. Mortalidad intrahospitalaria según la categoría de masa muscular. Gráfico de barras apiladas que muestra el número de pacientes sobrevivientes y fallecidos en cada categoría de masa muscular: baja masa muscular ($Med_mm < 10 \text{ mm}$) y masa muscular normal ($Med_mm \geq 10 \text{ mm}$).

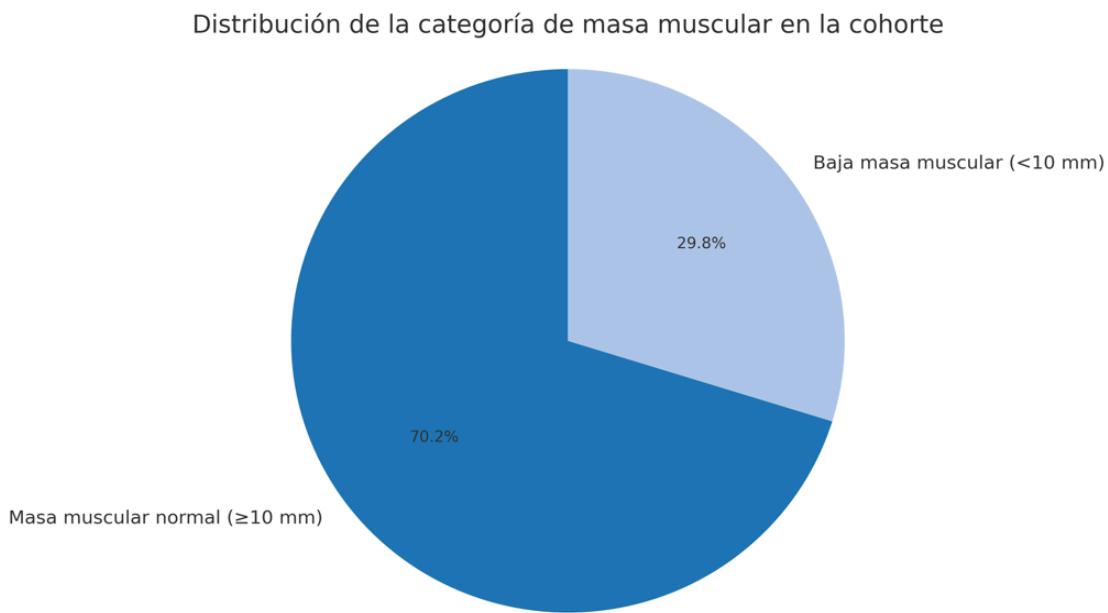


Figura 8. Distribución global de la categoría de masa muscular en la cohorte. Gráfico de pastel que representa la proporción de pacientes con baja masa muscular ($Med_mm < 10 \text{ mm}$) y con masa muscular normal ($Med_mm \geq 10 \text{ mm}$) en el total de la muestra ($n = 47$).

Para cuantificar la fuerza de la asociación entre baja masa muscular y mortalidad, se calculó la razón de momios (odds ratio, OR) cruda a partir de la tabla 2×2 . Se definieron: a = 13 (pacientes con baja masa muscular que fallecieron), b = 1 (baja

masa muscular que sobrevivió), $c = 4$ (masa muscular normal que falleció) y $d = 29$ (masa muscular normal que sobrevivió). La OR cruda se obtuvo mediante la fórmula:

$$OR_{crudo} = \frac{a \cdot d}{b \cdot c} = \frac{13 \times 29}{1 \times 4} = 94.25$$

El intervalo de confianza al 95 % (IC 95 %) se calculó a partir del logaritmo natural de la OR y su error estándar, resultando en un IC 95 % de aproximadamente 9.6 a 927.8. El valor de p asociado a esta OR, obtenido a partir de la prueba exacta de Fisher, fue de 2.11×10^{-7} . En términos clínicos, esto implica que los pacientes con baja masa muscular ($Med_mm < 10$ mm) tuvieron alrededor de 94 veces mayores odds de morir durante la hospitalización que aquellos con $Med_mm \geq 10$ mm, con un intervalo de confianza amplio pero completamente por encima de 1, lo que confirma una asociación muy fuerte y estadísticamente significativa. Este resultado se representa en un forest plot que muestra el OR crudo para la categoría de baja masa muscular (Figura 9).

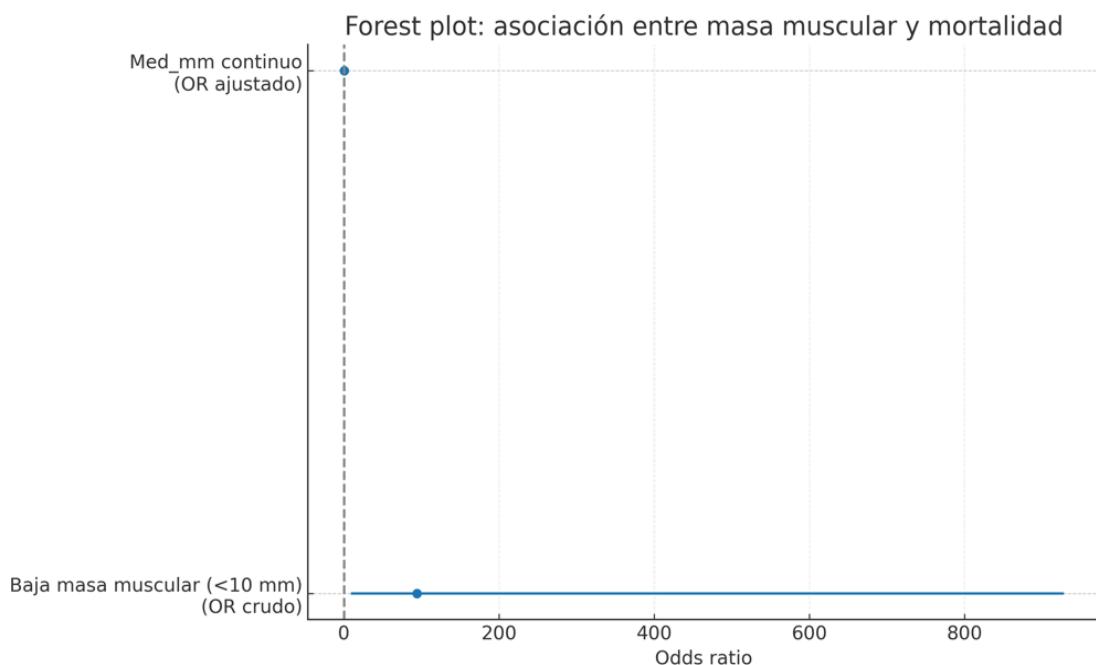


Figura 9. Forest plot de la asociación entre masa muscular y mortalidad. Se muestran el odds ratio (OR) crudo para baja masa muscular ($Med_mm < 10$ mm) y el OR ajustado para Med_mm continuo en el modelo de regresión logística (ajustado por edad y SCTQ), con sus respectivos intervalos de confianza al 95 %.

Con el fin de determinar si el espesor muscular se mantenía como un predictor independiente de mortalidad al ajustar por otras variables relevantes, se ajustó un modelo de regresión logística binaria. La variable dependiente fue la mortalidad intrahospitalaria (0 = sobrevivió, 1 = falleció) y como variables independientes se

incluyeron el espesor del recto femoral (Med_mm, en mm), la edad (años) y la SCTQ (%). En este modelo, el coeficiente β para Med_mm fue de -0.533 , con un error estándar de 0.153 , un estadístico z de -3.48 y un valor de p = 0.001 . El OR ajustado correspondiente (e^{β}) fue de 0.59 , con un IC 95 % de 0.43 a 0.79 . Esto significa que, manteniendo constantes la edad y la SCTQ, cada incremento de 1 mm en el espesor del recto femoral se asoció con una reducción aproximada del 41 % en las odds de morir ($1 - 0.59$).

En contraste, la edad mostró un coeficiente β de -0.012 , error estándar de 0.043 , z de -0.27 y p = 0.785 , con un OR ajustado cercano a 0.99 (IC 95 % 0.91 – 1.07), lo que indica que, una vez ajustado por Med_mm y SCTQ, la edad no se comportó como un predictor independiente significativo de mortalidad. De forma similar, la SCTQ presentó un coeficiente β de 0.047 , error estándar de 0.074 , z de 0.63 y p = 0.529 , con un OR ajustado de aproximadamente 1.05 (IC 95 % 0.91 – 1.21), sin alcanzar significancia estadística en el modelo. La constante del modelo tuvo un β de 5.217 (error estándar 3.859 , z = 1.35 , p = 0.176), con un OR teórico de 184.39 y un IC 95 % muy amplio (0.10 – 355198.6), reflejo del tamaño muestral y la estructura del modelo (Tabla 5).

Variable	β (coeficiente)	Error estándar	z	p	OR ajustado (e^{β})	IC 95 % OR
Constante	5.217	3.859	1.35	0.176	184.39	0.10 – 355198.6
Med_mm (mm)	-0.533	0.153	-3.48	0.001	0.59	0.43 – 0.79
Edad (años)	-0.012	0.043	-0.27	0.785	0.99	0.91 – 1.07
SCTQ (%)	0.047	0.074	0.63	0.529	1.05	0.91 – 1.21

Tabla 5. Modelo de regresión logística para mortalidad intrahospitalaria (Med_mm, edad y SCTQ) con OR ajustadas.

En cuanto al desempeño global, el modelo presentó un Log-Likelihood del modelo completo de -13.818 , comparado con un Log-Likelihood del modelo nulo de -30.756 . El pseudo R² de Nagelkerke fue de 0.5507 , lo que indica que aproximadamente 55 % de la variabilidad en la mortalidad se explica por las variables incluidas en el modelo. La prueba de razón de verosimilitudes (likelihood ratio test) fue altamente significativa, con un LLR p-value de 2.10×10^{-7} , lo que

confirma que el modelo completo ofrece un ajuste significativamente mejor que el modelo sin predictores. En resumen, en este análisis multivariado, el espesor del recto femoral (Med_mm) se mantuvo como un predictor independiente y robusto de mortalidad intrahospitalaria, mientras que la edad y la SCTQ no mostraron efectos independientes significativos. Estos resultados se sintetizan y visualizan mediante un forest plot que incluye tanto el OR crudo de baja masa muscular como el OR ajustado de Med_mm.

Posteriormente, se evaluó la capacidad discriminativa de Med_mm y del modelo logístico a través de curvas ROC (Receiver Operating Characteristic). Para Med_mm como predictor único, se construyó una curva ROC utilizando un puntaje inverso ($-Med_mm$), dado que valores menores de espesor se asocian con mayor riesgo de muerte. La área bajo la curva (AUC) para Med_mm fue de 0.9343, valor que puede redondearse a 0.93, con un intervalo de confianza aproximado de 0.85 a 1.00, lo que representa una capacidad discriminativa excelente para distinguir entre pacientes que sobreviven y fallecen. Se exploraron múltiples puntos de corte para Med_mm, calculando para cada uno el índice de Youden ($J = \text{sensibilidad} + \text{especificidad} - 1$). El máximo J se observó en valores cercanos a 10–11 mm, lo que es congruente con el punto de corte clínico predefinido de 10 mm.

Tomando como punto de corte $Med_mm < 10$ mm para definir pacientes de alto riesgo de mortalidad, se obtuvieron los siguientes resultados: 13 verdaderos positivos (TP) (pacientes que fallecieron y fueron correctamente clasificados como de alto riesgo), 4 falsos negativos (FN) (pacientes que fallecieron pero fueron clasificados como bajo riesgo), 29 verdaderos negativos (TN) (pacientes que sobrevivieron y fueron clasificados como bajo riesgo) y 1 falso positivo (FP) (paciente que sobrevivió pero fue clasificado como de alto riesgo). Con estos valores se calcularon los parámetros de desempeño:

- Sensibilidad: $13/17 = 76.5\%$.
- Especificidad: $29/30 = 96.7\%$.
- Valor predictivo positivo (VPP): $13/14 = 92.9\%$.
- Valor predictivo negativo (VPN): $29/33 = 87.9\%$.
- Índice de Youden (J) ≈ 0.73 .

Estos resultados indican que un espesor del recto femoral < 10 mm identifica con muy alta especificidad a los pacientes con alto riesgo de mortalidad, manteniendo una sensibilidad adecuada y valores predictivos positivos y negativos elevados. La curva ROC de Med_mm y el punto de corte de 10 mm se ilustran en la Figura 10.

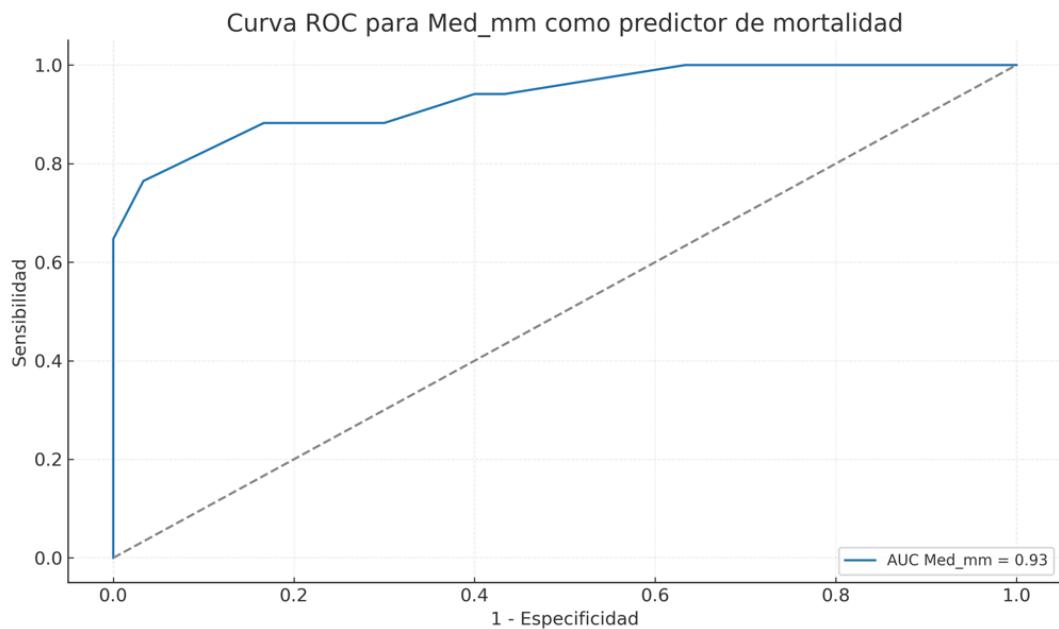


Figura 10. Curva ROC del espesor muscular (Med_mm) como predictor único de mortalidad. Curva ROC que ilustra la capacidad discriminativa de Med_mm para predecir mortalidad intrahospitalaria, con el área bajo la curva (AUC) reportada en la leyenda.

Para el modelo logístico multivariado que incluyó Med_mm, edad y SCTQ, se calcularon las probabilidades predichas de mortalidad para cada paciente y se construyó una segunda curva ROC. El AUC del modelo fue de 0.9353, es decir, aproximadamente 0.94, con un intervalo de confianza aproximado también en el rango de 0.85 a 1.00. Este valor es solo ligeramente superior al AUC de Med_mm como predictor único (0.9343), lo que sugiere que la mayor parte de la capacidad discriminativa del modelo proviene del espesor muscular, y que la adición de la edad y la SCTQ aporta una ganancia muy limitada en términos de discriminación del riesgo en esta muestra. La curva ROC del modelo logístico se presenta en la Figura 11.

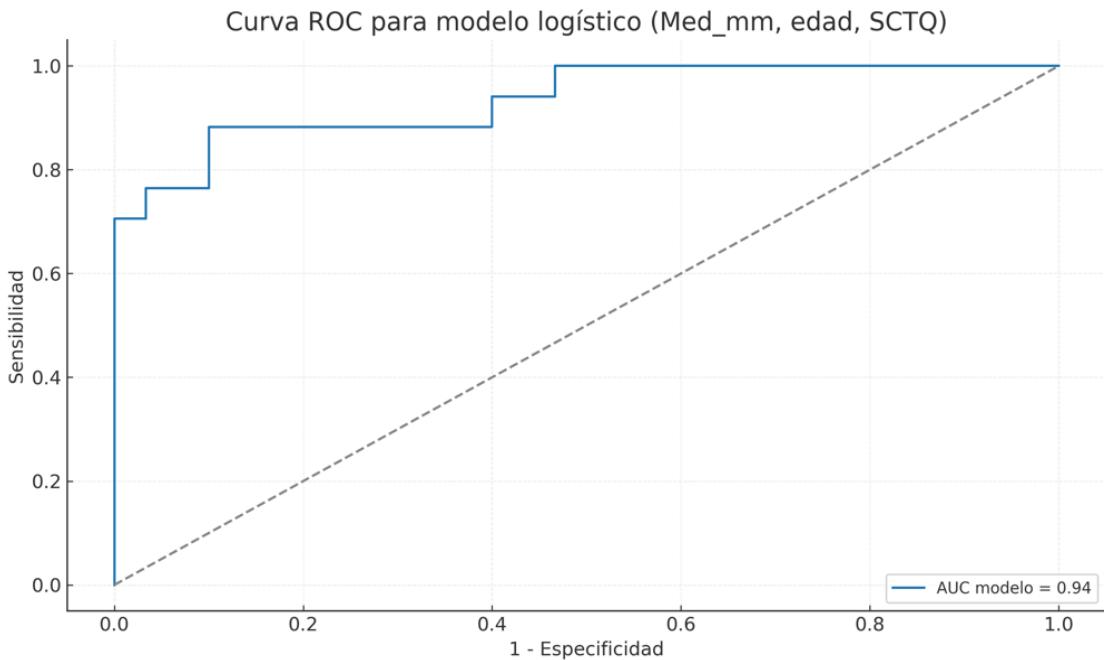


Figura 11. Curva ROC del modelo logístico (*Med_mm*, *edad* y *SCTQ*) para la predicción de mortalidad. Curva ROC del modelo multivariado que integra el espesor del recto femoral, la edad y la *SCTQ*, mostrando el AUC del modelo y su desempeño global para discriminar entre sobrevivientes y fallecidos.

En síntesis, los resultados de este estudio muestran que, en una cohorte de 47 pacientes gran quemados, la baja masa muscular medida por ultrasonido del músculo recto femoral ($\text{Med_mm} < 10 \text{ mm}$) se asoció de forma consistente con la mortalidad intrahospitalaria, tanto en el análisis bivariado (con una OR cruda de 94.25, IC 95 % 9.6–927.8, $p \approx 2.11 \times 10^{-7}$) como en el análisis multivariado (Med_mm con OR ajustado de 0.59 por cada milímetro; IC 95 % 0.43–0.79; $p = 0.001$). El sexo y la *SCTQ* no mostraron asociación independiente significativa con la mortalidad, y la edad, aunque fue mayor en los fallecidos en el análisis bivariado, perdió significancia en el modelo ajustado. Desde el punto de vista de la capacidad de predicción, el espesor muscular mostró un AUC cercano a 0.93–0.94, con un punto de corte clínico y estadísticamente consistente en 10 mm, que ofrece una combinación favorable de sensibilidad, especificidad y valores predictivos. Estos hallazgos apoyan el uso del *Med_mm* del recto femoral como biomarcador pronóstico de mortalidad en pacientes gran quemados atendidos en la sala de reanimación.

Capítulo VII

Discusión

El presente estudio demuestra que el espesor del músculo recto femoral medido por ultrasonido al ingreso a la sala de reanimación es un predictor pronóstico robusto e independiente de mortalidad intrahospitalaria en pacientes adultos con quemaduras mayores al 20 % de la superficie corporal total. Estos hallazgos se insertan en el marco de la fisiopatología compleja de la lesión por quemadura, caracterizada por una intensa respuesta inflamatoria sistémica, hipermetabolismo sostenido y catabolismo proteico acelerado, que condicionan un alto riesgo de complicaciones y muerte, tal como han descrito Jeschke et al. y otros autores en revisiones recientes sobre la lesión por quemadura y su abordaje integral(6,11,18-21).

Desde el punto de vista fisiopatológico, las quemaduras extensas desencadenan una respuesta hipermetabólica prolongada, con aumento del gasto energético en reposo, resistencia a la insulina, incremento del recambio proteico y marcada pérdida de masa muscular (5,6,11,20). Esta respuesta se asocia con mayor estancia en UCI, susceptibilidad a infecciones, dificultad para el destete de ventilación mecánica y aumento de la mortalidad (5,11,18-21). Jeschke y colaboradores han mostrado que la magnitud de la superficie corporal quemada es un determinante clave de la intensidad de la respuesta inflamatoria e hipermetabólica (5), y que su modulación mediante estrategias como el control estricto de temperatura, insulinoterapia intensiva y nutrición dirigida puede impactar favorablemente en la evolución clínica de estos pacientes (6,7,16,17). En nuestro trabajo, sin embargo, y a diferencia de lo esperado, la SCTQ no se asoció de forma independiente con la mortalidad en el modelo multivariado, lo que sugiere que, dentro de este rango de quemadura extensa ($\approx 35\%$ en promedio), la reserva funcional del paciente reflejada en la masa muscular puede ser tan o más relevante que la extensión anatómica de la lesión, aunque es importante mencionar que la homogeneidad de la muestra así como el tamaño de la misma influencian esta afirmación.

La importancia pronóstica de la masa muscular y de la sarcopenia se ha consolidado en múltiples contextos de paciente crítico y adulto mayor. Moisey et al. demostraron que una menor masa muscular esquelética evaluada por tomografía computarizada (TC) se asocia con menos días libres de ventilador, menos días libres de UCI y mayor mortalidad en pacientes ancianos críticos (1). Puthucheary et al. documentaron una pérdida aguda y sustancial de masa muscular durante los primeros días de enfermedad crítica, con impacto posterior en la función física y la recuperación (2). De forma consistente, Weijns et al. y Looijaard et al. han señalado que una baja área muscular esquelética o una baja densidad muscular en TC se relacionan con un aumento de la mortalidad en pacientes críticamente enfermos, particularmente aquellos sometidos a ventilación mecánica (4,9). Zhang et al., en una

revisión sistemática y metanálisis en adultos mayores institucionalizados, confirmaron que la sarcopenia se asocia con un incremento significativo de la mortalidad (8). En conjunto, esta evidencia respalda la noción de que el estado muscular previo y la reserva proteica no son solo marcadores de fragilidad, sino determinantes pronósticos independientes en múltiples escenarios clínicos.

En el contexto específico de las quemaduras, el catabolismo muscular es particularmente intenso y sostenido. Knuth et al. han descrito detalladamente cómo el hipermetabolismo inducido por la quemadura, junto con la inflamación sistémica y la resistencia a la insulina, contribuyen a la disfunción muscular y a la pérdida acelerada de masa magra (11). Jeschke, Herndon y colaboradores han demostrado que intervenciones como la insulinoterapia intensiva, la optimización nutricional y el manejo de la temperatura pueden atenuar, aunque no eliminar completamente, este proceso catabólico (6,7,20.). Cancio et al., en un estudio reciente basado en una plataforma de calidad en atención de quemaduras, han enfatizado el impacto de la pérdida muscular sobre los desenlaces en pacientes quemados, sugiriendo que la masa muscular puede ser un componente clave para entender la variabilidad en la respuesta al trauma térmico y en la supervivencia (22). Por otra parte, Clegg et al. han demostrado que la fragilidad es un predictor independiente de mortalidad en pacientes con quemaduras hospitalizados, lo que integra el concepto de que no solo la lesión aguda, sino también la condición basal del paciente, determinan el pronóstico (3). Nuestros resultados se alinean con esta visión: la masa muscular, medida de forma sencilla mediante ultrasonido, parece sintetizar tanto la severidad del catabolismo agudo como el estado funcional y nutricional previo.

La mayoría de los trabajos mencionados han evaluado la masa muscular a través de TC o herramientas de imagen de alta resolución, que si bien son muy precisas, tienen limitaciones importantes en el entorno de urgencias y UCI: radiación, necesidad de traslado, costo y disponibilidad (1,2,4,9). En contraste, la ecografía de cuadríceps/recto femoral se ha propuesto como una alternativa bedside práctica, reproducible y sin radiación. Tillquist y Kutsogiannis demostraron que la medición ecográfica del espesor del cuádriceps y del recto femoral es fiable entre observadores y sensible a cambios en el tiempo, lo que la convierte en una herramienta útil para la evaluación seriada de la masa muscular en el paciente crítico (10). Otros estudios han documentado la buena correlación entre el espesor muscular ecográfico y la masa muscular medida por métodos de referencia, así como su asociación con resultados clínicos como la duración de la ventilación mecánica, la estancia hospitalaria y la mortalidad (1,2,4,9,10). En ese contexto, nuestro estudio aporta evidencia adicional específica para pacientes gran quemados en la fase inicial, mostrando que una simple medición del espesor del recto femoral al ingreso puede aportar información pronóstica relevante.

Metodológicamente, nuestro trabajo se diseñó como un estudio observacional analítico, en el que se midió el espesor del recto femoral por ultrasonido en las

primeras horas posteriores al ingreso a la sala de reanimación, siguiendo un protocolo anatómico estandarizado (punto medio entre espina ilíaca anterosuperior y rótula, transductor lineal de alta frecuencia, mínima compresión, medición entre fascias superficial y profunda). Esta medición objetiva se integró en un análisis estadístico que incluyó descripción detallada de la cohorte, comparación bivariada entre sobrevivientes y fallecidos, cálculo de OR crudos, ajuste mediante regresión logística multivariada y evaluación de la capacidad discriminativa mediante curvas ROC. Este enfoque permitió no solo describir diferencias entre grupos, sino valorar el efecto independiente del espesor muscular tras controlar por edad y SCTQ, y cuantificar su utilidad como herramienta de estratificación de riesgo.

Los resultados obtenidos son congruentes con la hipótesis de que la masa muscular es un determinante importante de la evolución en el paciente gran quemado. En el análisis bivariado, los pacientes que fallecieron eran de mayor edad y presentaban un espesor del recto femoral marcadamente menor que los sobrevivientes (≈ 8.6 mm vs 16.8 mm), con diferencias altamente significativas tanto por t de Student como por Mann–Whitney. La SCTQ fue ligeramente mayor en los fallecidos, pero no alcanzó significancia estadística en las comparaciones bivariadas. Desde el punto de vista categórico, la clasificación de baja masa muscular como Med_mm < 10 mm fue especialmente ilustrativa: casi 93 % de los pacientes con baja masa muscular fallecieron, mientras que cerca del 88 % de quienes tenían masa muscular normal sobrevivieron. La OR cruda de ≈ 94 (IC 95 % 9.6–927.8) refleja una asociación extremadamente fuerte entre baja masa muscular y mortalidad, muy superior a la reportada para muchos otros factores de riesgo clásicos en el paciente crítico, aunque es importante interpretar esta magnitud a la luz del tamaño muestral y de la distribución de los eventos.

En la regresión logística multivariada, que incluyó Med_mm, edad y SCTQ como predictores, el espesor del recto femoral se mantuvo como un predictor independiente y robusto, con un OR ajustado de aproximadamente 0.59 por cada milímetro de incremento (IC 95 % 0.43–0.79; $p = 0.001$). Este hallazgo implica que aumentos relativamente pequeños en el espesor muscular se asocian con reducciones clínicamente relevantes en la probabilidad de muerte. Por el contrario, ni la edad ni la SCTQ mostraron asociación independiente significativa tras el ajuste, pese a que la edad sí se diferenciaba entre grupos en el análisis bivariado. Esto es congruente con la idea de que la masa muscular puede estar capturando de manera más integrada aspectos de fragilidad, estado nutricional, comorbilidades y reserva funcional, que no quedan completamente reflejados ni por la cronología (edad) ni por la extensión de la quemadura por sí sola (3,8,9,22). Así, el espesor del recto femoral funcionaría como un marcador sintético de vulnerabilidad biológica y capacidad de respuesta al estrés extremo de la quemadura.

La evaluación mediante curvas ROC refuerza esta interpretación. El área bajo la curva (AUC) para Med_mm como predictor único de mortalidad fue de

aproximadamente 0.93, lo que se considera una capacidad discriminativa excelente. El modelo logístico que incluía Med_mm, edad y SCTQ alcanzó un AUC muy similar (≈ 0.94), con una ganancia marginal respecto a Med_mm solo, lo que sugiere que la información pronóstica principal reside en la masa muscular. El punto de corte de 10 mm para definir baja masa muscular mostró un equilibrio muy favorable entre sensibilidad y especificidad, con sensibilidad $\approx 76.5\%$, especificidad $\approx 96.7\%$, valor predictivo positivo $\approx 92.9\%$ y valor predictivo negativo $\approx 87.9\%$. De esta forma, el punto de corte clínico preestablecido se ve respaldado por el análisis estadístico, y se convierte en un umbral práctico que podría utilizarse para identificar pacientes gran quemados de muy alto riesgo en la fase inicial de atención.

Estos hallazgos tienen implicaciones clínicas importantes. En primer lugar, respaldan la incorporación sistemática de la ecografía del recto femoral en la valoración inicial de pacientes gran quemados en sala de reanimación, como parte de la evaluación integral de gravedad. A diferencia de las escalas puramente fisiológicas o anatómicas, la medición de la masa muscular aporta información sobre la reserva metabólica y funcional del paciente, lo que puede ayudar a priorizar recursos, decidir ingreso temprano a UCI, intensificar de forma precoz el soporte nutricional y metabólico, e incluso orientar estrategias de movilización y rehabilitación temprana (6,7,16,17,20,22). En segundo lugar, el hecho de que la masa muscular se haya mostrado más determinante que la SCTQ en el modelo ajustado refuerza el enfoque centrado en la modulación del hipermetabolismo y la preservación de la masa magra como objetivos terapéuticos fundamentales en la atención del paciente quemado (6,7,11,16,17,20).

No obstante, el estudio presenta limitaciones relevantes que deben ser consideradas. El tamaño muestral es relativamente pequeño ($n = 47$) y el diseño es unicéntrico, lo que restringe la generalización de los resultados y favorece intervalos de confianza amplios, especialmente para la OR cruda de baja masa muscular. Aunque la medición ecográfica se realizó siguiendo un protocolo estructurado, la posibilidad de variabilidad interobservador no se evaluó formalmente, y la medición se efectuó en un solo momento (al ingreso), sin seguimiento longitudinal de la pérdida de masa muscular, que podría aportar información adicional sobre el pronóstico. Además, no se incluyeron en el modelo otras variables de gravedad y comorbilidad, como escalas APACHE II, SOFA o presencia de patologías crónicas específicas, que han demostrado relevancia en el paciente crítico y en el paciente quemado(1,4,5,18,19,20,21). Es posible que la inclusión de estas variables, así como de marcadores inflamatorios y metabólicos, permitiese un ajuste más fino del modelo y una mejor comprensión de los mecanismos que vinculan masa muscular y mortalidad.

A pesar de estas limitaciones, el presente estudio aporta evidencia novedosa y clínicamente útil al demostrar que la medición ecográfica del espesor del recto femoral es una herramienta accesible, reproducible y con alto valor pronóstico en

pacientes gran quemados. Integrada con el conocimiento previo sobre fisiopatología de la quemadura, hipermetabolismo, sarcopenia y fragilidad(1-9,11,18-22) la evaluación de la masa muscular por ultrasonido se perfila como un componente clave en la estratificación temprana del riesgo y en el diseño de intervenciones dirigidas a preservar la masa magra, optimizar la nutrición y modular la respuesta hipermetabólica. Futuros estudios multicéntricos, con mayor número de pacientes, seguimiento longitudinal de la masa muscular y comparación con otros métodos de imagen y escalas de gravedad, serán necesarios para validar el punto de corte de 10 mm, refinar los modelos pronósticos y definir algoritmos de manejo que integren de manera sistemática la evaluación ecográfica de la masa muscular en la atención del paciente gran quemado.

Capítulo VIII

Conclusiones

La medición ecográfica del espesor del músculo recto femoral al ingreso (Med_mm) se asoció de manera significativa con la mortalidad intrahospitalaria en pacientes adultos con quemaduras $\geq 20\%$ SCT. Los pacientes que fallecieron presentaron valores de Med_mm sustancialmente menores y, en el análisis multivariado, Med_mm se mantuvo como predictor independiente tras ajustar por edad y SCTQ.

Con el umbral de 10 mm, la diferencia entre grupos fue clínicamente muy marcada: la mortalidad fue de 92.9% en pacientes con Med_mm < 10 mm frente a 12.1% en aquellos con Med_mm ≥ 10 mm. Esto se traduce en un incremento absoluto del riesgo de muerte de aproximadamente 81 puntos porcentuales y en un riesgo relativo ~ 7.7 veces mayor en el grupo con Med_mm < 10 mm. En términos de asociación, la OR cruda fue ~ 94 (comparado con Med_mm ≥ 10 mm), lo que refleja una separación extrema entre categorías en esta cohorte.

Un Med_mm < 10 mm al ingreso identifica a un subgrupo de muy alto riesgo, con un desempeño diagnóstico robusto: especificidad 96.7% (muy pocos falsos positivos) y VPP 92.9%, es decir, ≈ 9 de cada 10 pacientes con Med_mm < 10 mm fallecieron en esta muestra. A la inversa, un Med_mm ≥ 10 mm se asoció con alta probabilidad de supervivencia (VPN 87.9%). En la práctica, esto significa que una medición rápida y no invasiva en reanimación puede emplearse para estratificar riesgo desde el inicio y orientar decisiones operativas como priorización de recursos, criterios más tempranos de UCI y intensificación del soporte nutricional/metabólico y de la monitorización, especialmente cuando Med_mm es < 10 mm.

Adicionalmente, el efecto de Med_mm como variable continua fue consistente: en el modelo ajustado, cada incremento de 1 mm en Med_mm se asoció con 41% menos odds de mortalidad (OR ajustada 0.59 por mm), lo que refuerza que el espesor muscular no solo discrimina por categorías, sino que también aporta gradiente de riesgo. Como toda medida de desempeño, los valores predictivos dependen de la prevalencia de mortalidad del sitio así como del tamaño de la muestra; por ello, el umbral de 10 mm debe validarse de forma multicéntrica antes de generalizarse.

Capítulo IX

Bibliografía

- 1.Moisey LL, Mourtzakis M, Cotton BA, Premji T, Heyland DK, Wade CE, et al. Skeletal muscle predicts ventilator-free days, ICU-free days, and mortality in elderly ICU patients. *Crit Care.* 2013;17(5):R206.
- 2.Puthucheary ZA, Rawal J, McPhail M, Connolly B, Ratnayake G, Chan P, et al. Acute skeletal muscle wasting in critical illness. *JAMA.* 2013;310(15):1591–600.
- 3.Ward J, Phillips G, Radotra I, Smailes S, Dziewulski P, Zhang J, et al. Frailty: an independent predictor of burns mortality following in-patient admission. *Burns.* 2018;44(8):1895–1902. doi:10.1016/j.burns.2018.09.022.
- 4.Weijns PJM, Looijaard WG, Dekker IM, Stapel SN, Girbes AR, Oudemans-van Straaten HM, et al. Low skeletal muscle area is a risk factor for mortality in mechanically ventilated critically ill patients. *Crit Care.* 2014;18(2):R12.
- 5.Jeschke MG, Mlcak RP, Finnerty CC, Norbury WB, Gauglitz GG, Kulp GA, et al. Burn size determines the inflammatory and hypermetabolic response. *Shock.* 2006;25(6)
- 6.Williams FN, Jeschke MG, Chinkes DL, Suman OE, Branski LK, Herndon DN. Modulation of the hypermetabolic response to trauma: temperature, nutrition, and drugs. *J Am Coll Surg.* 2009;208(4):489–502.
doi:10.1016/j.jamcollsurg.2009.01.022.
- 7.Jeschke MG, Kulp GA, Kraft R, Finnerty CC, Mlcak RP, Lee JO, et al. Intensive insulin therapy in severely burned pediatric patients: a prospective randomized trial. *Am J Respir Crit Care Med.* 2010;182(3):351–9.
- 8.Zhang X, Wang C, Dou Q, Zhang W, Yang Y, Xie X, et al. Sarcopenia as a predictor of mortality among older nursing home residents: A systematic review and meta-analysis. *BMJ Open.* 2018;8(11):e021252.
- 9.Looijaard WGPM, Dekker IM, Stapel SN, Girbes ARJ, Twisk JWR, Oudemans-van Straaten HM, et al. Skeletal muscle quality as assessed by CT-derived skeletal muscle density is associated with 6-month mortality in mechanically ventilated critically ill patients. *Crit Care.* 2016;20(1):386.
- 10.Tillquist M, Kutsogiannis DJ. Bedside ultrasound is a practical and reliable measurement tool for assessing quadriceps muscle layer thickness. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2014;38(7):886–90.

- 11.Knuth CM, Auger C, Jeschke MG. Burn-induced hypermetabolism and skeletal muscle dysfunction. *Am J Physiol Cell Physiol.* 2021;321(1):C58–C71.
- 12.Lima J, Foletto E, Cardoso RCB, Garbelotto C, Frenzel AP, Carneiro JU, et al. Ultrasound for measurement of skeletal muscle mass quantity and muscle composition/architecture in critically ill patients: a scoping review on studies' aims, methods, and findings. *Clin Nutr.* 2024;43(1):95–110.
doi:10.1016/j.clnu.2023.11.003.
- 13.Mueller N, Murthy S, Tainter CR, Lee J, Riddell K, Fintelmann FJ, et al. Can sarcopenia quantified by ultrasound of the rectus femoris muscle predict adverse outcome of surgical intensive care unit patients as well as frailty? A prospective, observational cohort study. *Ann Surg.* 2016;264(6):1116–24.
doi:10.1097/SLA.0000000000001546.
- 14.Nies I, Ackermans LLGC, Poeze M, Blokhuis TJ, ten Bosch JA. The diagnostic value of ultrasound of the rectus femoris for the diagnosis of sarcopenia in adults: a systematic review. *Injury.* 2022;53(Suppl 3):S23–S29.
doi:10.1016/j.injury.2022.06.004
- 15.Sri-On J, Rueanthip S, Vanichkulbodee A, Paksopis T, Chetanasilpin C. The validity of ultrasonographic measurements of the rectus femoris muscle in older adults with sarcopenia in Thai population. *Clin Interv Aging.* 2022;17:1249–59.
doi:10.2147/CIA.S375419.
- 16.Casaer MP, Mesotten D, Hermans G, Wouters PJ, Schetz M, Meyfroidt G, et al. Early versus late parenteral nutrition in critically ill adults. *N Engl J Med.* 2011;365(6):506–17.
- 17.Jeschke MG, Kulp GA, Kraft R, Finnerty CC, Mlcak RP, Lee JO, et al. Intensive insulin therapy in severely burned pediatric patients: a prospective randomized trial. *Am J Respir Crit Care Med.* 2010;182(3):351–9.
- 18.Snell JA, Loh NHW, Mahambrey T, Shokrollahi K. Clinical review: the critical care management of the burn patient. *Crit Care.* 2013;17(5):241.
doi:10.1186/cc12706.
- 19.Jeschke MG, van Baar ME, Choudhry MA, Chung KK, Gibran NS, Logsetty S. Burn injury. *Nat Rev Dis Primers.* 2020;6(1):11.
- 20.Porter C, Tompkins RG, Finnerty CC, Sidossis LS, Suman OE, Herndon DN. The metabolic stress response to burn trauma: current understanding and therapies. *Lancet.* 2016;388(10052):1417-26.
- 21.Kaddoura I, Abu-Sittah G, Ibrahim A, Karamanoukian R, Papazian N. Burn injury: review of pathophysiology and therapeutic modalities in major burns. *Ann Burns Fire Disasters.* 2017;30(2):95–102.

22.Blears E, Murton A, Caffery J. The Influence of Muscle Wasting on Patient Outcomes among Burn Patients: A Burn Care Quality Platform Study. *J Burn Care Res.* 2025;46(1):75–81. doi:10.1093/jbcr/irae190.

Capítulo X

Resumen Autobiográfico

DR LUIS AARON CAMPOS TORRES

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE
ESPECIALISTA EN MEDICINA DE URGENCIAS**

TESIS:

“Asociación entre el porcentaje de masa muscular al ingreso y la mortalidad intrahospitalaria en pacientes con quemaduras mayores al 20% de superficie corporal total admitidos en la sala de reanimación de un hospital de tercer nivel del noreste de México”

Campo de estudio: Ciencias de la salud.

Biografía:

Datos personales: Nacido en San Luis Potosí, San Luis Potosí;

Hijo de Juan Pablo Campos Lozano y María Lucila Torres Torreblanca.

Educación: Egresado de la Universidad Autónoma de Nuevo León obteniendo el grado de Médico Cirujano y Partero.

Medico Residente de 4to año del programa de especialidad médica en Medicina de Urgencias,

Jefe de Residentes 2025-2026 de dicho programa.