



BUAP

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

**Dirección de Estudios de Posgrado del Área de la
Salud**

**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Facultad de Medicina**

**“Correlación del ratio urea/creatinina con la medición por
ultrasonido del músculo vasto interno para determinar
desgaste muscular en pacientes críticamente enfermos de la
unidad de cuidados intensivos del Hospital Regional ISSSTE
Puebla”**

**Para obtener el diploma en la especialidad de “Medicina del enfermo en
estado crítico”**

**Presenta:
Dra. Jessica Cervantes García.**

Asesor Experto: Dr. Sergio Reyes Inurrigarro.

Asesor Metodológico: Dr. José Luis Gálvez Romero

Número de registro: 1177.2024



Puebla de Zaragoza a 24 de noviembre de 2025.

Agradecimientos

A mis padres, por ser mi primer y más importante pilar. Por el amor incondicional, la paciencia infinita y por creer en mi potencial incluso en los momentos de duda. Cada logro en esta tesis es un reflejo de los valores y el esfuerzo que sembraron en mí. Gracias por estar presentes en cada etapa del proceso.

A mi hija, mi mayor inspiración. Doce años de espera son un testimonio de tu amor y comprensión. Esta tesis es tuya también; la culminación de un esfuerzo que valió la pena por ti. Gracias por ser la razón más dulce para volver a casa.

A mi esposo, por tu fe inquebrantable y tu apoyo constante. Por ser mi refugio y mi compañero de vida. Gracias por creer en este sueño tanto como yo, y por las incontables veces que ajustaste tu vida a las exigencias de mi residencia.

Y, de manera muy especial, a mi bebé. Estuviste conmigo en mi pancita en cada pase de visita, en las largas horas de guardia y en los momentos de mayor estrés. Fuiste mi compañero silencioso y la fuerza que me impulsó a seguir. Me enseñaste que la vida florece incluso en la adversidad. Gracias, mi amor, por ser fuerte por mí, y por esperarme pacientemente en casa a que mami llegara. Este logro es también un testimonio de la grandeza de la vida.

A mi profesor titular mi más profundo respeto y admiración. Usted no solo me enseñó la técnica, sino también el arte de la medicina crítica. Gracias por compartir su vasto conocimiento, por la invaluable mentoría, y por su dedicación a formar profesionales que saben que, en el estado crítico, cada detalle cuenta. Su enseñanza ha moldeado la manera en que abordo la vida de mis pacientes.

Autorización:

Dr. Carlos Efrén Ruiz Cansino Director Médico	Mtro. Mario Alberto Sorcia Aguilar Coordinación de enseñanza e investigación
M.D., Ph.D. José Luis Gálvez Romero Jefatura de Investigación	Dr. Sergio Reyes Inurrigarro Asesor Experto
	Dra. Jessica Cervantes Garcia Tesisista

ÍNDICE

Contenido

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
ANTECEDENTES	3
Planteamiento del Problema	6
Objetivos	7
Objetivo general:	7
Objetivos específicos:	7
Material y Métodos.....	8
Población de estudio.	8
Definición del grupo control.....	8
Definición del grupo a intervenir.	8
Criterios de inclusión.	8
Criterios de exclusión.	8
Tipo de muestreo.	8
Metodología para el cálculo del tamaño de la muestra y tamaño de la muestra	9
Descripción operacional de las variables.	10
Técnicas y procedimientos empleados.....	13
Procesamiento y análisis estadístico.	14
Aspectos éticos	15
RESULTADOS	16
DISCUSIÓN	21
CONCLUSIONES	23
Conclusiones específicas	23
Conclusión general	23
Recomendaciones	24
Propuesta de mejora	25
Bibliografía	26
Anexos.....	28

RESUMEN

Antecedentes:

El desgaste muscular en el enfermo crítico es un fenómeno que se asocia a desenlaces negativos; este ocurre como un mecanismo alterno en la búsqueda por satisfacer los requerimientos energéticos basales, desencadenado por incremento en las necesidades metabólicas o un ineficiente aporte calórico, generando con ello consumo del propio tejido muscular que conlleva a pérdida de fuerza muscular y disminución del diámetro de los principales músculos del cuerpo.

Objetivo:

Determinar la correlación del ratio urea/creatinina y la medición por ultrasonido del músculo vasto interno con el desgaste muscular en pacientes críticamente enfermos de la unidad de cuidados intensivos del Hospital Regional ISSSTE Puebla.

Material y métodos:

Estudio de correlación, observacional, longitudinal y prospectivo.

Resultados

Se incluyeron 20 pacientes, de los cuales el 55% eran mujeres y el 45% hombres, con una edad media de 49.65 ± 18.57 años y un Índice de Masa Corporal (IMC) promedio de 28.04 ± 6.19 kg/m². La puntuación APACHE II promedio fue de 11.90 ± 6.67 , y el 80% de los pacientes requería ventilación mecánica. La media del ratio Urea/Cr mostró un incremento estadísticamente significativo durante los siete días de seguimiento, comenzando en 41.66 y alcanzando 97.51. Por otro lado, se encontró que, aunque había correlaciones positivas significativas entre el ratio Urea/Cr y el grosor del vasto en el Día 1 ($r = 0.460$, $p = 0.047$), esta relación no se mantuvo en posteriores mediciones. La evaluación por ultrasonido reveló una disminución en el grosor del músculo vasto izquierdo desde 13.54 cm en el Día 1 hasta 12.85 cm en el Día 7, aunque se observó una tendencia no significativa en el vasto derecho.

Conclusión

Los hallazgos de este estudio sugieren que el ratio Urea/Creatinina no es un marcador confiable para el seguimiento del desgaste muscular en pacientes críticos, ya que su correlación con medidas ultrasonográficas de masa muscular se disocia con el tiempo. A pesar del aumento significativo del ratio Urea/Cr y la clara disminución del grosor muscular en el vasto izquierdo, estas mediciones reflejan fenómenos distintos. La evaluación ultrasonográfica se presenta como una herramienta más adecuada para monitorizar el desgaste muscular en la UCI, en contraste con un ratio influenciado por factores como la función renal y el manejo de líquidos. Estos resultados subrayan la necesidad de adoptar un enfoque multidisciplinario que integre el monitoreo nutricional con métodos de evaluación más precisos del estado muscular en los pacientes críticamente enfermos.

INTRODUCCIÓN

La desnutrición es un problema importante de salud pública y es un factor elemental en el incremento de la morbilidad y mortalidad en los pacientes hospitalizados y muy específicamente en los pacientes atendidos en la unidad de cuidados intensivos (UCI). Además, conforme aumenta la desnutrición en el paciente, se eleva la frecuencia de la morbilidad y mortalidad, siendo una variable significativa para la predicción o pronóstico vital y funcional. La desnutrición del paciente en estado crítico se presenta por dos condiciones trascendentales: en primer lugar, es por incapacidad del paciente para satisfacer sus necesidades y en segundo lugar es por el metabolismo responsable frente a la enfermedad específicamente.

Normalmente existe una respuesta en los pacientes con enfermedad crítica, cuyas características son, el aumento del gasto calórico luego de la movilización de los carbohidratos, catabolismo de las proteínas y depósitos de lípidos, cuya respuesta es pérdida de masa corporal magra.

Luego del ingreso del paciente a la unidad de cuidados intensivos, la pérdida muscular ocurre, en promedio en los primeros 10 días, lo que hace que el paciente empeore.

En la actualidad no existe un estándar de oro para medir el catabolismo, sin embargo, existen pruebas bioquímicas como 3-metilhistidina o índice creatinina/cistatina C, que pueden estar alterados por otros procesos patológicos sin embargo no se encuentran disponibles en las unidades como pruebas de rutina lo que imposibilita su aplicación médica. Otra opción es la medición de pérdidas con el balance nitrogenado sin embargo la recolección de este resulta un reto en las unidades, el cual puede verse modificado por diferentes condiciones clínicas. El ratio urea/ creatinina es un nuevo biomarcador del catabolismo muscular, por lo cual, resulta de gran interés estudiar la correlación del ratio con la medición por ultrasonido del músculo vasto interno como determinante del desgaste muscular. Es un método novedoso por ser no invasivo y rápido, y solo requiere un equipo de ultrasonido bidimensional para la medición, su uso se ha hecho indispensable en las unidades de cuidados críticos, es por ello que nos propusimos con objetivo de estudio:

Determinar la correlación del ratio urea/creatinina con la medición por ultrasonido del músculo vasto interno para determinar desgaste muscular en pacientes críticamente enfermos de la unidad de cuidados intensivos del Hospital Regional ISSSTE Puebla.

ANTECEDENTES

Antecedentes generales:

Las unidades de cuidados intensivos surgieron a finales de la década de 1940 con el propósito inicial de cuidar a pacientes que enfrentaban condiciones clínicas críticas hasta entonces consideradas irreversibles y que ponían en riesgo su vida. (Críticos et al., 2020). El traslado de un paciente a la unidad de cuidados intensivos implica el uso de soporte vital, lo que engloba todos aquellos procedimientos asistenciales, como instrumentales, farmacológicos y electrónicos, los cuales tienen como objetivo sustituir o apoyar en las funciones de los órganos o sistemas afectados (Oscar n,d, et al.,2022). Se incluye dentro del grupo de pacientes críticos crónicos a aquellos que requieran: Traqueostomía, VMP (>96 horas), traumatismo craneoencefálico, heridas severas, sepsis, >21 días de ventilación mecánica, 8 días de estancia en la UCI.(Críticos et al., 2020).

La condición del paciente crítico se caracteriza desde el punto de vista fisiopatológico por una inflamación sistémica persistente, acompañada de alteraciones en la respuesta endocrina y una supresión inmunológica. Inicialmente, es desencadenada por citoquinas proinflamatorias típicas, pero en etapas posteriores predominan elementos que promueven una respuesta antiinflamatoria compensatoria, llevando a una fase de inmunosupresión con apoptosis y pérdida de células del sistema inmune tanto innato como adaptativo (Ramos Villegas & Pájaro, et al.,2018). A pesar de que la evolución ha permitido una adaptación aguda al estrés, aún no hemos desarrollado completamente la capacidad para resistir una inflamación crónica que requiera soporte vital artificial (García Oropeza et al., 2020).

Desde el punto de vista endocrino, la consecuencia principal de esta situación es la reducción en la secreción pulsátil de hormonas producidas por la hipófisis anterior (García Oropeza et al., 2020). Además, se ha observado que los mediadores de la inflamación, como las citoquinas y quimiocinas, pueden atravesar la barrera hematoencefálica, lo cual puede provocar disfunción cerebral mediante daño endotelial, alteración de la permeabilidad vascular cerebral y afectación en la síntesis de neurotransmisores (García de Lorenzo et al., 2006).

La debilidad muscular secundaria a neuropatía y miopatía, cuya fisiopatología aún no se comprende completamente, se presume que se debe a lesiones axonales derivadas del daño microvascular inflamatorio y a la atrofia muscular inducida por la activación de sistemas como el ubiquitín-proteosoma y lisosoma-autofágicos(Ramos Villegas & Pájaro, et al. 2018).

Estas múltiples alteraciones llevan a que el organismo no pueda restaurar sus funciones normales, incluso después de tratar la lesión inicial, agotando gradualmente las reservas fisiológicas disponibles(Ramos Villegas & Pájaro et al, 2018).

Revisión anatómica.

El vasto medial, un componente del cuádriceps femoral, tiene su origen en diversas áreas del fémur, incluyendo la parte inferior de la línea intertrocantérea, la línea espiral, el borde medial de la línea áspera, la porción proximal de la línea supracondílea medial, el tendón del aductor largo y grande, y el septo intermuscular medial (Colombia et al., n.d.2024). Este músculo es ancho y plano, con fibras que se dirigen hacia abajo y adelante en un ángulo de aproximadamente 15 grados respecto al eje longitudinal del fémur. Muchas de estas

fibras se agrupan en una aponeurosis que se inserta en el borde medial de la rótula y en el tendón del cuádriceps. Esta aponeurosis también refuerza la cápsula de la rodilla y se inserta bajo el cóndilo medial de la tibia (Harold E, Jeremih C, et al., 2016).

Las fibras inferiores del vasto medial son más horizontales y forman una prominencia en la parte medial y superior de la rótula. Algunos autores distinguen esta sección como el vasto medial oblicuo, cuyas fibras se originan en el tendón del aductor grande y se insertan en el borde medial de la rótula (M. Latarget, A. Ruiz Liard, et al., 1995).

Esta parcialmente cubierto por el recto femoral y el sartorio. En la parte central del muslo, constituye la pared lateral del canal de los aductores (Canal de Hunter). Recibe irrigación de tres ramas de la arteria femoral superficial (superior, medial e inferior) y está inervado por ramos musculares del nervio femoral, que se aproximan por su superficie y discurren externamente a la vaina de los vasos femorales (M. Latarget, A. Ruiz Liard, et al., 1995).

Revisión de ratio urea/creatinina:

La medición de creatinina en la orina y en sangre, fue desarrollada a finales del siglo XIX, esta fue fundamental para las investigaciones que establecieron la relación entre el metabolismo de las proteínas la presencia de creatinina (Soto, et al., 2019). La creatinina se forma a partir de la conversión diaria, constante e irreversible, no enzimática de creatina o la hidrólisis de fosfocreatina en el músculo. Por ejemplo, en un hombre de 70 kg de peso promedio, hay aproximadamente 120 g de creatina, de los cuales alrededor de 2 g se convierten diariamente en creatinina soluble, excretada por los riñones y reemplazada mediante la dieta o biosíntesis de novo (Haines et al., 2019). La creatina y la fosfocreatina, a través de la reacción de la creatina quinasa, reponen el trifosfato de adenosina (ATP) en tejidos con alta demanda energética como el músculo esquelético, y tienen un papel crucial en el desarrollo y función del tejido cerebral (Van Gassel et al., 2020). Aunque el hígado es el principal sitio de producción de creatina, este proceso depende de las vías metabólicas en el riñón y, por ende, del transporte de intermediarios a través de la sangre. Sin embargo, la síntesis de creatina aún no está completamente clara (Knuth et al., 2021). El ciclo de la urea (también conocido como ciclo de la ornitina) fue descubierto en 1932 por Hans Krebs y Kurt Henseleit (Moretti et al., 2020). Su función principal es eliminar el amoníaco tóxico producido durante la desaminación de los aminoácidos. Una vez formada, la urea, que es altamente soluble y no tóxica, se excreta a través del riñón en la orina, y una pequeña cantidad se descompone por ureasas bacterianas en el intestino (García de Lorenzo et al., 2006).

Por lo tanto, el ciclo de la urea es crucial para controlar el exceso de amoníaco generado por el procesamiento de proteínas en el cuerpo (*Blood Urea Nitrogen/creatinine*, n.d.). La descomposición de proteínas y los cambios resultantes en los aminoácidos son procesos fundamentales en la fisiología humana que permiten la formación de nuevos aminoácidos y otros sustratos metabólicos importantes, como la creatina (Garnica Escamilla et al., 2021). Además, el riñón utiliza la urea como soluto principal para contribuir al gradiente osmótico en la médula renal, mientras que la ureagénesis también contribuye al equilibrio ácido-base mediante la eliminación de iones bicarbonato y amonio. Se considera que los procesos metabólicos necesarios para la ureagénesis ocurren principalmente en el hígado (Brookes & Power, 2022).

Investigaciones recientes indican que la proporción BUN/albúmina se ha identificado como un indicador de mortalidad en pacientes con neumonía y en unidades de cuidados

intensivos (Cruz Llanos & Cieza Zevallos, 2022). Estos estudios han demostrado que la relación BUN/albúmina tiene una mayor área bajo la curva (AUC) y una sensibilidad superior en comparación con los niveles individuales de BUN y albúmina para predecir la mortalidad. Es importante destacar que tanto niveles elevados de BUN como bajos niveles de albúmina son factores independientes de predicción de mortalidad (Dundar et al., 2021). El politraumatismo representa un grupo de pacientes en los cuales los patrones de estancias prolongadas en la UCI y la enfermedad crítica persistente pueden investigarse de manera más accesible, separados de los factores relacionados con la fragilidad basal, y donde las intervenciones podrían ser particularmente beneficiosas. (Haines et al., 2019). Se ha sugerido que las características biológicas de la enfermedad crítica prolongada incluyen un estado de catabolismo proteico con pérdida muscular, inflamación persistente, inmunosupresión relativa y disfunción endocrina. No obstante, estos estudios generalmente han evaluado a pequeñas cohortes de pacientes mediante métodos de investigación no empleados rutinariamente en la práctica clínica (Trejos- Gallego et al., 2023). Los datos de laboratorio y radiología recolectados rutinariamente podrían ayudar a identificar la pérdida muscular adquirida y la presencia de catabolismo persistente, permitiendo así que las estrategias de intervención futuras se adapten a las trayectorias individuales de los pacientes. Basándonos en observaciones piloto previas, planteamos la hipótesis de que la enfermedad crítica persistente después de un politraumatismo estaría asociada con cambios en la relación urea y otros marcadores bioquímicos de rutina que reflejan catabolismo y/o inflamación, y que estos cambios irían acompañados de pérdida de masa muscular (Haines et al., 2019).

En la actualidad, la monitorización del catabolismo es compleja debido a la falta de biomarcadores rutinariamente disponibles que posean sensibilidad y especificidad adecuadas. La evaluación de la 3-metilhistidina, que se libera en la circulación durante la degradación de proteínas, es difícil y va más allá de las mediciones estándar. Asimismo, el monitoreo preciso de las pérdidas y balances de nitrógeno representa varios desafíos en pacientes críticamente enfermos. Dado que el catabolismo no se evalúa de manera precisa en la práctica clínica habitual, su presencia y gravedad a menudo solo se identifican cuando ya ha ocurrido la pérdida de masa muscular y la debilidad. La falta de biomarcadores validados y de uso común para el catabolismo limita en cierto modo la realización de estudios epidemiológicos e intervencionistas en este ámbito (Gunst et al., 2019).

Antecedentes específicos:

Ortega Pérez y colaboradores realizaron un estudio en 38 pacientes en donde se realizaron mediciones del grosor muscular al ingreso a la unidad de cuidados intensivos, se repitió la medición a los 3, 5 y 7 días posteriores al ingreso. Se evaluó su estado nutricional utilizando el NUTRIC score, encontrando que el 68.4% tenían bajo riesgo nutricional y ocho pacientes presentaban niveles bajos de albúmina al ingreso (< 3.5 g/dL). (Cornejo-Pareja et al., 2022). Las mediciones antropométricas mostraron que la circunferencia braquial promedio fue de 31.74 cm y el pliegue tricipital promedio fue de 19.61 mm. En cuanto al soporte nutricional, la vía enteral fue utilizada en el 94.7% de los pacientes, con el 78.9% recibiendo más de 1.5 g/kg de proteína. Solo el 15.8% fue sometido a ayuno enteral prolongado. El balance de nitrógeno mostró una media de -2.3

g al tercer día de estancia en la UCI, mejorando a valores positivos (+0.55 g) para el día cinco y siete, indicando una tendencia hacia un balance neutro después de siete días de soporte nutricional. Se realizaron mediciones del delta de grosor muscular en el ingreso y en los días tres, cinco y siete de estancia en la UCI.(Van Ruijven et al., 2021). El grosor muscular femoral mostró una reducción gradual de 3.56 cm al ingreso a 2.76 cm para el día siete. Para el músculo deltoides, la media inicial fue de 1.23 mm, disminuyendo a 0.93 mm para el día siete. Las pruebas estadísticas revelaron diferencias significativas en el grosor muscular deltoides ($p \leq 0.001$) y femoral ($p \leq 0.001$) a lo largo de las mediciones, así como en el balance de nitrógeno ($p \leq 0.001$).(Cornejo-Pareja et al., 2022). La correlación multivariada mostró una relación significativa entre el balance de nitrógeno del tercer día y el grosor muscular deltoides en ese mismo día ($p = 0.10$), siendo el balance negativo en la mayoría de los pacientes (81.6%) con una reducción del grosor muscular deltoides del 16% respecto a la medición inicial (Ortega Pérez et al., 2024).

Diversos estudios han demostrado que el índice de masa muscular es crucial para evaluar el pronóstico del paciente críticamente enfermo, ya que aporta información sobre el metabolismo muscular durante los periodos agudos y en recuperación, se menciona que el catabolismo muscular es prominente en las etapas tempranas de la enfermedad grave y puede persistir durante periodos prolongados, incluso en fases de aparente recuperación (Van Ruijven et al., 2021). Esta pérdida muscular sostenida podría tener implicaciones profundas para la rehabilitación a largo plazo y la recuperación funcional de los pacientes (Cornejo-Pareja et al., 2022).

Planteamiento del Problema

Los pacientes con enfermedad crítica muestran una respuesta hipercatabólica que se caracteriza por una elevación del gasto calórico secundario a la movilización de los carbohidratos, el catabolismo de las proteínas y los depósitos de lípidos, cuya consecuencia es una pérdida de masa corporal magra.

Lo anterior resulta en una disminución acelerada de la masa corporal magra que supera a la de su ingreso a la unidad de cuidados intensivos, incrementándose de acuerdo con los días de severidad de enfermedad, generando aumento de las infecciones, disfunción orgánica múltiple, días de hospitalización y en consecuencia, la mortalidad en el paciente crítico, dependiendo de su tiempo y gravedad.

Es por esto necesario contar con herramientas que nos permitan diagnosticar y conocer con certeza la magnitud de dichas alteraciones catabólicas.

Pregunta:

¿Cuál es la correlación del ratio urea/creatinina con la medición por ultrasonido del músculo vasto interno para determinar desgaste muscular en pacientes críticamente enfermos de la unidad de cuidados intensivos del Hospital Regional ISSSTE Puebla?

Objetivos

Objetivo general:

Determinar la correlación del ratio urea/creatinina con la medición por ultrasonido del músculo vasto interno para determinar desgaste muscular en pacientes críticamente enfermos de la unidad de cuidados intensivos del Hospital Regional ISSSTE Puebla.

Objetivos específicos:

Determinar las características demográficas de la población.

Describir el comportamiento del ratio urea/creatinina durante la estancia del enfermo en UCI.

Describir el comportamiento de la medición del área seccional transversa del musculo vasto interno durante la estancia del enfermo en UCI.

Material y Métodos

Estudio de correlación.

Objetivo: Correlación de variables y precisión diagnóstica.

Intervención del investigador: Observacional.

Temporalidad: Longitudinal.

Direccionalidad: Prospectivo.

Conformación de grupos: Homodémico.

Población de estudio.

Pacientes críticamente enfermos de la unidad de cuidados intensivos.

Definición del grupo control.

No aplica.

Definición del grupo a intervenir.

Pacientes críticamente enfermos de los cuales obtendremos la medición de delta, urea / creatinina en el catabolismo muscular y medición del músculo vasto interno guiado por ultrasonido en el catabolismo muscular en los pacientes en estudio.

Criterios de inclusión.

- Pacientes mayores de 18 años.
- Pacientes ingresados a la unidad de cuidados intensivos.
- Pacientes de ambos sexos.
- Pacientes con más de 72 horas de estancia en UCI

Criterios de exclusión.

- Pacientes con patología previa musculoesquelética.
- Pacientes con diagnóstico de hemorragia de tubo digestivo.
- Pacientes con empleo de esteroides.
- Pacientes con soporte nutricional con aporte proteico mayor de 2.0 gr/kg/día.
- Pacientes con choque hipovolémico.
- Pacientes con lesión renal aguda.
- Pacientes con enfermedad renal crónica.

Tipo de muestreo.

Muestreo probabilístico.

Metodología para el cálculo del tamaño de la muestra y tamaño de la muestra

De acuerdo con Haines (2019) si el verdadero coeficiente de correlación entre el ratio urea/creatinina con el diámetro del músculo vasto interno en pacientes con desgaste muscular es de 0.64, para descartar una hipótesis nula de no diferencia con una probabilidad de error tipo I del 5% y un factor de precisión del 10%, entonces necesitamos realización 90 ± 9 mediciones.

Haines, R. W., Zolfaghari, P., Wan, Y., Pearse, R. M., Puthuchery, Z., & Prowle, J. R. (2019). Elevated urea-to-creatinine ratio provides a biochemical signature of muscle catabolism and persistent critical illness after major trauma. *Intensive care medicine*, 45, 1718-1731.

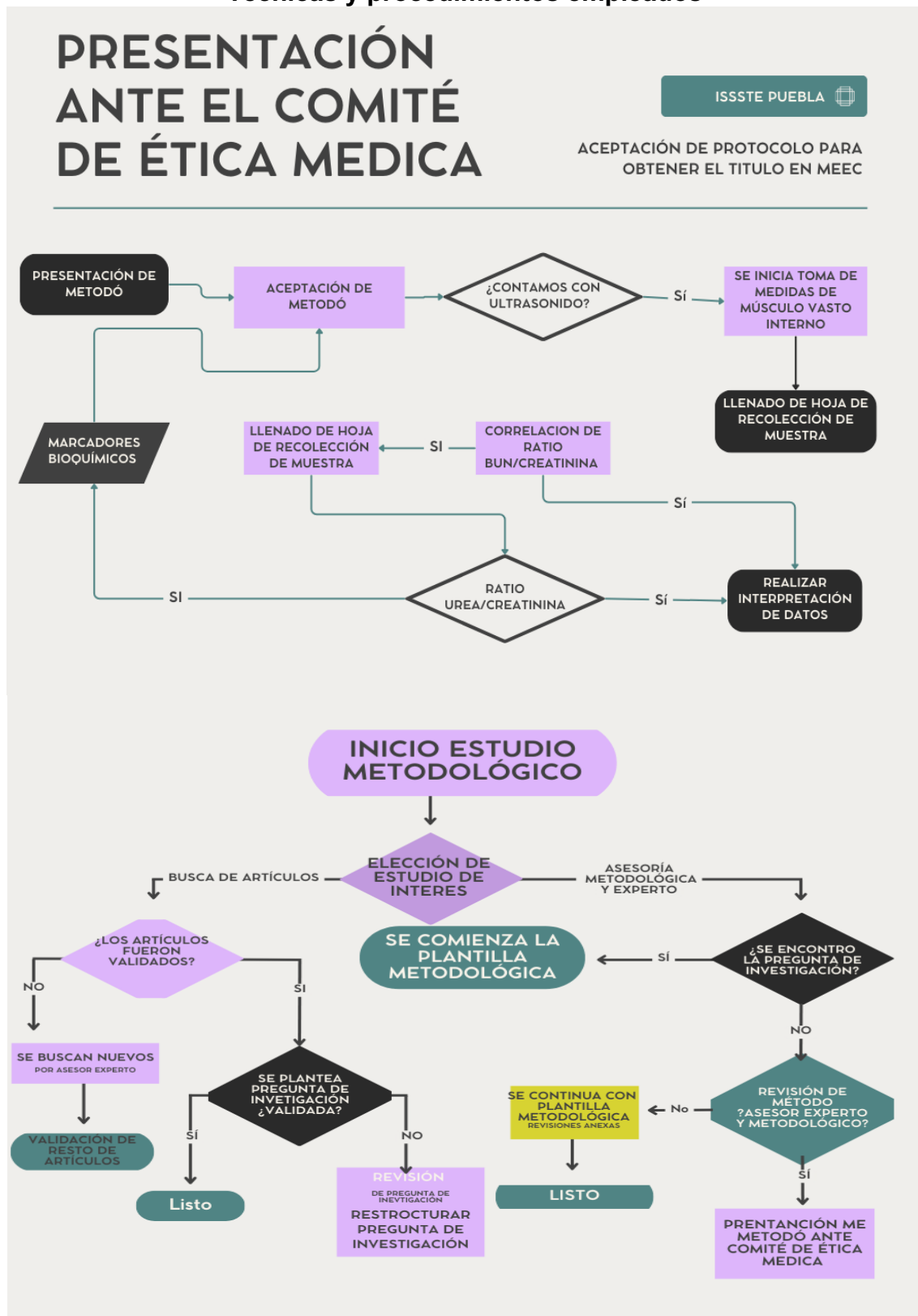
Descripción operacional de las variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE/ESCALA DE MEDICIÓN	UNIDAD DE MEDICIÓN O POSIBLES VALORES
Edad	Lapso de tiempo que transcurre desde el nacimiento hasta el momento de referencia.	Se tomará para fines de este estudio la edad que se encuentre registrado en las notas de ingreso o de evolución del expediente clínico	Cuantitativa ordinal	Se medirá en meses cumplidos
Sexo	Condición orgánica que puede ser clasificada en masculino o femenino	Se tomará para fines de este estudio el sexo masculino o femenino que se encuentre registrado en el expediente clínico	Cualitativa nominal	Se medirá en masculino/femenino
Medición del área seccional transversa del músculo vasto interno	El músculo vasto interno es la porción cercana a la línea media del cuerpo, del músculo cuádriceps	Se tomará para fines de este estudio se tomará la medida de este musculo que se encuentre registrado en el expediente clínico	Cuantitativa continua	En valores numéricos
Urea/creatinina	El ratio urea/creatinina es una determinación eficaz de la	Para fines de este estudio se tomará los valores del ratio urea/creatinina	Cuantitativa continua	En valores numéricos

	función renal y hepática.	que se encuentre registrado en el expediente clínico		
Ventilación mecánica invasiva	Es un procedimiento invasivo en el cual se asegura la vía aérea.	La ventilación mecánica (VM) se conoce como todo procedimiento de respiración artificial que emplea un aparato para suplir o colaborar con la función respiratoria.	Cualitativa nominal	En valores si/no
Ayuno	Abstinencia de ingesta de alimentos sólidos y líquidos.	El acto de abstenerse total o parcialmente de comer o beber, por un periodo determinado.	Cualitativa nominal	En valores si/no
Volumen urinario diario	Mide la cantidad de orina en 24 horas.	Es una prueba que mide la cantidad de orina que se produce en un día.	Cuantitativa discreta	En valores si/no

Diuréticos	Fármacos que estimulan la diuresis.	Fármaco que estimula la diuresis, Dependiendo de su mecanismo y lugar de acción, se dividen en diuréticos de asa, tiazidas, diuréticos ahorradores de potasio, inhibidores de la anhidrasa carbónica y diuréticos osmóticos.	Cualitativa nominal	En valores si/no
Alimentación enteral o parenteral	La alimentación es la forma de proporcionar al cuerpo los alimentos que son indispensables.	Las dos modalidades de soporte nutricional son enteral aporte de nutrientes por vía digestiva y parenteral aporte de nutrientes por vía venosa.	Cualitativa nominal	En valores enteral/parenteral

Técnicas y procedimientos empleados



Procesamiento y análisis estadístico.

El análisis estadístico se realizó utilizando el software IBM SPSS Statistics, versión 25. El nivel de significancia estadística (Valor p) se estableció en $p < 0.05$ para todas las pruebas. Estadística Descriptiva y Evaluación de Supuestos. Variables Cuantitativas: Se evaluó la distribución de cada variable continua a lo largo de los días de seguimiento. La normalidad de la distribución de los datos se comprobó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Para las variables con distribución normal (paramétrica), se utilizaron la media y la desviación estándar ($\pm DE$) como medidas de tendencia central y dispersión. Para las variables con distribución no normal (no paramétrica), se utilizaron la mediana y el rango intercuartil (RIC). Variables Cualitativas: Las variables categóricas (como sexo, ventilación mecánica y uso de diuréticos) se describieron utilizando frecuencias absolutas (n) y porcentajes (%). Estadística Analítica: Correlación y Asociación. Correlación Bivariada: Para evaluar la asociación lineal entre las dos variables primarias de interés (ratio Urea/Creatinina y medición del Músculo Vasto Interno [derecho e izquierdo]), se empleó el Coeficiente de Correlación de Pearson (r). El coeficiente de Pearson, que oscila entre +1 y -1, se aplicó para establecer la fuerza y dirección de la relación en cada punto de medición. Comparación de Medias: Se utilizó la prueba t de Student para muestras independientes para comparar las medias del Ratio Urea/Creatinina entre los subgrupos definidos por las variables categóricas. Esta prueba se aplicó para comparar los niveles del ratio Urea/Cr con el tipo de soporte nutricional (enteral vs. parenteral) en los días de estudio. Análisis Longitudinal (Medidas Repetidas) Para describir el comportamiento y la evolución del ratio Urea/Creatinina y de la medición del Músculo Vasto Interno a lo largo de los siete días de seguimiento, se emplearon las pruebas de medidas repetidas. Análisis de Varianza (ANOVA) de Medidas Repetidas: Se utilizó para comparar las medias de los valores repetidos en el tiempo (Día 1 al Día 7) en el mismo grupo de pacientes. Se evaluó el supuesto de esfericidad mediante la prueba de Mauchly. Dado que este supuesto fue violado en el ratio Urea/Cr y en el vasto izquierdo, los resultados se interpretaron aplicando la corrección de Greenhouse-Geisser. Se evaluaron los contrastes intra-sujetos (tendencia lineal, cuadrática, etc.) para determinar la naturaleza específica del cambio a lo largo del tiempo. Prueba de Friedman: Se empleó esta prueba no paramétrica como un análisis confirmatorio alternativo, dado el pequeño tamaño de la muestra y la violación de supuestos paramétricos, para evaluar si existía una diferencia significativa en los niveles del ratio Urea/Creatinina a lo largo de los días de medición. Tamaño del Efecto: Los hallazgos significativos del ANOVA se complementaron con el cálculo del tamaño del efecto (Eta parcial al cuadrado), lo cual permitió cuantificar la magnitud de la diferencia o asociación observada.

Aspectos éticos

El presente protocolo tiene relación con la salud humana, por lo tanto, está apegado a la Ley General de Salud en Materia de Investigación y con la declaración de Helsinki y sus enmiendas, así como los códigos y normas Internacionales vigentes para las buenas prácticas en la investigación. Se actuará en interés de los participantes en la investigación sobre la correlación entre el delta, urea / creatinina y medición del musculo basto interno guiado por ultrasonido en el catabolismo muscular en pacientes atendidos en el Servicio de Cuidados Críticos del Hospital Regional de Alta Especialidad ISSSTE Puebla.

tomando en consideración la regulación nacional e internacional en materia de ética en la investigación.

La declaración de Helsinki originalmente se llevó a cabo en junio de 1964 en Helsinki, Finlandia, donde su principio básico ha sido el respeto por el paciente, y que ha sido sometida a múltiples revisiones, la más actual es la 64ª Asamblea General, Fortaleza, Brasil, octubre 2013, por la Asociación Médica Mundial (AMM), donde se determina la importancia del consentimiento informado. En el caso del presente trabajo requiere de dicho consentimiento informado ya que es un estudio prospectivo, para lo cual se aplicará los instrumentos de medición para describir las variables de interés.

A continuación, se citan los numerales o principios aplicables a la presente investigación: NOM-012-SSA3-2012 numeral 5.5 a 5.10 y 11.1. Toda investigación en seres humanos debe de esta encaminada a mejorar o proporcionar un bien mayor a la población en estudio, salvaguardando su dignidad y evitando en todo momento la exposición de las personas a riesgos innecesarios.

NOM-012-SSA3-2012, numerales 10.6 a 10.8, 11.2 y 11.3. Se le dará informe de forma clara y extensa a los sujetos o familiares o representantes legales acerca de la investigación.

NOM-012-SSA3-2012, numerales 5.12, 12.1 a 12.3. La información obtenida de los sujetos en estudio debe de ser manejada de forma confidencial.

Se utilizarán datos secundarios; por ende, no existen riesgos potenciales para los pacientes. Además, al desarrollar la base de datos existirá total confidencialidad y se usarán códigos para la identificación de historias clínicas.

RESULTADOS

La población de estudio se compuso de 11 mujeres (55.0%) y 9 hombres (45.0%). La edad media de los pacientes fue de 49.65 ± 18.57 años. El Índice de Masa Corporal (IMC) promedio fue de 28.04 ± 6.19 kg/m². La obesidad estuvo presente en el 35.0% (n=7). El 20.0% (n=4) con Diabetes Mellitus y el 10% (n=2) Hipertensión Arterial.

La puntuación media del APACHE II fue de 11.90 ± 6.67 y SOFA fue de 12.50 ± 9.73 . El 80.0% (16 pacientes) se encontraban con Ventilación Mecánica y 15 pacientes (75.0%) con Aminoácidos Vasoactivos. La media de días de ventilación mecánica fue de 3.75 ± 2.83 días.

El 85.0% de los pacientes (n=17) recibió soporte nutricional, la vía de soporte nutricional enteral fue del 85.0% (n=17). El 15.0% con nutrición parenteral, el 40.0% (n=8) ocupó diurético y 60.0% (n=12) no requirió diurético.

El valor medio de la creatinina sérica en el Día 1 fue de 2.23 ± 3.99 mg/dL, en el Día 2: 1.89 ± 2.43 mg/dL, Día 3: 1.48 ± 1.76 mg/dl, Día 4: 1.69 ± 2.79 mg/dl, Día 5: 1.93 ± 3.30 mg/dl, Día 6: 1.26 ± 1.21 mg/dl y Día 7: 0.59 ± 0.17 mg/dl. El valor medio de la Urea sérica en el Día 1 fue de 68.59 ± 67.41 mg/dl, Día 2: 61.57 ± 48.36 mg/dl, Día 3: 57.36 ± 45.95 mg/dl, Día 4: 67.68 ± 55.66 mg/dl, Día 5: 71.71 ± 77.07 mg/dl, Día 6: 63.98 ± 52.60 mg/dl y Día 7: 56.83 ± 39.08 mg/dl. Respecto a la uresis, la media en el Día 1 fue de 981.15 ± 766.95 ml, Día 2: 1864.40 ± 1375.11 ml, Día 3: 1889.44 ± 1094.88 ml, Día 4: 2184.41 ± 1470.51 ml, Día 5: 2015.06 ± 1485.92 ml, Día 6: 2749.18 ± 1374.99 ml y Día 7: 2716.88 ± 1572.12 ml.

Respecto al ratio Urea/Cr se evidenciaron los siguientes valores: Día 1 media de 41.66 ± 13.89 , Día 2: 41.55 ± 15.90 , Día 3: 46.63 ± 26.78 , Día 4: 58.0 ± 30.98 , Día 5: 57.39 ± 31.39 , Día 6: 59.22 ± 23.24 y Día 7: 97.51 ± 62.22 .

En cuanto a las mediciones realizadas por ultrasonido con transductor lineal encontramos un valor medio de la medición del Vasto izquierdo en el Día 1 de 13.54 ± 1.56 mm, Día 2: 13.36 ± 1.59 mm, Día 3: 13.24 ± 1.71 mm, Día 4: 12.91 ± 1.62 mm, Día 5: 12.97 ± 1.61 mm, Día 6: 12.67 ± 1.8 mm y Día 7: 12.85 ± 0.88 mm. El valor medio del Vasto derecho en el Día 1 fue de 14.33 ± 1.34 mm, Día 2: 14.00 ± 1.28 mm, Día 3: 13.50 ± 1.02 mm, Día 4: 13.66 ± 1.08 mm, Día 5: 13.54 ± 1.51 mm, Día 6: 13.34 ± 1.56 mm y Día 7: 13.56 ± 0.79 mm.

Se realizó prueba t de Student para identificar diferencias de medias entre el Ratio Urea/Cr y el tipo de alimentación (enteral-parenteral) por día, encontrando en el Día 1: $t(18) = 0.514$ ($p = 0.613$), Día 2: $t(18) = 0.771$ ($p = 0.451$), Día 3: $t(15) = 0.086$ ($p = 0.933$), Día 4: $t(1.047) = -0.222$ ($p = 0.860$) y Día 5: $t(12) = 1.131$ ($p = 0.280$).

Se analizó mediante prueba ANOVA la diferencia de medias repetidas del ratio Urea/Cr en el transcurso de los días de estudio encontrando esfericidad de Mauchly ($W = .058$; $X = 32.412$; $p < .001$), se aplicó la corrección de Greenhouse-Geisser para interpretar los resultados; el análisis reveló un efecto principal del tiempo (Día) estadísticamente

significativo sobre los niveles del ratio Urea/Cr $F = 3.949$ ($p = .026$). El tamaño del efecto fue grande (Eta parcial al cuadrado = .233).

Para confirmar los hallazgos del ANOVA y dado que se evaluó una distribución no paramétrica, se realizó una Prueba de Friedman para analizar el cambio en el ratio Urea/Creatinina (Urea/Cr) a lo largo de los cinco días de seguimiento ($N=14$). La prueba de Friedman confirmó que existe una diferencia estadísticamente significativa en los niveles del Ratio Urea/Cr a través de los cinco puntos de medición $X = 9.941$ ($p = .041$).

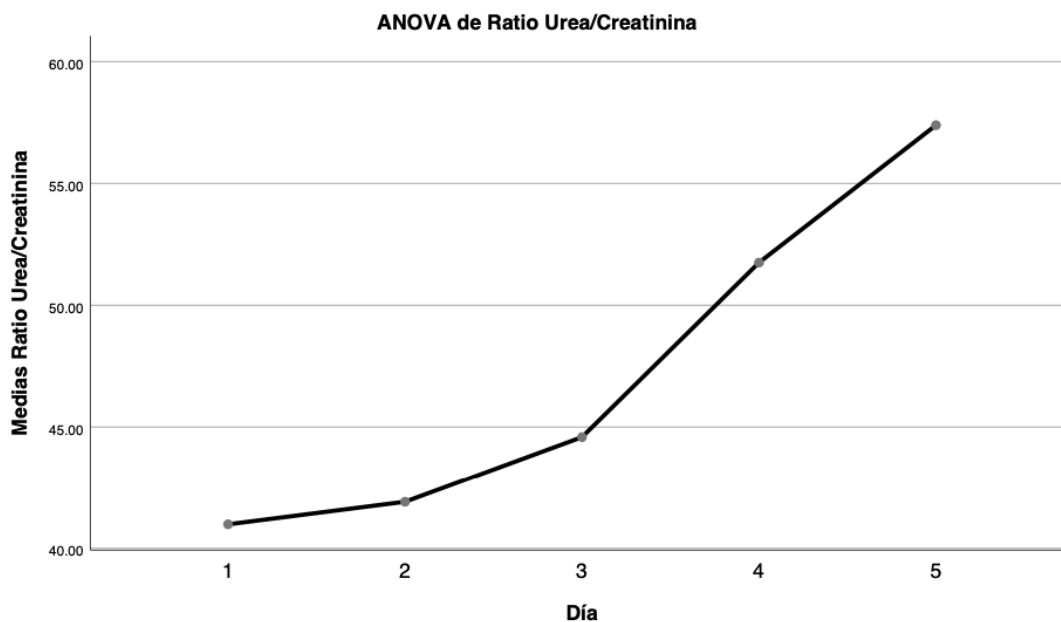


Gráfico1. ANOVA diferencia de medias en los días de estudio del Ratio Ur/Cr.

Se analizó mediante prueba ANOVA la diferencia de medias repetidas de la medición del Vasto izquierdo encontrando esfericidad de Mauchly $W = .178$; $X = 21.427$ ($p = .012$) por lo que se utilizó la corrección de Greenhouse-Geisser. El análisis general del efecto del tiempo (Día) sobre la medición del Vasto izquierdo no alcanzó la significancia estadística estándar $F(2.394, 33.517) = 2.514$; $p = .087$), aunque mostró una tendencia marginal.

Sin embargo, al examinar los contrastes intra-sujetos para definir la forma de esta tendencia, se encontró una tendencia lineal estadísticamente significativa $F(1, 14) = 4.951$ ($p = .043$). El tamaño del efecto para esta tendencia fue moderado (Eta parcial al cuadrado = .261). Las tendencias de orden superior (cuadrática, cúbica) no fueron significativas ($p > .05$).

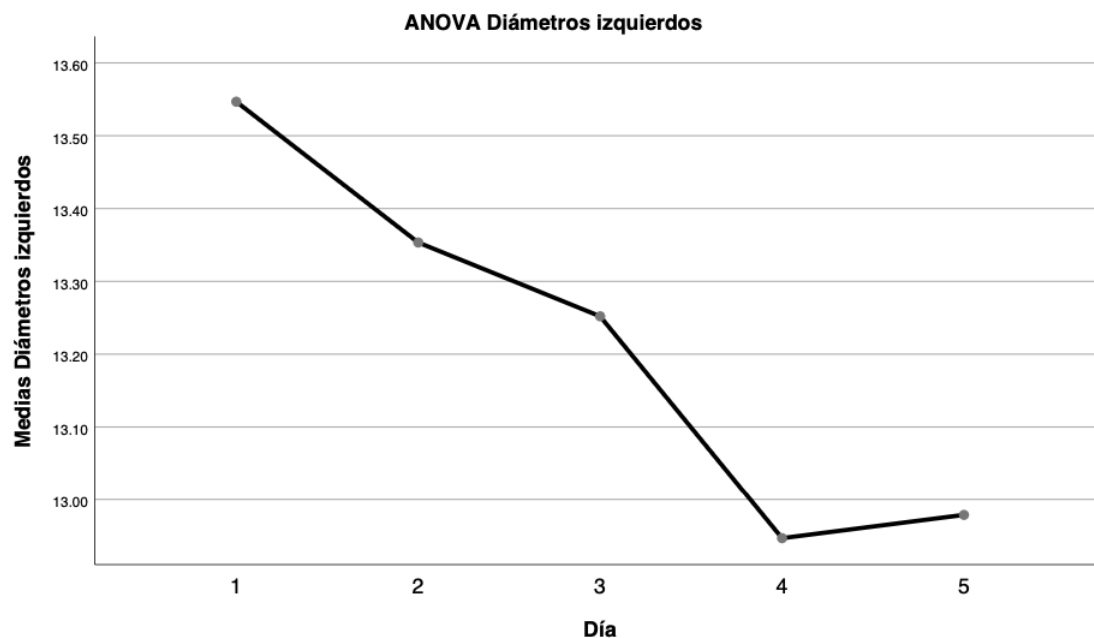


Gráfico2. ANOVA diferencia de medias en los días de estudio de la medición del diámetro del vasto izquierdo.

Se realizó un análisis de ANOVA de medidas repetidas para evaluar el cambio en la medición del Vasto derecho a lo largo de cinco días de seguimiento (N=15).

Las pruebas multivariantes indicaron un efecto del tiempo (Día) altamente significativo sobre la medición del Vasto derecho (Traza de Pillai = .677; $F(4, 11) = 5.756$; $p = .009$). El tamaño del efecto para este cambio fue muy grande (Eta parcial al cuadrado = .677).

Este hallazgo fue evaluado con las pruebas univariadas. La prueba de esfericidad de Mauchly fue significativa ($W = .044$; $p < .001$), indicando una violación severa del supuesto de esfericidad. Tras aplicar la corrección de Greenhouse-Geisser, la prueba univariada no alcanzó la significancia estadística $F(2.098, 29.370) = 2.294$ ($p = .116$).

Para investigar la naturaleza del cambio detectado en la prueba multivariante ($p = .009$), se analizaron los contrastes. Estos revelaron que el cambio a lo largo del tiempo no siguió un patrón simple, ya que ni la tendencia lineal ($p = .121$) ni la tendencia cuadrática ($p = .154$) fueron estadísticamente significativas.

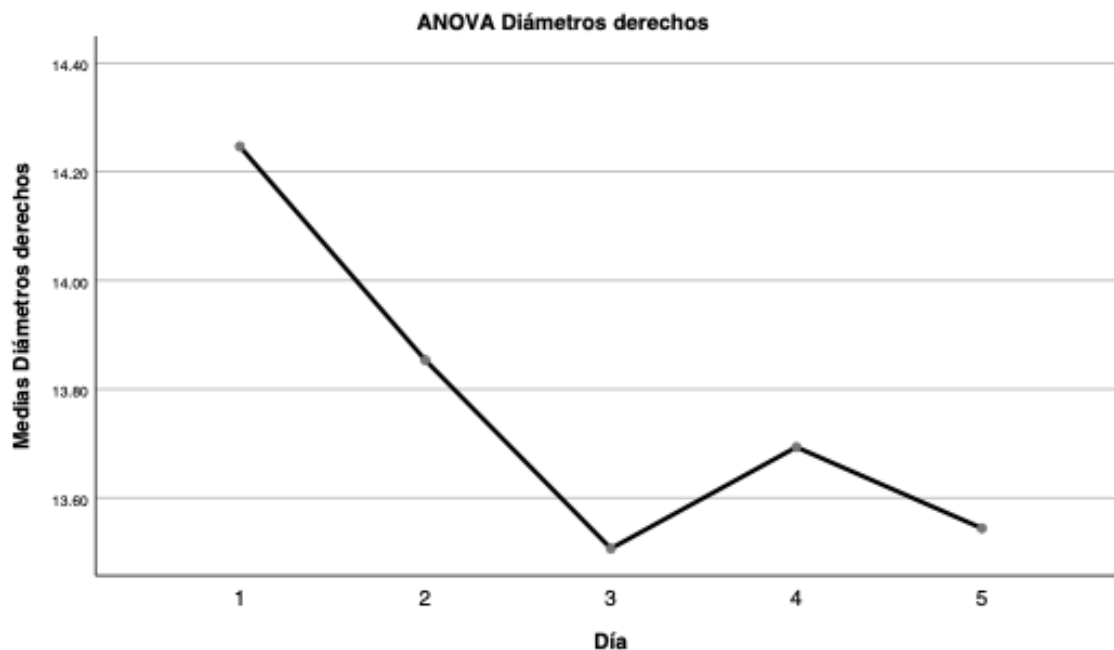


Gráfico3. ANOVA diferencia de medias en los días de estudio de la medición del diámetro del vasto derecho.

Por último, se realizó para identificar el objetivo general del presente estudio mediante coeficiente de correlación de Pearson el análisis de la correlación de los datos en los días de estancia del paciente encontrando: Ratio Urea/Cr del Día 1 y la medición del Vasto derecho del Día 1: $r = .460$ ($p = .047$); Ratio Urea/Cr del Día 1 y la medición del Vasto izquierdo del Día 1: $r = .305$ ($p = .204$); Vasto izquierdo y el Vasto derecho en el Día 1: $r = .653$ ($p = .002$).

Ratio Urea/Cr del Día 2 y la medición del Vasto izquierdo Día 2: $r = .147$ ($p = .547$); Ratio Urea/Cr del Día 2 y la medición del Vasto derecho Día 2: $r = .303$ ($p = .208$), Vasto izquierdo y el Vasto derecho Día 2: $r = .463$ ($p = .046$). Ratio Urea/Cr del Día 3 y la medición del Vasto izquierdo Día 3: $r = .127$ ($p = .626$); Ratio Urea/Cr del Día 3 y la medición del Vasto derecho Día 3: $r = .043$ ($p = .870$); Vasto izquierdo y el Vasto derecho en el Día 3: $r = .800$ ($p = .000$). Ratio Urea/Cr del Día 4 y la medición del Vasto izquierdo Día 4: $r = .267$ ($p = .317$); Ratio Urea/Cr del Día 4 y la medición del Vasto derecho Día 4: $r = -.076$ ($p = .781$); Vasto izquierdo y el Vasto derecho en el Día 4: $r = .449$ ($p = .081$). Ratio Urea/Cr del Día 5 y la medición del Vasto izquierdo Día 5: $r = .420$ ($p = .135$); Ratio Urea/Cr del Día 5 y la medición del Vasto derecho Día 5: $r = .193$ ($p = .508$); Vasto izquierdo y el Vasto derecho en el Día 5: $r = .414$ ($p = .125$). Ratio Urea/Cr del Día 6 y la medición del Vasto izquierdo Día 6: $r = .630$ ($p = .051$); Ratio Urea/Cr del Día 6 y la medición del Vasto derecho Día 6: $r = .359$ ($p = .343$); Vasto izquierdo y el Vasto derecho en el Día 6: $r = .588$ ($p = .074$). Ratio Urea/Cr Día 7 y la medición del Vasto izquierdo Día 7: $r = .669$ ($p = .147$); Ratio Urea/Cr Día 7 y la medición del Vasto derecho Día 7: $r = .276$ ($p = .596$), y Vasto izquierdo y el Vasto derecho en el Día 7: $r = .635$ ($p = .175$).

Tabla 1. Correlación de variables de desgaste muscular.

Día	Comparación de Variables	Coefficiente (r)	Valor p
Día 1	Ratio Urea/Cr y Vasto Derecho	.460	.047
	Ratio Urea/Cr y Vasto Izquierdo	.305	.204
	Vasto Izquierdo y Vasto Derecho	.653	.002
Día 2	Ratio Urea/Cr y Vasto Izquierdo	.147	.547
	Ratio Urea/Cr y Vasto Derecho	.303	.208
	Vasto Izquierdo y Vasto Derecho	.463	.046
Día 3	Ratio Urea/Cr y Vasto Izquierdo	.127	.626
	Ratio Urea/Cr y Vasto Derecho	.043	.870
	Vasto Izquierdo y Vasto Derecho	.800	.000
Día 4	Ratio Urea/Cr y Vasto Izquierdo	.267	.317
	Ratio Urea/Cr y Vasto Derecho	-.076	.781
	Vasto Izquierdo y Vasto Derecho	.449	.081
Día 5	Ratio Urea/Cr y Vasto Izquierdo	.420	.135
	Ratio Urea/Cr y Vasto Derecho	.193	.508
	Vasto Izquierdo y Vasto Derecho	.414	.125
Día 6	Ratio Urea/Cr y Vasto Izquierdo	.630	.051
	Ratio Urea/Cr y Vasto Derecho	.359	.343
	Vasto Izquierdo y Vasto Derecho	.588	.074
Día 7	Ratio Urea/Cr y Vasto Izquierdo	.669	.147
	Ratio Urea/Cr y Vasto Derecho	.276	.596
	Vasto Izquierdo y Vasto Derecho	.635	.175

DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo principal determinar la correlación entre el ratio Urea/Creatinina (Urea/Cr) y la medición por ultrasonido del músculo vasto interno, como indicadores de desgaste muscular en pacientes críticamente enfermos de la UCI del Hospital Regional ISSSTE Puebla. Los hallazgos revelan una dinámica compleja entre el catabolismo sistémico y el desgaste muscular estructural.

Nuestros resultados confirman dos fenómenos paralelos y significativos en la población de estudio. Primero, se evidenció un desgaste muscular progresivo y constante, demostrado por la disminución estadísticamente significativa en la tendencia lineal de la medición del Vasto Izquierdo a lo largo de siete días ($p = .043$). Este hallazgo es consistente con la literatura que describe el desarrollo rápido de la miopatía adquirida en la UCI. La ultrasonografía muscular se confirma como una herramienta viable y sensible para detectar este declive estructural, que progresó de una media de 13.54 mm en el Día 1 a 12.85 mm en el Día 7.

Segundo, se observó un incremento estadísticamente significativo del ratio Urea/Cr a lo largo del periodo de estudio ($F = 3.949$, $p = .026$), corroborado por la prueba no paramétrica de Friedman ($p = .041$). Este aumento, que pasó de 41.66 en el Día 1 a 97.51 en el Día 7, sugiere un estado de hipercatabolismo persistente o creciente, característico del paciente crítico.

El hallazgo más sorprendente y central de esta investigación es la ausencia de una correlación sostenida entre el ratio Urea/Cr y el desgaste muscular medido por ultrasonido. Aunque se encontró una correlación positiva moderada y significativa en el Día 1 entre el ratio y el Vasto Derecho ($r = .460$, $p = .047$), esta relación desapareció por completo en todas las mediciones subsecuentes (Días 2 al 7) para ambos músculos.

Esto nos lleva al principal hecho del estudio: el ratio Urea/Cr y la medición ultrasonográfica del vasto parecen medir fenómenos que, aunque ocurren simultáneamente, no están directamente correlacionados en el seguimiento diario. La correlación inicial del Día 1 podría reflejar el estado de admisión del paciente, donde ambos marcadores reflejan la agudeza de la enfermedad, pero esta relación se disocia rápidamente.

Interpretamos esta disociación proponiendo que el ratio Urea/Cr, en el contexto de la UCI, es un marcador "contaminado". Está fuertemente influenciado por variables que no reflejan el catabolismo muscular como puede ser la función renal. Nuestros datos muestran una cohorte con alta gravedad (SOFA 12.50), uso extensivo de aminas (75.0%) y fluctuaciones en la función renal (Creatinina Día 1: 2.23 mg/dL vs. Día 7: 0.59 mg/dL). Además, el 40.0% de los pacientes utilizó diuréticos. Estos factores (función renal, volemia, manejo hídrico) impactan directamente en los niveles de urea y creatinina, independientemente del estado muscular.

Por lo tanto, mientras el ultrasonido ofrece una medición estructural directa del músculo, el ratio Urea/Cr parece reflejar una combinación más compleja de catabolismo sistémico, función renal y respuesta al tratamiento. El ratio no puede, y según nuestros datos no debe, ser utilizado como un sustituto del seguimiento ultrasonográfico del desgaste muscular.

Es notable la discrepancia en los resultados entre el vasto izquierdo y derecho. Mientras el izquierdo mostró una clara tendencia lineal de atrofia, el derecho presentó resultados estadísticos no concluyentes en el análisis univariado ($p = .116$). Irónicamente, la única correlación significativa (Día 1) se encontró con el vasto derecho, cuyo seguimiento parece

menos fiable estadísticamente en nuestro análisis. Esta asimetría, o la variabilidad en la medición, debe ser explorada en futuros estudios, aunque también es relevante la fuerte correlación entre ambos vastos en los primeros días (Día 1: $r = .653$, $p = .002$; Día 3: $r = .800$, $p = .000$).

La principal limitación de este estudio es el tamaño de la muestra ($N=20$), que disminuyó a $N=14$ o $N=15$ en algunos análisis de medidas repetidas. Esta baja potencia estadística pudo haber enmascarado correlaciones débiles o tendencias, como la observada en el ANOVA general del Vasto Izquierdo ($p = .087$) o la correlación del Día 6 ($p = .051$), que rozaron la significancia.

En conclusión, si bien el desgaste muscular (medido por ultrasonido) y el aumento del ratio Urea/Cr son fenómenos reales y significativos en esta población de pacientes críticos, nuestros hallazgos no respaldan el uso del ratio Urea/Cr como un marcador de seguimiento correlacionado con el desgaste muscular estructural.

El ultrasonido de vasto (específicamente el izquierdo en nuestro estudio) se perfila como un indicador más directo y fiable del desgaste muscular progresivo. El ratio Urea/Cr, aunque elevado, parece reflejar una problemática sistémica más amplia, fuertemente influenciada por la función renal y las intervenciones terapéuticas.

Se requieren estudios con muestras más grandes para confirmar esta falta de correlación y para controlar el impacto de variables confusoras como la función renal aguda y el uso de diuréticos sobre el ratio Urea/Cr.

CONCLUSIONES

Conclusiones específicas

Los resultados ponen de manifiesto la existencia de diferencias entre el grosor del músculo vasto izquierdo y derecho a lo largo del tiempo, con una disminución significativa en el músculo izquierdo que sugiere un desgaste muscular progresivo en los pacientes críticos.

Los resultados en la medición del ratio Urea/Creatinina señalan que hubo un incremento progresivo que transcurrió de 41.66 en el Día 1 a 97.51 en el Día 7, indicando un estado de hipercatabolismo persistente en el grupo de estudio.

Los resultados confirman la hipótesis de que el ratio Urea/Creatinina no se correlaciona de manera sostenida con el desgaste muscular, evidenciando que, aunque hay un incremento significativo en el ratio, este no refleja adecuadamente la disminución de la masa muscular medida por ultrasonido.

Conclusión general

Globalmente, los resultados del presente estudio mostraron que aunque existe una relación inicial entre el ratio Urea/Creatinina y el desgaste muscular medido por ultrasonido, esta relación no es sostenida a lo largo del tiempo, lo que sugiere que ambos indicadores miden fenómenos diferentes que no están directamente correlacionados. Nuestros resultados nos permiten confirmar la hipótesis, en la medida en que se ha constatado que existen diferencias significativas entre las mediciones del modelo de catabolismo y los análisis estructurales del músculo. La información obtenida en este estudio sugiere que el uso del ratio Urea/Creatinina como marcador de desgaste muscular debe ser reconsiderado, dado su comportamiento influenciado por otros factores como la función renal y el manejo hídrico. Las peculiaridades distintivas permiten concluir que la evaluación ultrasonográfica del músculo vasto es una herramienta más confiable para la detección del desgaste muscular en pacientes críticos. A la luz de los hallazgos encontrados en este estudio, se puede afirmar que se requiere un enfoque multidisciplinario que combine la evaluación nutricional con el monitoreo ultrasonográfico para optimizar el manejo del desgaste muscular en UCI.

Recomendaciones

1. Implementar un protocolo estandarizado para la valoración ultrasonográfica de la masa muscular en pacientes críticos, que permita un seguimiento más preciso del estado nutricional y desgaste muscular.
2. Reevaluar el uso del ratio Urea/Creatinina como indicador de desgaste muscular, considerando su influencia por factores renales y de tratamiento.
3. Desarrollar programas de educación a los profesionales de la salud sobre la importancia del monitoreo del desgaste muscular y los métodos más efectivos para su evaluación.

Propuesta de mejora

ALGORITMO DE MONITOREO DEL ESTADO NUTRICIONAL EN PACIENTES CRÍTICOS	

1. Identificación del Paciente	
* Captura de datos demográficos y clínicos	
* Ingreso en UCI	

2. Evaluación Inicial	
* Determinar estado nutricional	
* Mediciones iniciales del Ratio BUN/Cr.	
* Evaluación del músculo vasto interno (ultrasonido)	

3. Monitoreo Diario	
* Mediciones diarias del Ratio BUN/Cr.	
* Mediciones diarias del músculo vasto interno derecho y izquierdo	
* Evaluar respuesta del paciente a nutrición (enteral o parenteral)	

4. Análisis de Resultados	
* Comparar cambios en estado muscular y ratio urea/creatinina	
* Evaluar resultados clínicos y evolución del paciente	
* Ajustar intervenciones nutricionales y protocolos	

5. Reevaluación Semanal	
* Reevaluar estado del paciente cada semana	
* Adaptar plan de tratamiento según respuesta y progresión del desgaste muscular	

Bibliografía

1. Rodríguez-Duarte KJ, Cruz-Ortiz M, Perez-Rodriguez MC.(2020) *From intensive care to critical care, a name change that reflects evolution*. Rev Enferm Inst Mex Seguro Soc.28(2):134-143. <https://www.medigraphic.com/pdfs/enfermeriaimss/eim-2020/eim202g.pdf>
2. Vera-Carrasco O. (2022) *Los enfermos en estado critico y las medidas de soporte vital en las unidades de cuidados intensivos*. Rev Cuadernos. 63(1): 76-82. http://www.scielo.org.bo/pdf/chc/v63n1/v63n1_a11.pdf
3. Soto L. (2019) *El paciente critico cronico*. Rev Med Clin. Condes. 30(2);160-170. <https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2019.03.004>
4. Saucedo-Rodriguez EG, Flores Valadez MA, Ochoa Garcia E, et al. (2020) *Manejo del paciente grave y critico*. Rev Latin Infect Pediatr. 33(1) 52-69. DOI: 10.35366/96671
5. Garcia de Lorenzo A, Vilas E, Rodriguez-Montes JA. (2006). *Fisiopatología de las alteraciones neuromusculares en el paciente critico*. Nutr.Hosp.21(3) 96-103. <https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v21s3/art12.pdf>
6. Ramos-Villegas Y, Calvo-Infante RF, Arias A, et al. (2017). *Enfermedad crónica del paciente critico: fisiopatología y manejo intensivo*. Rev. Trauma en America Latina.7(3):103-106. https://www.researchgate.net/publication/324364088_Enfermedad_cronica_del_paciente_critico_fisiopatologia_y_manejo_intensivo
7. Vergara Amador E, , Román Chalarca M. A.(2011) *Descripción Anatómica del Músculo Vasto Medial. ¿Existe realmente el músculo vasto medial oblicuo?*. Salud Uninorte;27(1):73-84. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81722530010>
8. Harold E, Jeremih C. (2005) Gray's anatomy. The anatomical basis of clinical practice. 38th edition. Elsevier. pp.14-64.
9. M. Latarget, A. Ruiz Liard (1995). Anatomía humana. 4ª ed., tomo 1. Editora Panamericana. pp. 824-26.
10. Haines RW, Prowle JR (2019). *Diagnostic Implications of Creatinine and Urea Metabolism in Critical Illness*. Annual Update in Intensive Care and Emergency Medicine. 2019; 327-337. https://doi.org/10.1007/978-3-030-06067-1_25
11. Haines RW, Zolfaghari P, Wan Y, et al.(2019) *Elevated urea-to-creatinine ratio provides a biochemical signature of muscle catabolism and persistent critical illness after major trauma*. Intensive care Med. . <https://doi.org/10.1007/s00134-019-05760-5>
12. Van Gassel R, Baggerman M, Van de Pol M.(2020) *Metabolic aspects of muscle wasting during critical illness*. Nutrition an the instensive care unit. 23(2): 96-101. DOI:10.1097/MCO.0000000000000628
13. Knuth C, Auger C, Jeschke M. (2021)*Burn-induced hypermetabolism and skeletal muscle dysfunction*. Am J Physiol Cell Physiol. 321. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpcell.00106.2021>
14. Moretti D, Re MD, Rochetti NS, et al. (2020) *Value os the urea/creatinine index in isolated urine to estimate severe protein hypercatabolism in ventilated patients*. Rev Bras Ter Intensiva. 32(4)506-513. DOI: 10.5935/0103-507X.20200087

15. Ryul-Jeon B. (2020) *Blood urea nitrogen/creatinine change ratio as a delta check method for dialysis specimens*. Int J Clin Pathol. 13(7): 1640-1645. ISSN: 1936-2625
16. Garnica-Escamilla MA, Lemus-Sandoval J, Ramírez-Martínez BN, et al.(2021) *Hipermetabolismo en el paciente quemado*. Med Critic. 35(4): 194-199. DOI: <https://dx.doi.org/10.35366/101158>
17. Brookes EM, Power D. (2022) *Elevated serum urea-to-creatinine ratio is associated with adverse inpatient clinical outcomes in non-end stage chronic kidney disease*. Scientific reports. .12. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-25254-7>
18. Cruz-Llanos LE, Cieza Zevallos JA. (2021) *Relación entre el índice urémico y la función renal en pacientes con enfermedad renal crónica y en personas sanas*. Rev Med Hered.. 32: 216-223. DOI: <https://doi.org/10.20453/rmh.v32i4.4118>
19. Defene Dundar Z, Kucukceran K, Kursat M.(2020) *Blood urea nitrogen to albumin ratio is a predictor of in-hospital mortality in older emergency department patients*. American journal of emergency medicine. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2020.10.008>
20. Trejos-Gallego D, Pereira F, Perez A, et al.(2023) *Consenso sobre el uso de proteína en el paciente crítico-ACNC*. Rev. Nutr. Clin Metab.;6(2): 11-34. DOI: <https://doi.org/10.35454/rncm.v6n2.494>
21. Gunst J, Kashani K, Hermans G.(2019) *The urea-creatinine ratio as a novel biomarker of critical illness-associated catabolism*. Intensive Care Med. . 45: 1813-1815. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00134-019-05810-y>
22. Ortega-Perez AQ, Ramirez-Lugo JM, Silva-Medina MA, et al.(2024) *Delta de grosor muscular femoral y deltoideo por ultrasonografía en la valoración nutricional en la unidad de cuidados intensivos*. Med Crit.38(1): 35-39 DOI: 10.35366/115679
23. Van Rujiven I, Stapel S, Molinger, et al. (2021) *Monitoring muscle mass using ultrasound: a key role in critical care*. Current Opinion in Critical care. 27 (4): 354-360. DOI: DOI:10.1097/MCC.0000000000000846
24. Cornejo-Pareja I, Soler-Beunza AG, Vegas-Aguilar IM, et al. (2022) *Predictors of Sarcopenia in Outpatients with Post-Critical SARS-CoV2 Disease. Nutritional Ultrasound of Rectus Femoris Muscle, a Potential Tool*. Nutrients. 14, 4988. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu14234988>

Anexos

1. Formato de hoja de recolección de datos.

	NOMBRE	SEXO		EDAD AÑOS	VENTILACION MECANICA		AYUNO		DIETA E/P		VOL. URINARI O ML	DIURETICO	
		M	F		SI	NO	SI	NO	E	P		SI	NO
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													

PACIENTE	RATIO UREA/CREATININA Y MEDIÓN POR ULTRASONIDO DE MUSCULO VASTO INTERNO							
	INGRESO		DIA 3		DIA 5		DIA 7	
	Ratio BUN/CRE	Vasto interno	Ratio BUN/CRE	Vasto interno	Ratio BUN/CRE	Vasto interno	Ratio BUN/CRE	Vasto interno
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								

2. Medición de vasto interno derecho.



2.1. Medición de vasto interno izquierdo.



3. Escalas empleadas

SOFA - 2

Sistema	0	1	2	3	4
Neurológico (GCS)	15	13-14 o uso de fármacos para delirium	9-12	6-8	3-5 o ausencia de respuesta motora
Respiratorio PaO ₂ /FiO ₂	>300	≤300	≤225	≤150 + soporte vent. avanzado	≤75 + soporte avanzado o ECMO
Cardio-vascular	PAM ≥70, sin vasopresores	PAM <70 sin vasopresores	NorEpi/Epi ≤0.2 µg/kg/min u otro soporte	NorEpi/Epi >0.2-0.4 µg/kg/min u otro soporte ≤0.2	NorEpi/Epi >0.4 µg/kg/min o soporte circulatorio
Hígado (Bilirrubina mg/dL)	≤1.2	≤3	≤6	≤12	>12
Riñón	Cr ≤1.2 mg/dL	Cr ≤2 mg/dL o diuresis <0.5 mL/kg/h x 6-12h	Cr ≤3.5 mg/dL o diuresis <0.5 mL/kg/h ≥12h	Cr >3.5 mg/dL o diuresis <0.3 mL/kg/h ≥24h o anuria ≥12h	Diálisis aguda o crónica / cumple criterios para RRT
Hematología (Plaquetas)	>150,000	≤150,000	≤100,000	≤80,000	≤50,000

4. Formato de consentimiento informado.

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPACION PROTOCOLOS DE INVESTIGACIÓN HOSPITAL DE ESPECIALIDADES DEL ISSSTEP.

Lugar y Fecha: _____

Por medio del presente acepto participar en el protocolo de investigación titulado:

"Correlación del ratio urea/creatinina con la medición por ultrasonido del músculo vasto interno para determinar desgaste muscular en pacientes críticamente enfermos de la unidad de cuidados intensivos del Hospital Regional ISSSTE Puebla"

El objetivo del estudio es:

Determinar la correlación entre el delta, urea / creatinina y medición del musculo basto interno guiado por ultrasonido en el catabolismo muscular en pacientes atendidos en el Servicio de Cuidados Críticos del Hospital Regional de Alta Especialidad ISSSTE Puebla en el periodo 2025.

Se me ha explicado que mi participación consistirá en la identificación de la correlación entre el delta, urea / creatinina y medición del musculo basto interno guiado por ultrasonido en el catabolismo muscular.

Declaro que se me ha informado sobre los posibles riesgos, inconveniente, molestias y beneficios derivados de mi participación en el estudio.

La tesista responsable se ha comprometido a darme información oportuna sobre cualquier pregunta y aclarar cualquier procedimiento alternativo adecuado que pudiera ser ventajoso para identificar mi estado de salud, así como a responder cualquier pregunta y aclarar cualquier duda que se le plantee acerca de los procedimientos que se llevarán a cabo, los riesgos, beneficios o cualquier otro asunto relacionado con la investigación o con mi tratamiento.

La tesista responsable me ha dado la seguridad de que no se me identificara en las presentaciones o publicaciones que deriven de este estudio y de que los datos relacionados con mi privacidad serán manejados en forma confidencial. También se ha comprometido a proporcionarme la información actualizada que se obtenga durante el estudio, aunque esta pudiera cambiar de parecer respecto a mi permanencia en el mismo.

Nombre y Firma del paciente:

Nombre y firma de familiar responsable

CARTA DE CONFIDENCIALIDAD DE DATOS

Puebla , a. _____ de _____ de _____.

Dra. Jessica Cervantes Garcia.

Residentes de primer año de Instituto de seguridad y servicios sociales de los trabajadores de el estado.

P r e s e n t e

El que suscribe C. _____ y de conformidad con el artículo 42 de la Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados; acepta las condiciones de resguardo, reserva, custodia y protección de la seguridad y confidencialidad de la información, datos personales y de todo tipo de documentos propiedad de la Secretaria de Salud, o de la que tenga conocimiento, con motivo del trabajo, empleo, comisión, integración de cuerpos colegiados que sesione a fin de deliberar sobre procesos internos y/o dictaminar proyectos relacionados con las funciones propias de su cargo .

El presente deber de confidencialidad me responsabiliza respecto de la información que me sea proporcionada por ISSSTE, ya sea de forma oral, escrita, impresa, sonora, visual, electrónica, informática u holográfica, contenida en cualquier tipo de documento, que puede consistir en: expedientes, reportes, estudios, actas, resoluciones, oficios, correspondencia, acuerdos, directivas, directrices, circulares, contratos, convenios, instructivos, notas, memorandos, estadísticas o bien, cualquier otro registro que documente el ejercicio de las facultades, funciones y competencias de la Unidad Administrativa, sin importar su fuente o fecha de elaboración. La información que me sea proporcionada podría ser considerada, según el caso, como reservada, privilegiada y confidencial, en los términos del artículo 116, de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública y 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información, salvo aquella información que sea pública o que se autorice expresamente su divulgación por cualquier medio oficial o institucional, siempre que no cause algún daño o perjuicio a sus propietarios, y reservarla para el uso indispensable y necesario para cumplir con mis funciones, por lo que me obligo a protegerla, reservarla, resguardarla y no divulgarla, utilizándola única y exclusivamente para llevar a cabo y cumplir con las actividades y obligaciones que expresamente me sean conferidas por la ISSSTE Puebla. Es mi responsabilidad no reproducir, hacer pública o divulgar a terceros la información objeto de la presente Carta, y de cumplir con las medidas de seguridad aprobadas en los documentos de seguridad de la Unidad Administrativa. De omitirse lo expresado se podrá hacer acreedor a las sanciones previstas en el Título Décimo Primero, Capítulo II de la Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados; a lo relativo a Medidas de Apremio Y Responsabilidades, Título Noveno De las Medidas de Apremio y Responsabilidades Administrativas del Capítulo Único de los Lineamientos Generales de Protección de Datos Personales para el Sector Público.

Nombre y Firma del paciente

Nombre y firma de familiar responsable