

29 DE DICIEMBRE 2024 VOLUMEN 38, NÚMERO 8

EDITORIAL

Un adiós sentido a un visionario: recordando al Dr. Luciano Gattinoni

TEMAS DE INVESTIGACIÓN

Afectación tomográfica y curso clínico en nativos de elevada altitud con síndrome de distrés respiratorio agudo severo por SARS-CoV-2

Uso del Doppler transcraneal en la titulación de la presión de perfusión cerebral en pacientes con traumatismo craneoencefálico severo

Filtro adsorbente en la terapia de reemplazo renal continua. Una trampa perfecta en choque séptico: un estudio observacional retrospectivo unicéntrico del sureste mexicano

Índice de respiración rápida superficial diafragmática como predictor de *weaning* exitoso de ventilación mecánica en pacientes neurocríticos

Predicción de vía aérea difícil a través de escalas clínicas versus ultrasonográficas

Relación de la hiperreflexia con los biomarcadores antiangiogénicos y proangiogénicos (sFlt-1, PIGF) en preeclampsia con criterios de severidad y eclampsia

Posición anatómica de grandes vasos en pacientes obstétricas y su relación con el embarazo

Protocolo LUS ultrasonográfico como predictor para retiro de la ventilación mecánica asistida en la Unidad de Cuidados Intensivos de una Unidad de Especialidades Médicas de un hospital público

Correlación de la presión intracraneal a través del Doppler transcraneal y el catéter intraparenquimatoso en lesión neurológica aguda

Predicción no invasiva de hipertensión pulmonar en pacientes de la UCI usando elevación pasiva de piernas y ecografía Doppler

Eficacia clínica del tratamiento antihipertensivo intravenoso con labetalol versus hidralazina en preeclampsia severa en la unidad de terapia intensiva obstétrica



CASOS CLÍNICOS

Coccidioidomycosis en paciente inmunosuprimido por trasplante renal. A propósito de un caso

Implicaciones cardiopulmonares de la ventilación mecánica invasiva en cardiopatía congénita. Reporte de caso y revisión de la bibliografía

Indizada e incluida en:

Medigraphic: Literatura Biomédica · PERIODICA: Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias, UNAM · LATINDEX: Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal · Biblioteca Virtual en Salud (BVS, Brasil) · Universitätsbibliothek Regensburg, Alemania · Biblioteca de la Universidad Federal de São Paulo, Brasil · Biblioteca del Instituto de Investigaciones Biomédicas, UNAM · Biblioteca del Instituto de Biotecnología, UNAM · Biblioteca de la Universidad Norte de Paraná, Brasil · Biblioteca Médica Estatal del Ministerio de Patrimonio y Cultura, Italia · Universidad de Lausanne, Suiza · Fundación Ginebrina para la Formación y la Investigación Médica, Suiza · Asociación Italiana de Bibliotecas (ALB) · Google Académico · SciELO.



Convocatoria Nacional Premio Académico «Dr. Mario Shapiro» 2025

LII Congreso Anual COMMEC
Noviembre 4 al 8, 2025
Poliforum. León, Guanajuato

Los trabajos de investigación participantes se premiarán de la siguiente manera:

Primer lugar: diploma, \$40,000 (cuarenta mil pesos, 00/100 M.N.) y publicación expedita en la Revista Medicina Crítica.

Segundo lugar: diploma y \$30,000 (treinta mil pesos, 00/100 M.N.) y publicación expedita en la Revista Medicina Crítica.

Tercer lugar: diploma y \$20,000 (veinte mil pesos, 00/100 M.N.) y publicación expedita en la Revista Medicina Crítica.

BASES PARA LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

1. Podrán participar médicos investigadores de la especialidad (residentes o adscritos) que estén en servicio activo en instituciones hospitalarias de enseñanza e investigación se extiende a cualquier país y que sean socios activos del COMMEC.
2. **El primer autor será, en todos los casos**, un médico residente de la especialidad, quien estará obligado a presentar el trabajo dentro del programa del congreso.
3. El primer autor podrá o no ser el autor responsable del trabajo.
4. COMMEC extenderá el diploma y el premio a nombre del primer autor del trabajo ganador.
5. Podrán participar trabajos originales e inéditos relevantes para la Medicina Crítica (investigación básica o clínica).
6. Los artículos deberán ser escritos en español, acorde con las normas de la Real Academia de la Lengua, y con términos científicos y técnicos de aceptación general y uso común, utilizando una base gramatical correcta.
7. Todos los trabajos concursantes se presentarán en este año de acuerdo a los lineamientos establecidos.

PRESENTACIÓN GENERAL

Los artículos deberán enviarse a través del editor Web en línea disponible en: <https://revision.medicographic.com/RevisionMedCri/>

Una vez en el editor en línea, es importante que seleccione el tipo de artículo y elija: «Premio M. Shapiro». Proceda a copiar y pegar el texto del trabajo de acuerdo con las secciones que le sean indicadas.

No deberá incluirse en el texto el nombre de la institución hospitalaria donde el estudio fue realizado, ya que la revisión será estrictamente anónima. Aprovechamos para enfatizar la importancia de cumplir con los lineamientos establecidos que deberán ser mantenidos en todas y cada una de las diferentes secciones del trabajo. No se anotará el apellido del primer autor en las hojas subsecuentes. En la sección de dirección de correspondencia, no olvide incluir uno o dos correos electrónicos y teléfonos de contacto para, en caso necesario, poder contactarlo.

Componentes del escrito

1. Página del título (hoja frontal). Primera página.
Título: máximo 120 caracteres en español e inglés. Sin abreviaturas.
2. Autores. Segunda página.
Nombre completo de los autores (máximo seis). Escribir primero nombre seguido por los apellidos paterno y materno, el puesto que desempeñan y hospital e institución donde se efectuó el trabajo.
3. Dirección de correspondencia: nombre, dirección completa con código postal, **teléfono fijo, teléfono celular** y correo electrónico del autor responsable.

3. Título corto (para las cornisas). Tercera página.
4. Patrocinios. Relación de conflictos de interés. Cuarta página.
5. Resumen en español y palabras clave. Quinta página.
6. Resumen en inglés y palabras clave. Sexta página.
7. Texto. Séptima página en adelante.
 - a. Introducción.
 - b. Materiales (pacientes) y métodos.
 - c. Resultados.
 - d. Discusión y conclusiones.
8. Bibliografía en formato Vancouver.
9. Leyendas de las figuras, leyendas de las tablas, etcétera.
10. Figuras, tablas, etcétera (no más de cuatro) (van por separado, no deben incluirse en el texto)*
11. Transferencia de derechos de autor.*
12. Copia de aceptación por el Comité de Ética en Investigación de la Institución de Salud.*
13. Relación desglosada autor por autor, donde se señale qué hizo cada uno de los coautores, con la firma de todos y cada uno de ellos.*

*Todos estos documentos deberán ir en un sólo archivo de PDF.

El escrito deberá ser enviado con letra estilo Arial 12 puntos, interlineado de 1.5, hoja tamaño carta, márgenes de 2 cm. No deberá enviarse en ningún otro formato.

El trabajo deberá estar totalmente listo para la publicación. Aquéllos que no cumplan con alguno de los puntos mencionados, serán descartados automáticamente.

1. Los trabajos no premiados, pero que alcancen una calificación razonable, serán también publicados en fecha posterior, previa adecuación de las observaciones del Comité Editorial de Medicina Crítica.
2. El jurado calificador será designado por el Comité Científico de la revista, e informará a más tardar el **20 de octubre de 2025** su veredicto a los triunfadores.
3. Dicho veredicto será de carácter inapelable y, a juicio del mismo, el premio podrá declararse desierto.
4. El trabajo que obtenga el Primer Lugar del Concurso Académico presentará su trabajo en extenso en una sesión especial el último día del Congreso Nacional, independientemente de la presentación en la sesión de trabajos libres.
5. Los trabajos ganadores del primer, segundo y tercer lugar recibirán el diploma y premio correspondiente en la Ceremonia de Clausura del LII Congreso del Colegio Mexicano de Medicina Crítica, A.C., el cual se celebrará del 04 al 08 de noviembre del presente año.
6. Los puntos no previstos en la presente convocatoria serán resueltos por el Comité Científico del Colegio Mexicano de Medicina Crítica, A. C.

La recepción de los trabajos queda abierta a partir de la aparición de la presente convocatoria y se cerrará a las 11:59 horas del día 20 de septiembre del año en curso, sin prórroga alguna y sin excepciones. Los trabajos deberán presentarse en el formato que se indique (póster, video póster, oral) con una duración de diez minutos en la fecha, lugar y hora indicados, así como con las especificaciones señaladas.

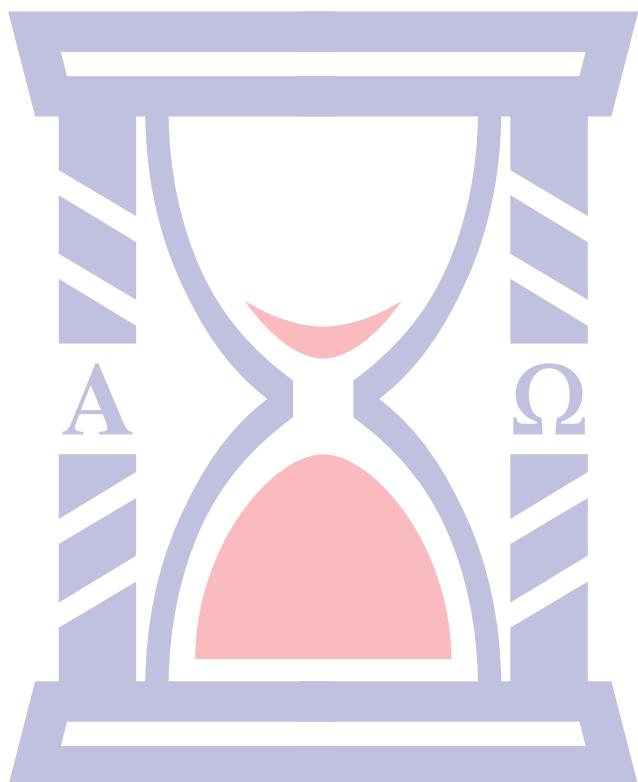
Los resultados serán publicados en la página del Congreso el 20 de octubre, 2025.

MEDICINA CRÍTICA

COLEGIO MEXICANO DE MEDICINA CRÍTICA, A.C.



29 DE DICIEMBRE 2024 VOLUMEN 38, NÚMERO 8



Indizada e incluida en:

Medigraphic: Literatura Biomédica • PERIODICA: Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias, UNAM • LATINDEX: Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal • Biblioteca Virtual en Salud (BVS, Brasil) • Universitätsbibliothek Regensburg, Alemania • Biblioteca de la Universidad Federal de São Paulo, Brasil • Biblioteca del Instituto de Investigaciones Biomédicas, UNAM • Biblioteca del Instituto de Biotecnología, UNAM • Biblioteca de la Universidad Norte de Paraná, Brasil • Biblioteca Médica Estatal del Ministerio de Patrimonio y Cultura, Italia • Universidad de Lausanne, Suiza • Fundación Ginebrina para la Formación y la Investigación Médica, Suiza • Asociación Italiana de Bibliotecas (AIB) • Google Académico • SciELO.

MEDICINA CRÍTICA

COLEGIO MEXICANO DE MEDICINA CRÍTICA, A.C.

Antes Revista de la Asociación Mexicana de Medicina Crítica y Terapia Intensiva

Órgano Oficial del Colegio Mexicano de Medicina Crítica, A. C.
(antes Asociación Mexicana de Medicina Crítica y Terapia Intensiva, A. C.)

*Official Journal of the Mexican College of Critical Care Medicine, A. C.
(former Mexican Association of Critical and Intensive Care Medicine, A. C.)*

Cuerpo Editorial

Editor

Dr. José Javier Elizalde González

Coeditor

Dr. Fernando Molinar Ramos

Editores asociados

Dra. Janet Silvia Aguirre Sánchez
Acad. Dr. Pablo Álvarez Maldonado
Dr. Ángel Carlos Bassols Ricardez
Acad. Dr. Raúl Carrillo Esper
Dr. Franklin V. Villegas Játiva

Editores honorarios

Dr. Guillermo Díaz Mejía[†]
Dr. Juan Pescina Casas[†]
Dr. Ignacio Morales Camporredondo[†]
Dr. Jesús Martínez Sánchez
Dr. Javier Ramírez Acosta
Dr. Elpidio Cruz Martínez[†]
Acad. Dr. Manuel Antonio Díaz de León Ponce
Acad. Dr. José J. Elizalde González

Comité Editorial Nacional

Dr. Héctor Javier Alfaro Rodríguez
Dra. Yazmín Fabiola Borquez López
Acad. Dr. Jesús Carlos Briones Garduño
Dr. Ricardo Campos Cerdá
Dra. Reyna Carbajal Serrano
Acad. Dr. Raúl Carrillo Esper
Dr. Guillermo Castorena Arellano
Dr. Ulises Wilfrido Cerón Díaz
Dra. María Chacón Gómez
Dr. Carlos Eduardo Chávez Pérez
Dr. César Cruz Lozano
Dra. Vanessa Fuchs Tarlovsky
Dra. Guadalupe Gómez García
Dra. Ma. Natalia Gómez González
Dra. Yazmín Guillén Dolores
Dra. Carmen M. Hernández Cárdenas
Dr. José Antonio Hernández Pacheco
Dra. Braulia Aurelia Martínez Díaz
Dr. Ricardo Martínez Zubieta

Dr. Julio César Mijangos Méndez
Dr. Enrique Monares Zepeda
Dr. Marco Antonio Montes de Oca Sandoval
Dra. María del Rosario Muñoz Ramírez
Dr. Miguel Ángel Nares Tórices
Dr. Paul Palacios Moguel
Dr. Axel Pedraza Montenegro
Dr. César Alejandro Rojas Gómez
Dra. Cecilia Rodríguez Zárate
Dra. Andrea Rugerio Cabrera
Dr. Giovanni Sanabria Trujillo
Dr. Jorge R. Sánchez Medina
Dr. Víctor Manuel Sánchez Nava
Dr. Raúl Soriano Orozco
Dr. Otoniel Toledo Salinas
Dr. Juan Pablo Vázquez Mathieu
Dr. Armando Vázquez Rangel
Dr. Jesús Zúñiga Sedano

Comité Internacional

Dr. Jhon Jairo Botello Jaimes (Colombia)



Colegio Mexicano de Medicina Crítica, A.C.

Consejo Directivo 2023-2024

Presidente

Dr. José Javier Elizalde González

Vicepresidente

Dra. Martha Susana Pérez Cornejo

Primer Secretario Propietario

Dr. José Antonio Luviano García

Primer Secretario Suplente

Dra. María Chacón Gómez

Segundo Secretario Propietario

Dra. Dulce María D'Ector Lira

Segundo Secretario Suplente

Dra. Claudia Ivette Olvera Guzmán

Tesorero

Dra. María del Rosario Muñoz Ramírez

Subtesorero

Dr. Enrique Monares Zepeda

Comisiones

Comisión de Gestión y Calidad

Comisión de Planificación

Comisión de Educación

Comisión de Página Web y Medios Electrónicos

Comisión de Relaciones Internacionales

Comisión de Credenciales/Membresías

Comisión Editorial

Comisión de Filiales

Coordinador: Dr Enrique Olivares Durán

Comisión de Ética

Sesiones mensuales

Coordinador: Dr. César Alejandro Rojas Gómez

Comisión de Honor y Justicia

Medicina Crítica, Vol. 38, No. 8, 29 de Diciembre 2024, es una publicación sesquimensual (ocho números al año), editada y distribuida por el Colegio Mexicano de Medicina Crítica, A.C. Cincinnati 40, Col. Noche Buena, 03720, Alcaldía Benito Juárez, Ciudad de México, México. Tel: 55 5611-2585, contacto@commc.org.mx. Editor responsable: Dr. José Javier Elizalde González. Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2016-101119141500-102, e-ISSN (en trámite), ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Arte, diseño, composición tipográfica y formación por **Graphimed, SA de CV**, Coquimbo 936, Col. Lindavista Norte, 07300, Alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México, México. Tels: 55 8589-8527 al 32. Correo electrónico: graphimed@medgraphic.com. Responsable de la última actualización de este número Departamento de Internet, Graphimed, S.A. de C.V., Dra. Ma de la Luz Rosales Jiménez. Fecha de última modificación, el 28 de enero de 2025. El contenido de los artículos, así como las fotografías son responsabilidad exclusiva de los autores. La reproducción parcial o total sólo podrá hacerse previa autorización del editor de la revista. Toda correspondencia debe ser dirigida al editor responsable.

Disponible en versión completa en <http://www.medigraphic.com/medicinacritica>

EDITORIAL / EDITORIAL / EDITORIAL

628 **Un adiós sentido a un visionario: recordando al Dr. Luciano Gattinoni**

A heartfelt farewell to a visionary: remembering Dr. Luciano Gattinoni

Uma despedida sincera a um visionário: recordando o Dr. Luciano Gattinoni

José J Zaragoza

TEMAS DE INVESTIGACIÓN / RESEARCH WORKS / OS TEMAS DE INVESTIGAÇÃO

632 **Afectación tomográfica y curso clínico en nativos de elevada altitud con síndrome de distrés respiratorio agudo severo por SARS-CoV-2**

Tomographic involvement and clinical course in high-altitude natives with severe acute respiratory distress syndrome due to SARS-CoV-2

Afetação tomográfica e evolução clínica em nativos de grandes altitudes com síndrome de dificuldade respiratória aguda grave por SARS-CoV-2

Cándida Yasmín Jiménez Guevara, Netzahualcóyotl González Pérez, Lilia López Carrillo, Oliver Yemen Domínguez Flores, Jadiel Almaraz Ruiz, Héctor Carlos Camacho Aguirre

636 **Uso del Doppler transcraneal en la titulación de la presión de perfusión cerebral en pacientes con traumatismo craneoencefálico severo**

Use of transcranial Doppler in the titration of cerebral perfusion pressure in patients with severe traumatic brain injury

Uso do Doppler transcraniano na titulação da pressão de perfusão cerebral em pacientes com traumatismo cranioencefálico grave

Olga Daniela Velázquez Gutiérrez, Alberto Vázquez Aguilar, Abad Quetzalcóatl Ortega Pérez, Víctor Alfonzo Sarmiento Castillo, Laura Soraya Valle, Alejandro Negrete Peña

644 **Filtro adsorbente en la terapia de reemplazo renal continua. Una trampa perfecta en choque séptico: un estudio observacional retrospectivo unicéntrico del sureste mexicano**

Adsorbent filter in the continuous renal replacement therapy. The perfect trap in septic shock: an observational retrospective unicentric study from the Mexican southeast

Filtro adsorvente na terapia de substituição renal contínua. Uma armadilha perfeita no choque séptico: um estudo observacional retrospectivo unicêntrico do Sudeste mexicano

Jorge López Fermín, Kipsia Elizabeth Vásquez Añas, Iveth Soledad Zamora Guevara, Blanca Flor Zavaleta Hernández

650 **Índice de respiración rápida superficial diafragmática como predictor de weaning exitoso de ventilación mecánica en pacientes neurocríticos**

Rapid diaphragmatic superficial breathing index as a predictor of successful weaning of mechanical ventilation in neurocritical patients

Índice respiratório rápido e superficial diafrágmático como preditor de weaning exitoso da ventilação mecânica em pacientes neurológicos

Francisco Alberto Rodríguez Lee, David Rubio Payan, Idania Yael Trias Bonilla, Manuel Salvador Aguilera Rosas

659 **Predicción de vía aérea difícil a través de escalas clínicas versus ultrasonográficas**

Prediction of difficult airway by clinical versus ultrasonographic scales

Previsão da via aérea difícil através de escalas clínicas versus escalas ultra-sonográficas

Hernán Abi Reyes Mendoza, Felipe de Jesús Montelongo, Rafael Tapia Velasco, Jonathan Galindo Ayala, Blanca Estela Herrera Morales, Jorge Arturo Nava López, Martín Eduardo Mendoza Herrera

664 **Relación de la hiperreflexia con los biomarcadores antiangiogénicos y proangiogénicos (sFlt-1, PIGF) en preeclampsia con criterios de severidad y eclampsia**

Relationship of hyperreflexia with antiangiogenic and proangiogenic biomarkers (sFlt-1, PIGF) in preeclampsia with severity criteria and eclampsia

Relação da hiperreflexia com os biomarcadores antiangiogênicos e proangiogênicos (sFlt-1, PIGF) na pré-eclâmpsia com critérios de gravidade e eclâmpsia

Aldo Zúñiga Ramírez, Felipe de Jesús Montelongo, Araceli Suárez Suárez, Jonathan Galindo Ayala, Blanca Estela Herrera Morales, Nancy Mariana Calderón Magallán

MEDICINA CRÍTICA

COLEGIO MEXICANO DE MEDICINA CRÍTICA, A.C.

669 Posición anatómica de grandes vasos en pacientes obstétricas y su relación con el embarazo

Anatomical position of large vessels in obstetric patients and its relationship with pregnancy

Posição anatômica dos grandes vasos em pacientes obstétricas e sua relação com a gravidez

Verónica Molina Reyes, Felipe de Jesús Montelongo, Rafael Tapia Velasco, Jonathan Galindo Ayala, Blanca Estela Herrera Morales, Alfonso Salazar Mendoza

674 Protocolo LUS ultrasonográfico como predictor para retiro de la ventilación mecánica asistida en la Unidad de Cuidados Intensivos de una Unidad de Especialidades Médicas de un hospital público

Ultrasonographic LUS protocol as a predictor for withdrawal of assisted mechanical ventilation in the Intensive Care Unit of a Medical Specialties Unit of a public hospital

Protocolo LUS ultrassonográfico como preditor para retirada da ventilação mecânica assistida na Unidade de Terapia Intensiva de uma Unidade de Especialidades Médicas de um hospital público

Edgardo Gutiérrez Ceballos, Hugo Benjamín Gurrola García, José Salvador Guzmán Casas, Iran Arce Chavez, Elida Moran Guel, Javier Adrián Reyes Rodríguez

680 Correlación de la presión intracraneal a través del Doppler transcraneal y el catéter intraparenquimatoso en lesión neurológica aguda

Correlation of intracranial pressure through transcranial Doppler and intraparenchymal catheter in acute neurological injury

Correlação da pressão intracraniana por Doppler transcraniano e cateter intraparenquimatoso na lesão neurológica aguda

Erick Alán Mercado Aragón, Felipe de Jesús Montelongo, Araceli Suárez Suárez, Jonathan Galindo Ayala, Blanca Estela Herrera Morales, Martín Eduardo Mendoza Herrera

684 Predicción no invasiva de hipertensión pulmonar en pacientes de la UCI usando elevación pasiva de piernas y ecografía Doppler

Non-invasive prediction of pulmonary hypertension in ICU patients using passive leg elevation and Doppler ultrasound

Previsão não invasiva da hipertensão pulmonar em pacientes internados na UTI utilizando a elevação passiva das pernas e a ultrassonografia Doppler

Andrés Gibrán Salcedo Malagón, Alejandro Pizaña Dávila, Agustín Eduardo Jaramillo Solís

688 Eficacia clínica del tratamiento antihipertensivo intravenoso con labetalol versus hidralazina en preeclampsia severa en la unidad de terapia intensiva obstétrica

Clinical efficacy of intravenous antihypertensive treatment with labetalol versus hydralazine in severe preeclampsia in obstetric intensive care unit

Eficácia clínica do tratamento anti-hipertensivo intravenoso com labetalol versus hidralazina na pré-eclâmpsia grave na unidade de terapia intensiva obstétrica

Abad Quetzalcóatl Ortega Pérez, Raúl Palacios Pacheco, Gerardo Efraín Téllez Becerril, Priscila Magaly Jiménez Castellanos, Laura Soraya Gaona Valle

CASOS CLÍNICOS / CLINICAL CASES / CASOS CLÍNICOS

694 Coccidioidomycosis en paciente inmunosuprimido por trasplante renal. A propósito de un caso

Coccidioidomycosis in a renal transplant immunosuppressed patient. A case report

Coccidioidomicose em paciente imunossuprimido por transplante renal. Em relação a um caso

Nuvia R Chávez-Sánchez, Ana K Carballo, Michel I Ruiz-León

698 Implicaciones cardiopulmonares de la ventilación mecánica invasiva en cardiopatía congénita. Reporte de caso y revisión de la bibliografía

Cardiopulmonary implications of invasive mechanical ventilation in congenital cardiopathy. Case report and review of the literature

Implicações cardiopulmonares da ventilação mecânica invasiva em doença cardíaca congénita. Relato de caso e revisão da literatura

Beatriz Cruz Muñoz, Yaisel Piñeiro Pérez, Edgar Xavier Martínez Guerrero



Un adiós sentido a un visionario: recordando al Dr. Luciano Gattinoni

A heartfelt farewell to a visionary: remembering Dr. Luciano Gattinoni

Uma despedida sincera a um visionário: recordando o Dr. Luciano Gattinoni

José J Zaragoza*

Con profunda tristeza, la comunidad mundial de la medicina crítica, y de manera particular el Colegio Mexicano de Medicina Crítica (COMMEC), lamenta el reciente fallecimiento del Dr. Luciano Gattinoni. Su partida deja un vacío imborrable en el campo de los cuidados intensivos, especialidad a la que dedicó su vida con una pasión inigualable y una mente brillante. Su participación en diversas ocasiones en el Congreso Nacional de Medicina Crítica, así como la consideración que se tenía de él como una persona cercana al Colegio, hacen que su pérdida sea sentida de manera especial por todos los que formamos parte del COMMEC. La influencia del Dr. Gattinoni trascendió fronteras, impactando la práctica clínica y la investigación en medicina intensiva de forma profunda y duradera.

UNA VIDA DEDICADA AL AVANCE DE LA MEDICINA CRÍTICA

Primeros años, educación y el nacimiento de un pionero

Luciano Gattinoni nació en Milán, Italia, el 12 de enero de 1945.¹ Su trayectoria vital culminó el 2 de diciembre de 2024,² dejando tras de sí un legado científico y humano extraordinario. Sus años de formación inicial en Milán, donde cursó estudios de bachillerato con un enfoque en humanidades clásicas, moldearon profundamente su pensamiento.³ Esta base educativa, inusual para un médico, sugiere una amplitud intelectual que pudo haber enriquecido su perspectiva y fomentado su capacidad para abordar los desafíos médicos con una visión innovadora.

Posteriormente, en 1969, obtuvo su título de médico con honores de la Universidad de Milán, presentando una tesis sobre el síndrome de Cushing.² Su compromiso con la medicina se manifestó desde sus primeros años. Tras completar su servicio militar obligatorio como oficial médico en las tropas alpinas, una experien-

cia que solía recordar con su característico humor,³ se especializó en Anestesia y Reanimación en 1974.²

Los años formativos y la creciente influencia en Cuidados Intensivos

En una época en la que la medicina intensiva era una disciplina prácticamente desconocida en Italia, el Dr. Gattinoni se sintió inmediatamente atraído por este campo emergente.³ Su espíritu pionero lo llevó a unirse a un grupo de jóvenes y brillantes médicos en el Ospedale Maggiore Ca' Granda de Milán, con la determinación de establecer y desarrollar esta nueva especialidad.³ En este entorno de innovación y energía juvenil, el equipo liderado por el Profesor Giorgio Damia cultivó un espíritu de colaboración que perduró a lo largo del tiempo.³

Desde sus inicios, el Dr. Gattinoni y sus colegas adoptaron un enfoque basado en la fisiología, guiados por la premisa fundamental de «medir, medir, medir».³ Esta insistencia en la medición y la comprensión de los mecanismos subyacentes de la enfermedad se convirtió en un sello distintivo de su trabajo. Su búsqueda incansable por entender la fisiopatología de las condiciones críticas lo llevó a buscar oportunidades para ampliar sus conocimientos y experiencia a nivel internacional. Entre 1975 y 1977, realizó una estancia como investigador en los Institutos Nacionales de Salud (NIH) en Bethesda, EE. UU.² Allí, colaboró estrechamente con el Dr. Theodor «Ted» Kolobow, pionero en el desarrollo de la oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO), centrándose en la remoción extracorpórea de CO₂.⁴

Esta colaboración con el Dr. Kolobow resultó fundamental en la formación de su visión sobre el tratamiento de la insuficiencia respiratoria aguda. Juntos, identificaron que los resultados decepcionantes de los primeros estudios sobre ECMO se debían al uso de altos volúmenes tidales y frecuencias respiratorias durante el soporte extracorpóreo. De esta observación surgió un concepto revolucionario: la protección y el descanso pulmonar.³ El Dr. Gattinoni y el Dr. Kolobow argumentaron que el enfoque no debía centrarse únicamente en el intercambio de gases o el rendimiento de la máquina, sino en utilizar la herramienta adecuada de la manera correcta.³ Su idea de que un pulmón artificial, al eliminar el CO₂ de la sangre, podía ofrecer una libertad com-

* Hospital H+ Querétero. Vicepresidente del Colegio Mexicano de Medicina Crítica.

Citar como: Zaragoza JJ. Un adiós sentido a un visionario: recordando al Dr. Luciano Gattinoni. Med Crit. 2024;38(8):628-631. <https://dx.doi.org/10.35366/120007>

pleta en el manejo ventilatorio sentó las bases para las estrategias modernas de ventilación protectora durante el soporte respiratorio extracorpóreo.³

CONTRIBUCIONES FUNDAMENTALES A LA MEDICINA CRÍTICA

El revolucionario concepto del «pulmón de bebé» y su impacto en las estrategias de ventilación

Una de las contribuciones más trascendentales del Dr. Gattinoni fue la introducción del concepto del «pulmón de bebé».² Basándose en hallazgos obtenidos mediante tomografía computarizada (TC) en pacientes con síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA), observó que el tejido pulmonar normalmente aireado era significativamente menor de lo esperado, similar en tamaño al pulmón de un bebé.⁵ Además, demostró que el SDRA no era una condición homogénea caracterizada por pulmones rígidos, sino una enfermedad heterogénea con áreas de pulmón colapsadas y otras relativamente conservadas.⁶

Este concepto revolucionó la comprensión de la fisiopatología del SDRA.⁷ En lugar de un pulmón uniformemente enfermo, el Dr. Gattinoni describió un pulmón funcionalmente pequeño que debía satisfacer las necesidades fisiológicas de un adulto.⁵ Esta nueva perspectiva tuvo un impacto directo en las estrategias de ventilación mecánica, promoviendo el uso de volúmenes tidales más bajos y presiones inspiratorias limitadas para evitar la sobredistensión del «pulmón de bebé» y minimizar el daño inducido por el ventilador.² Su trabajo enfatizó la importancia de adaptar la ventilación al tamaño del pulmón funcional y no simplemente al peso corporal ideal.⁵ La introducción del concepto del «pulmón de bebé» representó un cambio de paradigma fundamental en el manejo del SDRA, alejándose de la idea de un pulmón uniformemente rígido hacia el reconocimiento de su heterogeneidad y la necesidad de una ventilación más suave y protectora.

Pionero en el uso de la posición prono

El Dr. Gattinoni fue reconocido como el «Padre de la Posición Prono»,² debido a su destacada labor en la investigación y promoción de esta técnica en el manejo del SDRA. Su investigación demostró que la posición prona mejora la oxigenación en pacientes con SDRA al redistribuir las densidades pulmonares de las regiones dorsales a las ventrales.² Esta redistribución conduce a una inflación pulmonar más homogénea y, por lo tanto, a un mejor intercambio de gases.⁸

A principios de este siglo, el Dr. Gattinoni lideró el primer estudio clínico aleatorizado sobre la posición prona en pacientes con SDRA, cuyos resultados alentadores

fueron confirmados posteriormente por otros investigadores.⁶ Hoy en día, la posición prona se considera una intervención altamente recomendada en pacientes con SDRA grave, ofreciendo una ventaja significativa en la supervivencia.⁸ Su trabajo no sólo dilucidó los mecanismos fisiológicos detrás de la efectividad de la posición prona, sino que también proporcionó la evidencia clínica necesaria para su adopción generalizada en la práctica clínica. La investigación del Dr. Gattinoni transformó el manejo del SDRA severo, convirtiendo la posición prona en una herramienta fundamental para mejorar la oxigenación y la supervivencia de estos pacientes.

Avances en la Oxigenación por Membrana Extracorpórea (ECMO) y el descanso pulmonar

Desde los inicios de su carrera, el Dr. Gattinoni se interesó en la remoción extracorpórea de CO₂ como una estrategia para permitir el descanso pulmonar en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda.¹ Su visión sobre el tratamiento de la insuficiencia respiratoria grave reconocía la importancia no sólo de proporcionar un adecuado intercambio de gases, sino también de minimizar el daño pulmonar inducido por la ventilación mecánica. Su colaboración con el Dr. Kolobow en el NIH fue crucial para desarrollar la idea de la protección y el descanso pulmonar durante el soporte con ECMO.³

El Dr. Gattinoni comprendió que, en los casos más graves de insuficiencia respiratoria, era necesario ir más allá de la ventilación mecánica convencional para permitir que los pulmones se recuperaran. Su trabajo sentó las bases para las estrategias modernas de ventilación protectora que se utilizan durante el soporte respiratorio extracorpóreo.¹ Al enfatizar la necesidad de reducir al mínimo la agresión mecánica al pulmón lesionado, contribuyó significativamente a la evolución de la ECMO como una terapia viable para pacientes con insuficiencia respiratoria grave. Su enfoque en el descanso pulmonar y la ventilación suave durante la ECMO ha sido fundamental para mejorar los resultados clínicos en esta población de pacientes.

La importancia de poder mecánico en la lesión pulmonar inducida por el ventilador

En su búsqueda por comprender los mecanismos por los cuales la ventilación mecánica puede causar daño pulmonar, el Dr. Gattinoni integró diversos parámetros ventilatorios, como el volumen tidal, la presión, la frecuencia respiratoria y el flujo, en el concepto de poder mecánico.⁷ Su investigación demostró que un mayor poder mecánico se asocia con un peor pronóstico en pacientes con SDRA, lo que sugiere que este parámetro podría utilizarse como objetivo para lograr una ventilación mecánica más segura.⁶

El concepto de poder mecánico proporcionó un marco unificador para entender cómo la energía entregada por el ventilador mecánico al parénquima pulmonar puede contribuir a la lesión pulmonar inducida por el ventilador (VILI).⁴ Al integrar diferentes variables ventilatorias en una sola métrica, el Dr. Gattinoni ofreció una perspectiva más completa sobre cómo optimizar la ventilación mecánica para minimizar el riesgo de VILI. Su trabajo en este campo ha tenido un impacto significativo en la forma en que los clínicos abordan la ventilación mecánica, promoviendo estrategias que buscan reducir el poder mecánico aplicado al pulmón.

UNA CONEXIÓN CON EL COLEGIO MEXICANO DE MEDICINA CRÍTICA

Participación en el Congreso Nacional de Medicina Crítica: recuerdos y perspectivas

La información proporcionada indica que el Dr. Gattinoni participó en varias ocasiones en el Congreso Nacional de Medicina Crítica y era considerado una persona cercana al COMMEC. También era frecuente su participación en reuniones y congresos en Brasil y Latinoamérica,⁶ lo cual sugiere un compromiso continuo con la comunidad de medicina crítica de la región. Su presencia en estos eventos, donde compartía sus conceptos sobre el SDRA y la ventilación mecánica, debió haber sido de gran valor para los profesionales mexicanos.

Además, el Dr. Gattinoni fue Presidente de la Federación Mundial de Sociedades de Medicina Intensiva y Cuidados Críticos (*World Federation of Societies of Intensive and Critical Care Medicine*) entre 1997 y 2001.² Su liderazgo fortaleció los lazos y la colaboración entre él y la comunidad mexicana de medicina crítica. Su participación en la federación y su reconocimiento internacional como líder en el campo facilitaron su conexión con diversas sociedades nacionales, incluyendo la mexicana.

La descripción del Dr. Gattinoni como una «persona cercana» al COMMEC⁴ se ve respaldada por su reputación como una figura cálida, accesible e influyente.² Los testimonios de sus colegas resaltan su amabilidad y su claridad conceptual al compartir sus conocimientos.⁶ Su disposición para viajar y participar en eventos académicos en Latinoamérica, incluyendo México, demuestra el interés que tuvo en la difusión del conocimiento y su compromiso con el desarrollo de la medicina crítica en la región.

Esta conexión formal, sumada a su personalidad carismática y su pasión por la enseñanza, probablemente generó un vínculo personal y profesional significativo entre el Dr. Gattinoni y la comunidad mexicana de intensivistas. Los valores que él encarnaba, como la búsqueda constante de la verdad científica, la dedicación a la me-

jora de la atención al paciente crítico y el espíritu de colaboración, son sin duda compartidos por el COMMEC.

EL LEGADO DURADERO DEL DR. LUCIANO GATTINONI

Transformando la Práctica Clínica e inspirando a las futuras generaciones

La investigación del Dr. Gattinoni sobre la ventilación protectora, la posición prona y el soporte extracorpóreo ha tenido un impacto incalculable en la práctica clínica, salvando innumerables vidas en el ámbito mundial, especialmente durante la pandemia de COVID-19.¹ Su concepto del «pulmón de bebé» revolucionó la comprensión y el tratamiento del SDRA,² y su trabajo sobre el poder mecánico continúa influyendo en la forma en que los clínicos abordan la ventilación mecánica para minimizar la lesión pulmonar inducida por el ventilador.⁶ Sus contribuciones no fueron meramente teóricas; se tradujeron directamente en mejores prácticas clínicas y resultados para los pacientes críticamente enfermos en todo el mundo. Sus conceptos y hallazgos se han convertido en pilares fundamentales de la medicina intensiva moderna.

El Dr. Gattinoni fue un mentor y educador dedicado que inspiró y formó a generaciones de intensivistas e investigadores.² Su pasión por la ciencia y la atención al paciente era contagiosa,¹ y fomentó la lealtad y la colaboración entre sus colegas.⁴ Su estilo de enseñanza informal y su habilidad para explicar conceptos complejos de manera sencilla lo convirtieron en un profesor extraordinario.³ Más allá de sus logros científicos, el Dr. Gattinoni fue un líder inspirador y un mentor que cultivó un espíritu de colaboración e investigación dentro de la comunidad de medicina crítica. Su influencia perdura a través de los numerosos clínicos e investigadores a los que guio.

El Dr. Gattinoni fue autor de más de 500-600 artículos revisados por pares y numerosos capítulos de libros.² Dictó más de 1,000 conferencias en todo el mundo.⁷ Desempeñó cargos de liderazgo como Presidente de la Sociedad Europea de Medicina Intensiva (ESICM), la Federación Mundial de Sociedades de Medicina Intensiva y Cuidados Críticos, y la Sociedad Italiana de Anestesia, Analgesia, Reanimación y Cuidados Intensivos.² Recibió numerosos galardones, incluyendo el Ambrogino d’Oro de la ciudad de Milán, membresías honorarias en sociedades internacionales y premios a la trayectoria de instituciones europeas y americanas.² Su índice h alcanzó valores de 74,⁹ y posteriormente 100, con más de 47,000 citas.⁷ Estas cifras y reconocimientos demuestran la alta estima y el reconocimiento que recibió de la comunidad médica global por sus profundas contribuciones a la medicina crítica.

CONCLUSIÓN: UNA INSPIRACIÓN DURADERA PARA LOS LECTORES DE MEDICINA CRÍTICA

La vida y el trabajo del Dr. Luciano Gattinoni tuvieron un impacto profundo y duradero en la medicina crítica. Su visión, su rigor científico y su dedicación a la mejora de la atención al paciente crítico lo convirtieron en una figura emblemática e inspiradora para todos los que trabajamos en este campo. Su conexión con la comunidad de medicina crítica en Latinoamérica, y especialmente con el Colegio Mexicano de Medicina Crítica, es un testimonio de su espíritu generoso y su compromiso con la difusión del conocimiento en el ámbito internacional.

REFERENCIAS

1. John G. In memoriam: Professor Luciano Gattinoni (1945-2024). ESAIC. European Society of Anaesthesiology and Intensive Care; 2024. Disponible en: <https://esaic.org/in-memoriam-professor-luciano-gattinoni-1947-2024/>
2. Communication. Obituary: Luciano Gattinoni. ESICM. 2024. Disponible en: <https://www.esicm.org/obituary-luciano-gattinoni/>
3. Pesenti A, Iapichino G, Vincent JL. Luciano Gattinoni: a tribute to a pioneer in intensive care medicine. *Crit Care*. 2024;28(1):423.
4. Marini JJ. Luciano Gattinoni—A fond and grateful remembrance. *Crit Care Explor*. 2025;7(1):e1207. doi: 10.1097/CCE.0000000000001207.
5. Gattinoni L, Pesenti A. The concept of “baby lung”. *Intensive Care Med*. 2005;31(6):776-784.
6. Bugeo G, Nin N, Estenssoro E, Machado FR. Thank you, Professor Gattinoni, and have a good trip to eternity! *Crit Care Sci*. 2025;37:e20250002. doi: 10.62675/2965-2774.20250002.
7. ORCID. Orcid.org. Disponible en: <https://orcid.org/0000-0001-5380-2494>
8. Gattinoni L, Taccone P, Carlesso E, Marini JJ. Prone position in acute respiratory distress syndrome. Rationale, indications, and limits. *Am J Respir Crit Care Med*. 2013;188(11):1286-1293.
9. Speaker Biography Luciano Gattinoni Born January 12, 1945. He introduced the concept of lung rest by extracorporeal CO₂ removal. Disponible en: <https://www.cciconference2020.com/images/PDF/Luciano-Gattinoni.pdf>

Correspondencia:

José J Zaragoza

E-mail: zaragozagalvan@hotmail.com



Afectación tomográfica y curso clínico en nativos de elevada altitud con síndrome de distrés respiratorio agudo severo por SARS-CoV-2

Tomographic involvement and clinical course in high-altitude natives with severe acute respiratory distress syndrome due to SARS-CoV-2

Afetação tomográfica e evolução clínica em nativos de grandes altitudes com síndrome de dificuldade respiratória aguda grave por SARS-CoV-2

Cándida Yasmín Jiménez Guevara,* Netzahualcóyotl González Pérez,* Lilia López Carrillo,* Oliver Yemen Domínguez Flores,* Jadiel Almaraz Ruiz,* Héctor Carlos Camacho Aguirre*

RESUMEN

Introducción: en pacientes con síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) severa por SARS-CoV-2 el curso clínico parece estar influenciado por la aclimatación a la altitud.

Material y métodos: estudio observacional, retrospectivo, longitudinal, comparativo, en pacientes con SDRA severo por SARS-CoV-2. Se analizó el grado de afectación tomográfica, días de ventilación mecánica (VM), días de estancia en la unidad de cuidados intensivos (UCI), días de hospitalización y probabilidad de supervivencia en nativos de baja, media y elevada altitud.

Resultados: los nativos de baja y media altitud requirieron 4.3 días más de VM, 4.2 días más de estancia en UCI y 2.6 días más de estancia hospitalaria cuando se compararon con aquellos aclimatados a la elevada altitud ($p = 0.286$, $p = 0.302$, $p = 0.893$ respectivamente). La afectación tomográfica severa ocurrió en 100% de los pacientes nativos de baja y media altitud vs en 71.4% de los nativos de elevada altitud ($p = 0.159$). La supervivencia en nativos de baja, media y elevada altitud, fue de 50, 62.5 y 68% respectivamente ($p = 0.872$).

Conclusión: los pacientes aclimatados a la elevada altitud con SDRA severo por SARS-CoV-2 tienden a un curso clínico más favorable con una mayor supervivencia cuando se comparan con nativos de menor altitud.

Palabras clave: síndrome de distrés respiratorio agudo severo, SARS-CoV-2, altitud, supervivencia.

ABSTRACT

Introduction: in patients with severe acute respiratory distress syndrome (ARDS) due to SARS-CoV-2, the clinical course seems to be influenced by altitude acclimatization.

Material and methods: observational, retrospective, longitudinal, comparative study in patients with severe ARDS due to SARS-CoV-2. The degree of tomographic involvement, days of mechanical ventilation (MV), days of stay in the intensive care unit (ICU), days of hospitalization and probability of survival in natives of low, medium and high altitudes were analyzed.

Results: natives of low and medium altitudes required 4.3 more days of MV, 4.2 more days of stay in the ICU and 2.6 more days of hospital stay when compared with those acclimatized to high altitude ($p = 0.286$, $p = 0.302$, $p = 0.893$ respectively). Severe CT involvement occurred in 100% of patients native to low and medium altitude vs 71.4% of those native to high altitude ($p = 0.159$). Survival in natives of low, medium and high altitude was 50, 62.5 and 68% respectively ($p = 0.872$).

Conclusion: patients acclimatized to high altitude with severe ARDS due to SARS-CoV-2 tend to have a more favorable clinical course with higher survival when compared to natives of lower altitude.

Keywords: severe acute respiratory distress syndrome, SARS-CoV-2, altitude, survival.

RESUMO

Introdução: em pacientes com síndrome de dificuldade respiratória aguda grave (SDRA) devido ao SARS-CoV-2, o curso clínico parece ser influenciado pela aclimatação à altitude.

Material e métodos: estudo observacional, retrospectivo, longitudinal e comparativo em pacientes com SDRA grave por SARS-CoV-2. Foram analisados o grau de comprometimento tomográfico, dias de ventilação mecânica (VM), dias de permanência na unidade de terapia intensiva (UTI), dias de internação e probabilidade de sobrevida em nativos de baixa, média e alta altitude.

Resultados: os nativos de baixa e média altitude necessitaram de 4.3 dias a mais de VM, 4.2 dias a mais de internação na UTI e 2.6 dias a mais de internação hospitalar quando comparados aos aclimatados a alta altitude ($p = 0.286$, $p = 0.302$, $p = 0.893$ respectivamente). A afetação tomográfica grave ocorreu em 100% dos pacientes nativos de baixa e média altitude vs. 71.4% dos pacientes nativos de alta altitude ($p = 0.159$). A sobrevida em nativos de baixa, média e alta altitude foi de 50%, 62.5% e 68% respectivamente ($p = 0.872$).

Conclusão: pacientes aclimatados a grandes altitudes com SDRA grave devido ao SARS-CoV-2 tendem a ter uma evolução clínica mais favorável e com maior sobrevida quando comparados aos nativos de menores altitudes.

Palavras-chave: SDRA grave, SARS-CoV-2, altitude, sobrevida.

Abreviaturas:

SRA = síndrome de dificultad respiratoria aguda

PaO₂ = presión parcial de oxígeno

SaO₂ = saturación arterial de oxígeno

msnm = metros sobre el nivel del mar

HIF-1 = factor inducible por hipoxia tipo 1

ACE2 = enzima convertidora de angiotensina 2

TC = tomografía computarizada

SOFA = Sepsis Related Organ Failure Assessment

VM = ventilación mecánica

UCI = unidad de cuidados intensivos

INTRODUCCIÓN

El síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) severo tiene una tasa de morbilidad y mortalidad hospitalaria de 35 a 40%,^{1,2} y si a esta situación sumamos el hecho de que los pacientes pueden tener valores más bajos de presión parcial de oxígeno (PaO₂) y de saturación arterial de oxígeno (SaO₂) en altitudes > 1,500 metros sobre el nivel del mar (msnm) que, a nivel del mar,³ la complejidad de la enfermedad es mayúscula. De hecho, algunos estudios midieron la presión arterial pulmonar en pacientes a una altitud de 1,600 msnm y encontraron que 45% de ellos tenían una presión arterial pulmonar media ≥ 18 mmHg, que es significativamente mayor que la de los pacientes en áreas de menor altitud. Por lo tanto, se ha propuesto una altura de 1,500 msnm como límite entre las condiciones de altitud fisiológicas y patológicas.⁴

* Instituto de Seguridad Social del Estado de México y Municipios (ISSEMMY). México.

Recibido: 11/09/2024. Aceptado: 25/09/2024.

Citar como: Jiménez GCY, González PN, López CL, Domínguez FOY, Almaraz RJ, Camacho AHC. Afectación tomográfica y curso clínico en nativos de elevada altitud con síndrome de distrés respiratorio agudo severo por SARS-CoV-2. Med Crit. 2024;38(8):632-635. <https://dx.doi.org/10.35366/120008>

www.medigraphic.com/medicinacritica

Los mecanismos que parecen diferenciar a los residentes de la altitud adaptados a la hipoxia hipobárica crónica y a los enfermos críticos del nivel del mar sometidos a hipoxia aguda son que los primeros han mejorado su transporte de oxígeno a nivel celular, pero esto no sólo parece depender de la mejora en la entrega y el consumo de oxígeno, sino también en la mejor utilización de menores cantidades de oxígeno secundario a una mejor actividad del factor inducible por hipoxia tipo 1 (HIF-1).⁵

Las personas que viven en altitudes superiores a los 2,500 msnm tienen una mortalidad por COVID-19 baja y tienen menos probabilidades de desarrollar efectos graves.^{6,7} Se ha demostrado que el nivel de expresión de la enzima convertidora de angiotensina 2 (ACE2) en las células epiteliales del pulmón se correlaciona positivamente con la tasa de infección de la primera variante del SARS-CoV-2. Los niveles de ACE2 se reducen en los pulmones de los montañeses (es decir, personas que viven bajo exposición crónica a condiciones hipoxicas).⁷

El grado de afectación tomográfica puede ser determinado de acuerdo a las imágenes de tomografía computarizada (TC) mediante una evaluación semicuantitativa.⁸ Este método de puntuación simple basado en la TC puede ayudar a clasificar a los pacientes y detectar a quienes necesitan un tratamiento más agresivo y un seguimiento más estrecho.⁹

MATERIAL Y MÉTODOS

Tipo de estudio: observacional, retrospectivo, longitudinal, comparativo. **Criterios de inclusión:** pacientes nativos de su municipio, mayores de 18 años, que ingresaron a la UCI con SDRA severo por SARS-CoV-2 con requerimiento de ventilación mecánica, en el periodo comprendido de abril 2020 a diciembre 2023. **Criterios de exclusión:** aquéllos que ingresaron a la unidad de cuidados intensivos (UCI) con una mortalidad calculada mayor a 90% de acuerdo a la escala pronóstica SOFA (Sepsis Related Organ Failure Assessment). Pacientes con enfermedad pulmonar crónica, enfermedad renal crónica o enfermedades hematológicas. **Criterios de eliminación:** pacientes cuyo expediente se encontró incompleto, o en quienes no fue posible la realización de una TC dentro la primera semana del ingreso hospitalario, pacientes que permanecieron en la UCI por menos de 72 horas o en quienes el seguimiento a 90 días no fue posible. **Hipótesis:** hay una menor afectación tomográfica y mayor supervivencia en pacientes con SDRA severo por SARS-CoV-2 que están aclimatados a la elevada altitud, en comparación con aquéllos originarios de lugares de media y baja altitud, en una UCI de un hospital de tercer nivel. **Objetivo principal:** determinar qué supervivencia tienen los pacientes con

SDRA severo por SARS-CoV-2 aclimatados a la elevada altitud. **Objetivos secundarios:** determinar qué supervivencia tienen los pacientes con SDRA severo por SARS-CoV-2 aclimatados a baja y media altitud. Determinar cuál es la media de días de ventilación mecánica (VM), estancia en UCI, estancia hospitalaria y quienes requieren ventilación mecánica prolongada en grupos categorizados en base a la altitud geográfica de origen y grado de afectación tomográfica. **Operacionalización de variables:** el SDRA severo secundario a SARS-CoV-2 en la altitud fue definido como una relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 100 \text{ mmHg}$ con $\text{PEEP} > 5 \text{ cm H}_2\text{O}$ en un paciente con neumonía por SARS-CoV-2 confirmado por reacción en cadena de la polimerasa (PCR); la determinación del grado de afectación tomográfica por COVID-19 fue realizada por un único médico especialista en radiología para evitar el sesgo interobservador, realizó una evaluación semicuantitativa del porcentaje de afectación pulmonar (en sus porciones superior, media e inferior para cada pulmón) en una escala de 0 a 4, determinándose como afectación leve 1-5 puntos, afectación moderada 6-15 puntos y afectación severa 16 o más puntos. La altitud fue clasificada como sigue: baja altitud < 1,500 msnm, media altitud de 1,500 a 2,500 msnm, elevada altitud de 2,500 a 3,500 msnm, gran altitud de 3,500 a 5,800 msnm y extrema altitud encima de 5,800 msnm. **Ánalisis estadístico:** los pacientes se categorizaron con base en su gravedad al momento del ingreso a terapia intensiva utilizando la escala SOFA, fueron agrupados con base en la altitud del lugar de residencia y al grado de afectación tomográfica. Se analizó la media de días de ventilación mecánica, días de estancia en UCI y días de estancia hospitalaria, aplicando la prueba de Levene de igualdad de varianzas y la prueba t de Student entre los grupos de residentes de las distintas altitudes y grado de afectación tomográfica. Se determinó la relación entre la altitud de residencia y el grado de afectación tomográfica mediante la prueba χ^2 de Pearson. La necesidad de ventilación mecánica prolongada entre grupos se evaluó mediante la prueba χ^2 de Pearson. Finalmente, se calculó la probabilidad de supervivencia individual acumulada a lo largo del tiempo con el método de Kaplan-Meier en pacientes con SDRA severo por SARS-CoV-2 con base en la altitud geográfica del lugar de origen y a la afectación tomográfica, y mediante la prueba Log Rank se determinó si existía diferencia significativa en la supervivencia entre grupos. **Aspectos éticos:** el estudio se registró con el número 161/24 en la Unidad de Educación e Investigación y fue aprobado por los integrantes del Comité de Investigación en Salud y Ética en Investigación del hospital sede del estudio en la sesión ordinaria número 265, asentado en el oficio 207C0401010200S/UEM/0403/2024. La aplicación del instrumento se realizó en las instalaciones del propio hospital, en el servicio de terapia inten-

Tabla 1: Características basales de los pacientes nativos de las distintas altitudes.

	Baja y media altitud < 2,500 msnm (n = 10)	Elevada altitud > 2,500 msnm (n = 35)	p*
Edad, años	44.1	44.5	0.643
SOFA inicial	5.2	5.4	0.627
Días de VM	20.0	15.7	0.286
Días de estancia en UCI	20.6	16.4	0.302
Días de hospitalización	27.3	24.7	0.893

msnm = metros sobre el nivel del mar. SOFA = *Sepsis Related Organ Failure Assessment*. UCI = unidad de cuidados intensivos. VM = ventilación mecánica.

* Se aplicó la prueba de Levene de igualdad de varianzas, los valores de p fueron calculados con la prueba t de Student.

Tabla 2: Características basales de los pacientes con distinto grado de afectación tomográfica.

	Afectación		
	Moderada (n = 10)	Severa (n = 35)	p*
Edad, años	42.3	45.0	0.095
SOFA al ingreso	5.6	5.3	0.627
Días de VM	15.5	17.0	0.707
Días de estancia en UCI	15.5	17.9	0.536
Días de hospitalización	25.3	25.2	0.476

SOFA = *Sepsis Related Organ Failure Assessment*. UCI = unidad de cuidados intensivos. VM = ventilación mecánica.

* Se aplicó la prueba de Levene de igualdad de varianzas, los valores de p fueron calculados con la prueba t de Student.

siva, de acuerdo con los principios éticos establecidos en la 18^a Asamblea Médica Mundial (Helsinki, 1964), la información se consideró de carácter confidencial, sin utilizar los nombres propios que contienen los expedientes elegidos. Por tratarse de un estudio de tipo observacional, sin ningún tipo de intervención, no requirió de consentimiento informado.

RESULTADOS

Se reclutaron 45 pacientes con criterios de SDRA severo secundario a SARS-CoV-2, 32 hombres y 13 mujeres, con una edad media de 44.4 años (rango de 26-63 años), 10 fueron nativos de baja y media altitud ($\leq 2,500$ msnm) y 35 aclimatados a elevada altitud ($\geq 2,500$ msnm). La puntuación media de SOFA fue de 5.4 (rango de 4-9). Las características particulares de los pacientes se describen en las *Tablas 1 y 2*.

Con respecto al grado de afectación tomográfica y su relación con la altitud del lugar de origen, 100% de los pacientes (n = 10) nativos de baja y media altitud tuvieron afectación severa, mientras que aquellos residentes de elevada altitud 28.5% (n = 10) tuvieron una afectación moderada y 71.4% (n = 25) afectación severa, no

observando diferencia significativa entre grupos (χ^2 de Pearson p = 0.159).

Entre los pacientes de baja altitud, cinco (50%) requirieron VM prolongada, mientras que en el grupo de elevada altitud ocho (29.6%) permanecieron con VM prolongada (χ^2 de Pearson 0.095). Entre los pacientes con afectación tomográfica moderada, dos (20%) requirieron VM prolongada, mientras que aquellos con afectación severa 11 (31.4%) requirieron más de 21 días de VM (χ^2 de Pearson p = 0.492).

En el grupo de nativos de baja y media altitud se presentaron cuatro defunciones, en el grupo de nativos de elevada altitud ocho defunciones, la supervivencia a 90 días fue de 60 y 77.1%, respectivamente (*Figura 1*). Los pacientes nativos de baja y media altitud que fallecieron lo hicieron en promedio en el día 64.6, mientras que quienes fallecieron en el grupo de aclimatados a la elevada altitud lo hicieron en promedio en el día 75.

Se realizó un subanálisis de la supervivencia entre pacientes con criterios de severidad en las imágenes tomográficas, descartando aquellos con afectación moderada, de esta forma, la muestra se redujo a 35 pacientes, de los cuales, dos eran nativos de baja altitud, ocho de media altitud y 25 de elevada altitud, la supervivencia fue de 50, 62.5 y 68% respectivamente (*Figura 2*).

El promedio en días en que ocurrió la defunción fue de 57 en nativos de baja altitud, 66.5 en nativos de media altitud y de 69 días entre nativos de elevada altitud.

DISCUSIÓN

Se estima que aproximadamente 2% de la población mundial vive en una altitud superior a los 1,500 msnm,⁴

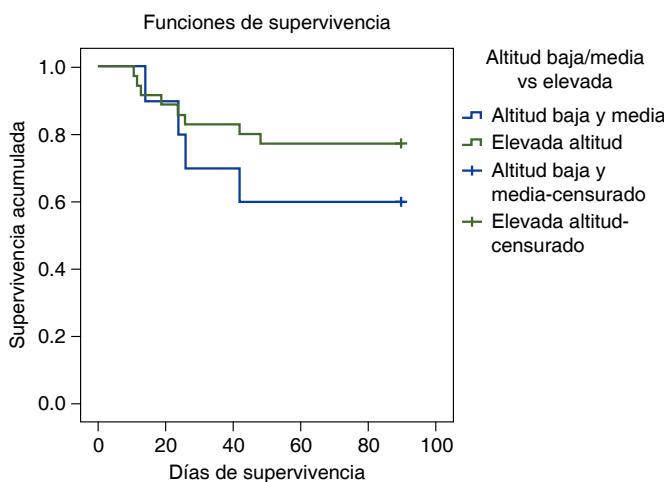


Figura 1: Curva de Kaplan-Meier que muestra una mayor supervivencia entre los nativos de elevada altitud (verde) cuando se comparan con nativos de baja/media altitud (azul), p = 0.313, independientemente de la severidad tomográfica.

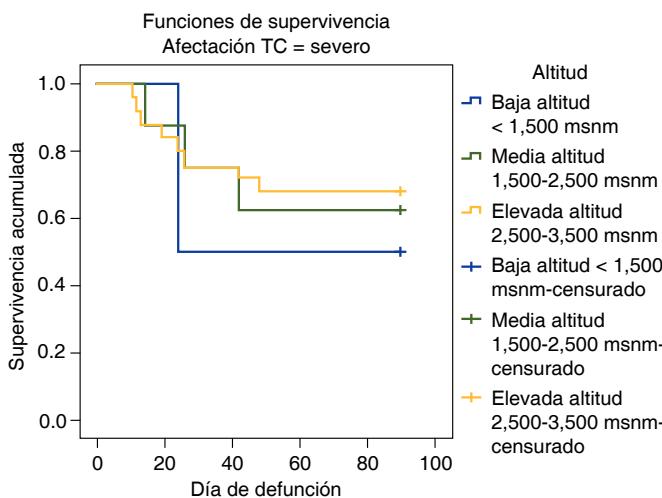


Figura 2: Curva de Kaplan-Meier que muestra mayor supervivencia entre nativos de elevada altitud con afectación tomográfica severa (café), cuando se compara con nativos de baja y media altitud con la misma severidad tomográfica (verde, azul) $p = 0.872$.
msnm = metros sobre el nivel del mar. TC = tomografía computarizada.

y los estándares de diagnóstico y tratamiento del SDRA por SARS-CoV-2 en esta población siguen siendo poco claros, lo que parece ser un hecho es que las adaptaciones fisiológicas (por ejemplo, disminución de la expresión de ACE2 en el endotelio pulmonar) y los factores ambientales (por ejemplo, la radiación ultravioleta de la gran altitud que condiciona un acortamiento de la vida media de cualquier virus, reduciendo su virulencia) pueden conducir a una evolución clínica más favorable, tal como se describe en el análisis epidemiológico de Arias-Reyes y colaboradores, quienes observaron una disminución de la prevalencia y el impacto de la infección por SARS-CoV-2 en poblaciones que viven a una altitud superior a los 3,000 msnm,⁷ situación que también fue observada en nuestro estudio, evidenciando una mayor supervivencia entre nativos de elevada altitud ($> 2,500$ msnm), en quienes además la estancia en hospitalización, estancia en UCI y días de ventilación mecánica fueron menores.

Consideramos importante resaltar que, para altitudes $> 1,000$ msnm, los criterios de Berlín proponían un factor de corrección para el cálculo de la $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, relación actualmente utilizada para clasificar la gravedad del SDRA ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \times [\text{presión barométrica}/760]$); para pacientes en áreas de gran altitud, el uso de una relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ no corregida da como resultado falsos positivos en la estratificación de la gravedad del SDRA a gran altitud.¹ Con base en lo an-

terior, se aconseja que los intensivistas de la elevada altitud tomen en cuenta los cambios fisiopatológicos que suceden en la altitud.

CONCLUSIONES

Los pacientes nativos de baja y media altitud con SDRA severo por SARS-CoV-2 tienden a una mayor afectación tomográfica, mientras que los aclimatados a la elevada altitud tienden a una mayor supervivencia incluso cuando sólo se consideran a aquéllos con afectación tomográfica severa. Los nativos de baja y media altitud requirieron más días de estancia en UCI, más días de estancia hospitalaria y más días de ventilación mecánica, incluso ventilación mecánica prolongada cuando se compararon con nativos de elevada altitud.

REFERENCIAS

1. Liu X, Pan C, Si L, et al. Definition of acute respiratory distress syndrome on the plateau of xining, qinghai: a verification of the berlin definition altitude- $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ -corrected criteria. *Front Med (Lausanne)*. 2022;9:648835.
2. Bellani G, Laffey JG, Pham T, et al. Epidemiology, patterns of care, and mortality for patients with acute respiratory distress syndrome in intensive care units in 50 countries. *JAMA*. 2016;315(8):788-800. doi: 10.1001/jama.2016.0291. Erratum in: *JAMA*. 2016;316(3):350. doi: 10.1001/jama.2016.6956. Erratum in: *JAMA*. 2016;316(3):350.
3. Ortiz G, Bastidas A, Garay-Fernández M, et al. Correlation and validity of imputed $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ and $\text{SpO}_2/\text{FiO}_2$ in patients with invasive mechanical ventilation at 2600m above sea level. *Med Intensiva (Engl Ed)*. 2021;21:S0210-5691(21)00100-5.
4. Guo L, Sun J, He Z, et al. Understanding acute respiratory distress syndrome in high-altitude environments: a comprehensive review of diagnosis and treatment. *Med Sci Monit*. 2023;29:e939935.
5. Berger MM, Grocott MPW. Facing acute hypoxia: from the mountains to critical care medicine. *Br J Anaesth*. 2017;118(3):283-286.
6. Masuda Y, Tatsumi H, Imaizumi H, et al. Effect of prone positioning on cannula function and impaired oxygenation during extracorporeal circulation. *J Artif Organs*. 2014;17(1):106-109.
7. Arias-Reyes C, Zubieto-DeUrioste N, Poma-Machicao L, et al. Does the pathogenesis of SARS-CoV-2 virus decrease at high-altitude? *Respir Physiol Neurobiol*. 2020;277:103443.
8. Wang Y, Dong C, Hu Y, et al. Temporal changes of CT findings in 90 patients with COVID-19 pneumonia: a longitudinal study. *Radiology*. 2020;296(2):E55-E64.
9. Yuan M, Yin W, Tao Z, Tan W, Hu Y. Association of radiologic findings with mortality of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *PLoS One*. 2020;15(3):e0230548. doi: 10.1371/journal.pone.0230548.

Financiamiento: ninguno.

Conflictos de intereses: los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Correspondencia:

Netzahualcóyotl González Pérez

E-mail: netza2014@outlook.com



Uso del Doppler transcraneal en la titulación de la presión de perfusión cerebral en pacientes con traumatismo craneoencefálico severo

Use of transcranial Doppler in the titration of cerebral perfusion pressure in patients with severe traumatic brain injury

Uso do Doppler transcraniano na titulação da pressão de perfusão cerebral

em pacientes com traumatismo cranioencefálico grave

Olga Daniela Velázquez Gutiérrez,* Alberto Vázquez Aguilar,* Abad Quetzalcóatl Ortega Pérez,* Víctor Alfonzo Sarmiento Castillo,* Laura Soraya Gaona Valle,* Alejandro Negrete Peña*

RESUMEN

Introducción: el Doppler transcraneal (DTC), permite obtener información sobre la hemodinámica cerebral, existe poca información de supervivencia y uso de DTC en TCE severo.

Material y métodos: estudio observacional, retrospectivo, descriptivo y analítico. Con diagnóstico de traumatismo craneoencefálico (TCE) severo, se analizó el uso del DTC durante el tratamiento, registrando las velocidades de flujo de arteria cerebral media (ACM), índice de pulsatilidad (IP), presión de perfusión cerebral (PPC), presión intracraneana (PIC) estimada por vaina de nervio óptico (VNO), ajustando tratamiento. Se utilizó U de Mann-Whitney para comprobar la diferencia entre los grupos.

Resultados: se analizaron 97 pacientes, con criterios de inclusión 64, excluyendo 9 y reclutando 55. La evolución vivos vs muertos a 120 horas por prueba U de Mann-Whitney, PPC 68.3 vs 63.4 mmHg, IC95%, p = 0.024. Velocidad de ACM 45.2 vs 18.99 cm/seg, IC95%, p < 0.001. IP 1.074 vs 2.1 cm/seg, IC95%, p = 0.007. VNO 0.49 vs 0.55 mm, IC95%, p < 0.001. PIC 20.1 vs 23.1 mmHg, IC95%, p < 0.001.

Conclusiones: en el comparativo final entre vivos vs muertos, el grupo de fallecidos presentó menor PPC, menor IP y velocidad de ACM; mayor PIC y diámetros de VNO.

Palabras clave: TCE severo, Doppler transcraneal, presión de perfusión cerebral, presión intracraneana, índice de pulsatilidad.

ABSTRACT

Introduction: transcranial Doppler (TCD) provides information on cerebral hemodynamics. There is little information on survival and use of TCD in severe TBI.

Material and methods: observational, retrospective, descriptive and analytical study. With a diagnosis of severe TBI, the use of TCD during treatment was analyzed, recording middle cerebral artery (MCA) flow velocities, pulsatility index (PI), cerebral perfusion pressure (CPP), intracranial pressure (ICP) estimated by optic nerve sheath (ONS), adjusting treatment. The Mann-Whitney U test was used to check the difference between two groups.

Results: 97 patients were analyzed, with 64 inclusion criteria, excluding 9 and recruiting 55. The evolution alive vs dead at 120 hours by Mann-Whitney U test, CPP 68.3 vs 63.4 mmHg, 95% CI, p = 0.024. MCA velocity 45.2 vs 18.99 cm/sec, 95% CI, p < 0.001. IP 1.074 vs 2.1cm/sec, 95% CI, p = 0.007. VNO 0.49 vs 0.55 mm, 95% CI, p < 0.001. ICP 20.1 vs 23.1 mmHg, 95% CI, p < 0.001.

Conclusions: in the final comparative outcome between alive vs dead, the group that died had lower CPP, lower IP and MCA velocity; higher ICP and VNO diameters.

Keywords: severe TBI, transcranial doppler, cerebral perfusion pressure, intracranial pressure, pulsatility index.

RESUMO

Introdução: o Doppler transcraniano (DTC) permite obter informações sobre a hemodinâmica cerebral; há poucas informações sobre sobrevida e utilização do DTC no TCE grave.

Material e métodos: estudo observacional, retrospectivo, descritivo e analítico. Com diagnóstico de TCE grave, foi analisado o uso do DTC durante o tratamento, registrando-se velocidades de fluxo da arteria cerebral média (ACM), índice de pulsatilidade (IP), pressão de perfusão cerebral (PPC), pressão intracraniana (PIC) estimada pela bainha do nervo óptico (BNO), ajustando o tratamento. Mann Whitney U foi usado para testar a diferença entre 2 grupos.

Resultados: foram analisados 97 pacientes, com critérios de inclusão 64, excluindo 9 e recrutando 55. A evolução vivos vs mortos às 120 horas pelo teste U de Mann Whitney, PPC 68.3 vs 63.4 mmHg, IC95%, p = 0.024. Velocidade da ACM 45.2 vs 18.99 cm/seg, IC95%, p < 0.001. IP 1.074 vs 2.1 cm/seg, IC95%, p = 0.007. VNO 0.49 vs 0.55 mm, IC95%, p < 0.001. PIC 20.1 vs 23.1 mmHg, IC95%, p < 0.001.

Conclusões: no resultado final comparativo entre vivos e mortos, o grupo que faleceu apresentou menor PPC, menor IP e velocidade de ACM; diâmetros maiores de PIC e VNO.

Palavras-chave: TCE grave, Doppler transcraniano, pressão de perfusão cerebral, pressão intracraniana, índice de pulsatilidade.

Abreviaturas:

ACM = arteria cerebral media

DTC = Doppler transcraneal

FSC = flujo sanguíneo cerebral

IP = índice de pulsatilidad

IR = índice de resistencia

LCR = líquido cefalorraquídeo

PIC = presión intracraneana

PICn = PIC no invasiva

PPC = presión de perfusión cerebral

VD = velocidad diastólica

VM = velocidad media

VNO = vaina de nervio óptico

VS = velocidad sistólica

INTRODUCCIÓN

Ultrasonido cerebral

La ultrasonografía cerebral, utilizada para evaluar el parénquima cerebral y flujo sanguíneo cerebral (FSC), es un método de neuromonitoreo seguro, no invasivo y de costo relativamente bajo que es fácilmente aplicable al lado de la cama. Potencialmente, podría proporcionar información crucialmente importante en la detección temprana y el seguimiento de enfermedades neurológicas, y para permitir la evaluación hemodinámica cerebral al lado de la cama en pacientes críticos.¹ Generalmente se realiza con una sonda de 2 a 2.5 MHz que permite la visualización de las principales estructuras

* Centro Médico Lic. Adolfo López Mateos. Servicios Públicos de Salud IMSS Bienestar.

Recibido: 19/09/2024. Aceptado: 25/09/2024.

Citar como: Velázquez GOD, Vázquez AA, Ortega PAQ, Sarmiento CVA, Gaona VLS, Negrete PA. Uso del Doppler transcraneal en la titulación de la presión de perfusión cerebral en pacientes con traumatismo craneoencefálico severo. Med Crit. 2024;38(8):636-643. <https://dx.doi.org/10.35366/120009>

www.medigraphic.com/medicinacritica

cerebrales. En las imágenes Doppler, el mesencéfalo puede ser identificado a través de la ventana transtemporal, y las arterias del polígono de Willis pueden ser visualizadas. Cada arteria se identifica por su profundidad y dirección del flujo de sangre en relación con la sonda y otras arterias visualizadas. Doppler color transcraneal (*Transcranial Color Doppler* TCCD en inglés) puede proporcionar información básica sobre la velocidad del flujo sanguíneo (sistólica, diastólica y valores medios) en una arteria insonada, así como el índice de pulsatilidad (IP).²

La práctica de monitorizar la presión intracranial fue iniciada por el trabajo de Guillaume y Janni en Francia y Lundberg en Suecia. En 1951 en una revista francesa, Guillaume y Janni reportaron su experiencia con mediciones continuas de la presión intracranial. En 1960 el neurocirujano sueco Nils Lundberg reportó una serie de casos de pacientes con tumores cerebrales en quienes monitorizó la presión intracranial a través de derivaciones ventriculares externas. Más tarde, en 1965 se aplicó la experiencia de Lundberg en medir la presión intracranial en pacientes con trauma craneoencefálico severo y se describió una serie de 30 casos, los cuales fueron exitosamente monitorizados.¹

Desde 1960 con Lundberg, la derivación ventricular externa se considera el estándar de oro para el monitoreo de la presión intracranial. La elevación de la PIC es un fenómeno frecuente en los pacientes con trauma craneoencefálico, en el TCE grave se reporta entre 50 y 75% de los pacientes.³

El análisis de forma de onda de velocidad FSC es un método ampliamente explorado, una forma de estimación de la PIC no invasiva (PICn). Los métodos de estimación de PICn derivados de Doppler transcraneal (TCD) se basan en la relación entre los índices derivados de la velocidad y FSC. Debido a la relación fisiológica entre la velocidad y la presión del flujo sanguíneo en los vasos cerebrales con paredes dóciles, el aumento de la PIC afectará la velocidad del FSC medido por DTC, que produce cambios en la forma de onda de la velocidad de flujo, como una velocidad de flujo diastólica baja, pico forma de onda y un mayor IP. Los métodos de estimación de la PICn se pueden dividir en tres categorías.^{2,4}

1. Métodos basados en el IP derivado de DTC, definida como la diferencia entre velocidad máxima y velocidad mínima del flujo sanguíneo normalizada a la velocidad media. La utilidad de este índice para predecir la PIC es controvertida, ya que los cambios en la IP no sólo dependen de los cambios en la PIC, sino también de la presión de perfusión cerebral (PPC), la presión arterial y su pulsatilidad, y variaciones en la presión parcial de CO₂.⁴
2. Métodos basados en la estimación no invasiva de PPC y posterior cálculo de PIC, utilizando la fórmula

PIC = PAM - CPP (presión arterial media [PAM], presión de perfusión cerebral [CPP]).⁴

3. Métodos basados en modelos matemáticos que asocian la velocidad del FSC y la presión arterial, utilizando la fórmula nCPP = PAM * FVd/FVm + 14 mmHg (velocidad de flujo diastólico [FVd por sus siglas en inglés], velocidad media de flujo [Vm por sus siglas en inglés]), demostró una buena correlación entre la estimación de nCPP y la CPP invasiva medición ($R = 0.61$; $p = 0,003$), con 95% de confianza rango límite no superior a ± 12 mmHg, y con CPP oscilando entre 70 y 95 mmHg.⁴

Los métodos no invasivos no deben reemplazar el uso de herramientas invasivas para la estimación de la PIC invasiva. Sin embargo, cuando la monitorización invasiva de la PIC no está disponible o está contraindicada (en pacientes con coagulopatía grave, como como encefalopatía hepática), una PICn alternativa es un método confiable de estimación que puede ser útil para la detección de pacientes y para evaluar su evolución y respuesta a intervenciones de tratamiento.⁴

En la onda del Doppler pulsado de la ACM se pueden observar la velocidad sistólica (VS), la velocidad diastólica (VD), y se puede medir la velocidad media (VM) ya sea por fórmula o por su estimación de área de la onda. Asimismo, existen otros parámetros que pueden calcularse como lo son el índice de resistencia (IR), el IP, el FSC y la PPC.⁵

Una forma de obtener la VM es a través del cálculo de la misma, donde la VM es igual a la suma del doble producto de la VD más la VS dividido entre 3, $VM = [VS + (VD \times 2)]/3$. Otros de los parámetros importantes medidos a través del DTC son el IP de Gosling, el IR de Pourcelot y el índice de Lingegaard (IL). Los primeros dos permiten estimar la resistencia vascular cerebral, el IP de Gosling se obtiene mediante la resta del VS menos el VD dividido entre la VM,^{4,5} $IP = (VS-VD)/VM$. Los valores normales de referencia oscilan entre 0.5 y 1.1 donde, valores menores a 0.5 están asociados a vasodilatación arteriolar; mientras que valores superiores a 1.1 están asociados a aumento de la resistencia. Igualmente se ha correlacionado el aumento directamente proporcional del IP con el aumento de la PIC, donde una variación de 2.4% del IP representa un aumento de la PIC en 1 mmHg en la misma dirección incluso su PIC se encuentra por encima de 20 mmHg observándose esta misma correlación entre el IP y la PPC.^{3,5} Por otra parte, un índice de resistencia (IR) de Pourcelot ($IR = VS-VD/VS$) con valores mayores a 0.8 se asocia a un aumento de la resistencia vascular cerebral, al igual que con el IP, su elevación está asociada a aumento de la PIC y de la PPC; sin embargo, al comparar ambos índices, se ha demostrado que el IR es menos sensible a las variaciones de la PIC. El

tercer índice hemodinámico calculable por DTC es el IL, el cual permite diferenciar el flujo hiperdinámico y el vasoespasio al comparar las VM de la ACM y la porción intracraneana de la arteria carótida interna: IL = VM ACM/VM ACI. Este índice tiende a incrementar en la medida que aumenta el grado del vasoespasio, teniendo como valores normales de referencia de 1.1 a 2.3. Con base en él se clasifica el grado de vasoespasio al tener valores entre 2.3-3 como vasoespasio posible, 3-6 vasoespasio leve a moderado y con valores > 6 como vasoespasio severo. Asimismo, los valores netos de la VM de la ACM también permiten realizar una clasificación de la severidad del vasoespasio.^{5,6}

Tanto el análisis de los índices de resistencia y pulsabilidad, como la medición de la velocidad media de la ACM sirven como guía para determinar la etiología del proceso patológico cerebral para poder tomar las medidas terapéuticas más acertadas. El DTC permite de manera confiable el estudio hemodinámico de la circulación cerebral gracias a lo cual se ha ganado un puesto importante en la monitorización del paciente neurocrítico, en el TCE se ha demostrado que el DTC tiene una alta sensibilidad y especificidad para la detección de enfermedades arterioclusivas cerebrales y vasoespasio especialmente en el análisis de los segmentos M1 y M2 de la ACM. El análisis de la onda de flujo de los pacientes con TCE ha permitido clasificar las características de la onda, su velocidad e IP con el grado de severidad de la obstrucción del vaso, resultados que son correlacionables al ser comparados con el estándar de oro, la tomografía de cráneo y permite la monitorización hemodinámica. El estudio del vasoespasio por DTC ha permitido graduar su intensidad mediante la medición de la velocidad media y los IP e IR.⁶

El líquido cefalorraquídeo (LCR) circula en el espacio de la vaina del nervio óptico, desde la parte posterior hasta la anterior. Por su particular arquitectura trabecular, la parte anterior (o retrobulbar) de la vaina del nervio óptico es más distensible que la parte posterior, siempre que no haya obstrucción del flujo de LCR, se transmite un aumento en la presión del LCR a lo largo de la vaina del nervio óptico. Debido a esta anatomía de «callejón sin salida» de la vaina del nervio óptico, en caso de aumento en la PIC, el LCR se acumulará en su parte retrobulbar. Esta estrecha relación entre la PIC y dilatación del espacio subaracnoidal perineurial orbitario ha sido confirmado por varios estudios usando ultrasonido. Cambios en la PIC, detectados por sondas intraparenquimatosas, son seguidos muy rápidamente (en cuestión de segundos) por cambios en el diámetro de la vaina del nervio óptico (VNO) cuyo valor corte para la detección de la hipertensión intracraneal aún está bajo debate, con la mayoría de los estudios infor-

mando un corte óptimo en el rango de 5.0 a 6.0 mm. Además, se ha demostrado que combinar medición de VNO con otras modalidades de ultrasonido, como la evaluación Doppler transcraneal venosa del seno recto, puede proporcionar una mejor precisión de pronóstico para la detección de hipertensión intracraneal que la medición de VNO sola.⁷

MATERIAL Y MÉTODOS

Tipo de estudio: observacional, de cohorte, retrospectivo, analítico.

Diseño del estudio: se realizó un instrumento de recolección de datos en el cual se procedió a recabar la información contenida en los expedientes de pacientes que estuvieron hospitalizados en UCI durante 1 año, las mediciones se realizaron durante 120 horas, el mismo tiempo que se valoró su desenlace a vivo o muerto.

Universo de trabajo: los expedientes clínicos de pacientes con diagnóstico de TCE severo, ingresados a una unidad de cuidados intensivos de un hospital de tercer nivel de atención en México.

Criterios de inclusión: paciente con diagnóstico confirmado de TCE severo, contar con tomografía axial computarizada simple de cráneo, haber recibido atención inmediata posterior al diagnóstico e ingreso a UCI en menos de 24 horas, pacientes sometidos a neuroprotección hasta 120 horas, tener mediciones continuas con DTC de velocidades arterias cerebrales, IP, VNO y contar con el registro de la dosis de vasopresor.

Criterios de exclusión: rechazo del paciente, familiar o tutor legal del manejo médico o quirúrgico, contar con el diagnóstico de TCE severo en los últimos seis meses o secuelas del mismo, malformaciones vasculares documentadas, tener otro diagnóstico de base que incremente morbilidad (enfermedad renal crónica, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, diabetes, enfermedad hepática crónica).

Criterios de eliminación: pacientes cuyo expediente se encontró incompleto (que no cuente con estudios clínicos para evaluación).

Hipótesis: la titulación de presión de perfusión cerebral mediante Doppler transcraneal será útil para guiar las medidas de neuroprotección en pacientes con TCE severo.

General: determinar la utilidad del Doppler transcraneal en la titulación de la presión de perfusión cerebral en pacientes con TCE severo en un hospital de tercer nivel.

Específico: 1) cuantificación de la presión de perfusión cerebral, analizando los resultados en dos grupos: vivos y muertos; 2) analizar los resultados del uso de DTC para la medición de velocidades de flujo arterial cerebral, IP y VNO, comparando los resultados en dos grupos: vivos y muertos; 3) medición de forma indi-

recta con fórmula validada de la presión intracraneana, determinada por VNO. $((5.69 \times \text{VNOmm}) - 8.23)$; 4) evaluar la mortalidad en pacientes con TCE severo; 5) registrar pacientes con requerimiento de craniectomía descompresiva; 6) registrar incidencia de muerte cerebral; 7) medir el número de pacientes en los que se realizó traqueostomía y gastrostomía; 8) cuantificar los días de estancia en la unidad de cuidados intensivos; 9) cuantificar la dosis de vasopresor (norepinefrina y/o vasopresina) utilizada para alcanzar $\text{PPC} > 60 \text{ mmHg}$, dividiendo en dos grupos: vivos y muertos.

Operacionalización de variables: se tomaron en cuenta todos los pacientes con diagnóstico de TCE severo de acuerdo a la última definición de *Brain Trauma Foundation* en el periodo comprendido entre enero y diciembre 2022, a los cuales se les realizó DTC realizando análisis de las variables de hemodinamia cerebral: velocidades de flujos sanguíneos, índices de pulsatilidad, hemodinámicas, se clasificó a los pacientes de acuerdo al desenlace clínico, vivos y muertos, realizando una comparación en la determinación de PPC, PIC, VNO, velocidades de flujo sanguíneo cerebral y requerimiento de vasopresor. Se realizó vaciado de datos en el instrumento de recolección.

Límite de espacio: expedientes clínicos de pacientes que ingresaron a la unidad de cuidados intensivos de un Hospital de Tercer Nivel de atención en México.

Análisis estadístico: los datos fueron recopilados en la base de datos con el programa Microsoft Excel, previo consentimiento informado con el instrumento de recolección de datos posterior a la realización de las mediciones requeridas para el presente estudio, el análisis estadístico se realizó con el programa IBM SPSS Statistics, versión 29.0.2.0, para el registro de la información y elaboración de las gráficas de cada paciente. Se realizó un análisis descriptivo de la información recolectada para las variables cualitativas o categóricas, se calcularon frecuencias y porcentajes. Mientras que en las variables numéricas se expresaron mediante medidas de tendencia central y de dispersión (media, mediana, moda, desviación estándar y rango). Se recolectó la información estadística sobre las mediciones del ultrasonido de vaina de nervio óptico reportada en milímetros (mm) y se calculó de manera indirecta la presión intracraneana, el registro de datos que arroje el Doppler transcraneal en cualquiera de sus ventanas elegidas, se eligió la arteria en cuestión y las variables de determinar fueron: velocidad media, velocidad de flujo sistólica, velocidad de flujo diastólica, índice de pulsatilidad, índice de resistencia y se registrará toda la información en el instrumento de recolección de datos desde el ingreso cada cuatro horas las primeras 24 horas y después cada 12 horas hasta el inicio de la ventana neurológica, con una determinación por la prueba probabilística de Mann-

Whitney comparando en dos grupos vivos vs muertos. Para todas las pruebas se consideró significancia estadística un valor de $p < 0.05$.

Aspectos éticos: el estudio se registró en la unidad de educación e investigación médica con registro número CONBIOÉTICA-15-CEI-002-20180309, y fue aprobado por los integrantes del comité de ética e investigación con el número PI-2022036. El uso del instrumento de recolección de datos se realizó en las instalaciones de unidad de cuidados intensivos del mismo hospital. Lo anterior basados en la Declaración de Helsinki, como un grupo de principios éticos para investigación médica en seres humanos (incluida la investigación en material humano e información identificables). Asimismo, es indispensable el consentimiento informado por escrito de terapia intensiva.

RESULTADOS

Durante el periodo considerado se ingresaron a UCI 97 pacientes con patología neurocrítica, de los cuales cumplieron con criterios de inclusión 64 (65%) pacientes con diagnóstico de TCE severo, de los cuales se excluyeron nueve por estar fuera de tiempo para iniciar tratamiento, por lo que se reclutaron 55 pacientes para el análisis estadístico, 74.6% fue del sexo masculino, relación 2.8:1, la edad osciló entre los 33.1 y una desviación estándar de 16.6. Se dividió a la población de acuerdo al desenlace clínico (vivo o muerto) para analizar las variables con relevancia estadística para la mortalidad a 120 horas.

Variables de hemodinamia cerebral

Al analizar las variables de hemodinamia cerebral que puedan influir en la evolución de este grupo de pacientes a las 120 horas, en vivos la media de PPC fue 68.3 vs 63.4mmHg una diferencia de 4.9 mmHg (7.17%) con una determinación por la prueba probabilística de Mann-Whitney, IC95% y p de 0.024 (*Figura 1*). Velocidad de arteria cerebral media en relación al tiempo en pacientes vivos la media fue 45.2 vs 18.99 cm/seg en pacientes que murieron, una diferencia de 26.31 cm/seg (138%), IC95%, $p < 0.001$ (*Figura 2*). Relación del índice de pulsatilidad en pacientes vivos la media fue 1.074 vs 2.1 cm/seg en muertos, una diferencia de 1.02 cm/seg (102%), IC95%, y $p = 0.007$ (*Figura 3*). Relación de la vaina de nervio óptico en pacientes vivos la media fue de 0.49 vs 0.55 mm en pacientes muertos, diferencia de 0.06 mm (11%), IC95%, $p < 0.001$. Relación de la presión intracraneana la media fue 20.1 mmHg en pacientes vivos vs 23.1 mmHg en pacientes que murieron, una diferencia de 3 mmHg (13%), IC95%, $p < 0.001$ (*Figura 4*).

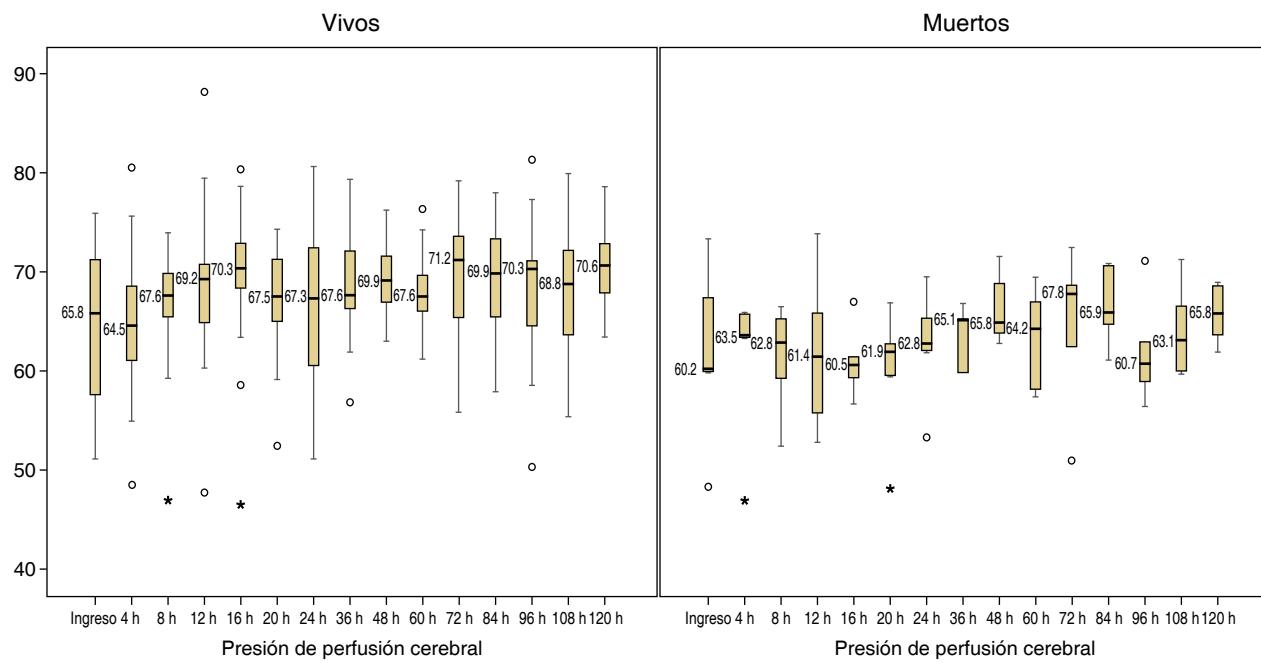


Figura 1: Relación de la presión de perfusión cerebral.

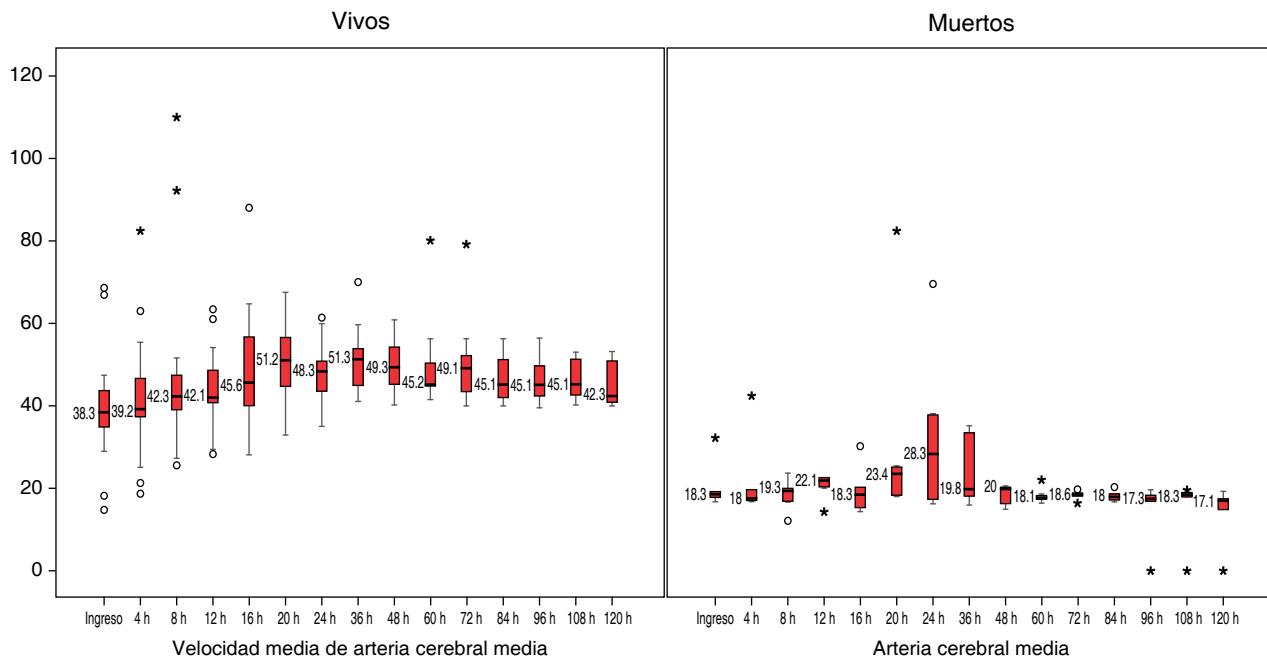


Figura 2: Relación de la velocidad de velocidad media de arteria cerebral media en vivos y muertos.

VARIABLES HEMODINÁMICAS

Al analizar las variables hemodinámicas que puedan influir en la evolución de este grupo de pacientes, se identificó la dosis de norepinefrina para alcanzar la PPC > 60 mmHg y que garantizara flujos arteriales cerebrales e IP dentro de la normalidad. La media fue de en pacientes vivos 0.072 vs 0.22 en pacientes que murieron, una diferencia > 300%. El

valor de vasopresina. La media fue en pacientes vivos 0.02 vs 0.04 en pacientes que murieron, una diferencia > 100%.

Resultados secundarios

Se identificaron 26 pacientes con traqueostomía (47.3%), gastrostomía seis pacientes (10.9%), craniectomía total de pacientes 29 (52.7%), realizadas en UCI

6 (20.6%), además de una mortalidad de 20% y supervivencia de 80% a las 120 horas, finalmente se identificaron 10 pacientes que progresaron a muerte cerebral.

DISCUSIÓN

La ultrasonografía DTC proporciona nuevos conocimientos sobre el pronóstico en TCE severo, además

esta técnica proporciona orientación y seguimiento de las opciones de tratamiento mediante una evaluación rápida de la hemodinámica cerebral.⁸

Sin embargo, las imágenes DTC también se asocian con algunas limitaciones, incluida la dependencia hacia el operador y atenuación de ultrasonidos a través del cráneo y tejidos blandos. En el futuro, se necesitan estudios exhaustivos para superar los problemas subrayados.⁹

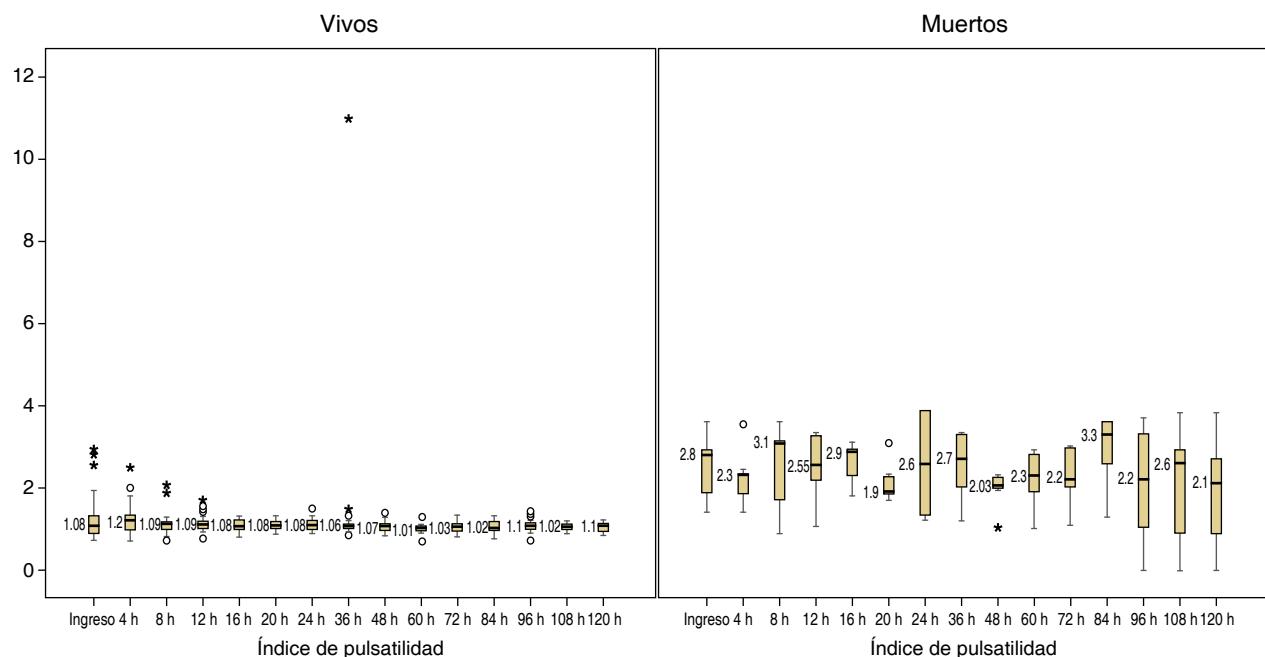


Figura 3: Relación del índice de pulsatilidad a través del tiempo.

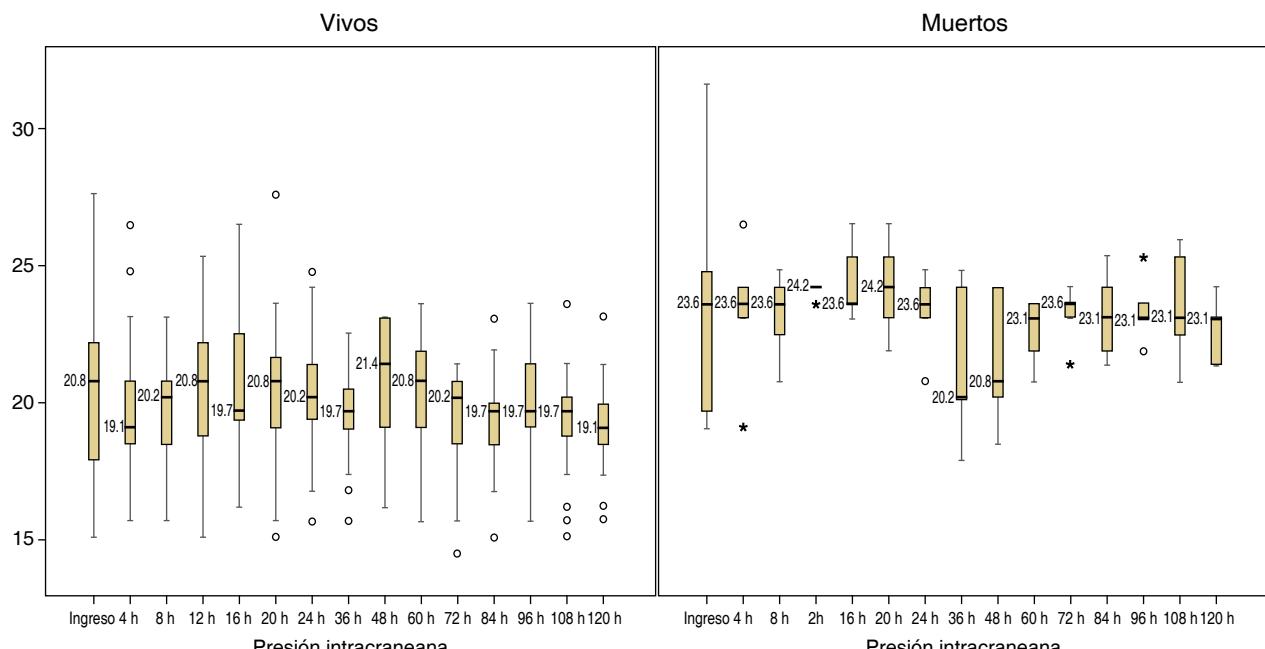


Figura 4: Relación de la presión intracraneana a través del tiempo.

Dentro de una estrategia de monitorización multimodal, el Doppler transcraneal tiene un papel cada vez más importante en el seguimiento rutinario de los pacientes en cuidados neurocríticos. Dado que el DTC no es invasivo, es portátil y no emite radiación ionizante, este método puede ser inicialmente considerado para la evaluación hemodinámica y así colaborar en la inferencia de la perfusión cerebral al lado de la cama de los pacientes. Es importante señalar que el DTC debe usarse apropiadamente y que no excluya el uso de otras técnicas de imagen, como la tomografía axial computarizada.⁹

Cuando hay signos de aumento de la PIC y/o hernia cerebral, se deben tomar medidas temporales para reducir la PIC. En pacientes con TCE severo la monitorización de la PIC y la PPC es muy necesario, ya sea después de la cirugía inicial, durante el tratamiento o como medida primaria. Dado que PPC es un marcador sustituto del flujo sanguíneo cerebral (FSC), debe mantenerse optimizada la PAM utilizando líquidos, inotrópicos, vasopresores y/o disminuyendo la PIC. Para disminuir la PIC existen diferentes maniobras como: sedación, terapia hiperosmolar, en casos refractarios coma con barbitúricos o craniectomía descompresiva. Si bien varios fármacos potencialmente como agentes neuroprotectores han sido investigados en ensayos clínicos, ninguno logró mostrar beneficio en TCE severo.¹⁰

La vaina que encierra el nervio óptico está en continuidad directa con la duramadre y el LCR que contiene el espacio subaracnoidal del cerebro, y porque la VNO es distensible, las variaciones de presión del LCR influyen en su tamaño particularmente en la región anterior, retrobulbar del compartimento, unos 3 mm detrás del globo. El aumento de la PIC, independientemente de la causa, se transmite al compartimento subaracnoidal del nervio, provocando un agrandamiento de la vaina del nervio óptico y, por tanto, un agrandamiento del diámetro; hay una relación entre la presión perióptica del LCR y la PIC y, curiosamente, el diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO) aumenta casi directamente con la PIC, durante terapia osmótica o después de variaciones en el dióxido de carbono.¹¹

La llegada de la ecografía realizada por intensivistas y la disponibilidad de máquinas de ultrasonido proporciona ahora un clima único donde el DTC en el punto de atención es una realidad. Los intensivistas con esta habilidad pueden proporcionar una evaluación inmediata, las 24 horas del día, los siete días de la semana, predecir desviación de la línea media, elevación de la PIC, vasoespasmo severo y progresión de la hipertensión intracranal.^{6,12}

Todas las medidas no invasivas descritas han sido evaluadas en estudios relativamente pequeños, con amplios intervalos de confianza para todas las mediciones de precisión. Lo más importante es que el alto

VPN en algunos estudios puede simplemente reflejar la menor prevalencia de elevación de la PIC.

Por lo tanto, estas técnicas no deben utilizarse de forma aislada; se requiere evaluación multimodal. Un estudio prospectivo unicéntrico de 2020 evaluó todas las técnicas descritas en este estudio. TCD logró la más alta precisión para la detección de PIC invasiva > 20 mmHg. Las AUC fueron 0.86 para TCD-ICPe, 0.85 para TCD-PI, 0.78 para ONSD y 0.71 para pupilometría. Una combinación de estas técnicas, sin embargo, lograron un AUC de 0.91.¹³

Se recomienda pupilometría con intervalo de 1 a 4 horas. A menudo es necesaria una tomografía computarizada urgente en el contexto adecuado, para reforzar medidas terapéuticas urgentes o para indicación de descompresión quirúrgica emergente. La tecnología no invasiva actual puede reemplazar la monitorización invasiva de la PIC donde la monitorización invasiva no está disponible; sin embargo, se requieren más investigaciones para desarrollar más técnicas confiables y continuas para evaluación no invasiva de la PIC.¹⁴

CONCLUSIONES

En el desenlace final comparativo entre vivos vs muertos, el grupo de pacientes fallecidos presentaron menor PPC, menor IP y velocidad de ACM en las 120 horas evaluadas; mayor PIC y diámetros de VNO; asimismo, se encontró una titulación con mayores tensiones arteriales sistémicas y mayor aporte de vasopresor para tratar de alcanzar PPC. Podemos asegurar que durante el tiempo de estudio los pacientes alcanzaron PPC durante la neuroprotección, tanto en el grupo de vivos como muertos; sin embargo, una sola determinación no es suficiente para poder tener una evaluación precisa de la hemodinamia cerebral, es por eso que debe relacionarse con las demás variables que obtenemos al realizar USG cerebral a la cama del paciente, como es la velocidad de arteria cerebral, IP, VNO y la determinación no invasiva de la PIC. El tratamiento médico iniciado apoyado con la evaluación dinámica cerebral nos ayuda a identificar en qué momento el paciente requiere craniectomía descompresiva por presencia de edema cerebral e hipertensión intracranal refractarias a tratamiento.

REFERENCIAS

1. Tsivgoulis G, Alexandrov AV. Ultrasound in neurology. *Continuum (Minneapolis Minn)*. 2016;22(5, Neuroimaging):1655-1677.
2. Kristiansson H, Nissborg E, Bartek J Jr, Andresen M, Reinstrup P, Romner B. Measuring elevated intracranial pressure through noninvasive methods: a review of the literature. *J Neurosurg Anesthesiol*. 2013;25(4):372-385.
3. Cook AM, Morgan Jones G, Hawryluk GWJ, Mailloux P, McLaughlin D, Papangelou A, et al. Guidelines for the acute treatment of cerebral edema in neurocritical care patients. *Neurocrit Care*. 2020;32(3):647-666.

4. Robba C, Goffi A, Geeraerts T, Cardim D, Via G, Czosnyka M, et al. Brain ultrasonography: methodology, basic and advanced principles and clinical applications. A narrative review. *Intensive Care Med.* 2019;45(7):913-927.
5. Chacón-Lozsán F, Rodríguez-Torres M, Pacheco C. Neuromonitorización hemodinámica por ultrasonido en el paciente crítico: ultrasonido transcranial. *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo.* 2018;18(3):164-174.
6. Lau VI, Arntfield RT. Point-of-care transcranial Doppler by intensivists. *Crit Ultrasound J.* 2017;9(1):21.
7. Rasulo FA, Bertuetti R. Transcranial doppler and optic nerve sonography. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2019;33 Suppl 1:S38-S52.
8. Muñoz SMA, Murillo CF, Rivera FMV. Rendimiento de un diagrama de correlación entre patrones ecográficos y hemodinámicas cerebrales. *Revista de Neurología.* 2004;38(5):411-416.
9. Pan Y, Wan W, Xiang M, Guan Y. Transcranial doppler ultrasonography as a diagnostic tool for cerebrovascular disorders. *Front Hum Neurosci.* 2022;16:841809.
10. Hossain I, Rostami E, Marklund N. The management of severe traumatic brain injury in the initial postinjury hours-current evidence and controversies. *Curr Opin Crit Care.* 2023;29(6):650-658.
11. Chen LM, Wang LJ, Hu Y, Jiang XH, Wang YZ, Xing YQ. Ultrasonic measurement of optic nerve sheath diameter: a non-invasive surrogate approach for dynamic, real-time evaluation of intracranial pressure. *Br J Ophthalmol.* 2019;103(4):437-441.
12. Blanco P, Abdo-Cuza A. Transcranial Doppler ultrasound in neurocritical care. *J Ultrasound.* 2018;21(1):1-16.
13. Kirkman MA, Smith M. Multimodality neuromonitoring. *Anesthesiol Clin.* 2016;34(3):511-523.
14. Rasulo FA, Togni T, Romagnoli S. Essential noninvasive multimodality neuromonitoring for the critically ill patient. *Crit Care.* 2020;24(1):100.

Financiamiento: el presente trabajo no recibió patrocinios, se utilizaron recursos propios del hospital.

Conflictos de intereses: los autores declararon no tener conflicto de intereses.

Correspondencia:

Dr. Alberto Vázquez Aguilar

E-mail: alberts_0989@hotmail.com



Filtro adsorbente en la terapia de reemplazo renal continua. Una trampa perfecta en choque séptico: un estudio observacional retrospectivo unicéntrico del sureste mexicano

Adsorbent filter in the continuous renal replacement therapy. The perfect trap in septic shock: an observational retrospective unicentric study from the Mexican southeast

Filtro adsorvente na terapia de substituição renal continua. Uma armadilha perfeita no choque séptico: um estudo observacional retrospectivo unicêntrico do Sudeste mexicano

Jorge López Fermin,* Kipsia Elizabeth Vásquez Añas,* Iveth Soledad Zamora Guevara,* Blanca Flor Zavaleta Hernández*

RESUMEN

Introducción: la lesión renal aguda en el escenario de choque séptico se asocia con una recuperación renal prolongada y una mortalidad alta. Las estrategias continuas de reemplazo renal son aquellas técnicas que incluyen la circulación continua de sangre por circuitos extracorpóreos con el fin de depurarla, y forman parte del tratamiento y cuidado integral de pacientes con lesión renal aguda. La terapia con un filtro adsorbente de sangre extracorpórea establece un modelo causal de eliminación de endotoxinas y citocinas que podría beneficiar a los pacientes con esta entidad.

Objetivo: comparar la eficacia del filtro adsorbente en la terapéutica de lesión renal aguda en choque séptico.

Material y métodos: presentamos un estudio observacional retrospectivo realizado desde septiembre de 2022 hasta enero de 2024 en la unidad de cuidados intensivos de un centro hospitalario. Todos los pacientes recibieron terapia de reemplazo renal continua (CRRT) durante ≥ 24 h. Los resultados primarios fueron la mortalidad. Los resultados secundarios incluyeron días de terapia de reemplazo renal y la puntuación SOFA.

Resultados: se incluyeron un total de 52 pacientes con choque séptico y lesión renal aguda. El grupo de intervención (grupo oXiris; $n = 26$) recibió CRRT con hemofiltro con función de adsorción de citocinas y endotóxica (oXiris), mientras que el grupo de control (grupo ST150; $n = 26$) fue tratado con el hemofiltro ST150. Se realizó una prueba de bondad de ajuste estableciendo una distribución por grupos no paramétrica, se empleó un coeficiente de correlación rango de Kendall, las variables de interés grupo oXiris, grupo ST150, tiempo de duración de terapia de reemplazo renal (TDTRR) y supervivencia, mostraron significancia bilateral; grupo oXiris y TDTRR $R = 0.53$ ($p \leq 0.001$), grupo oXiris y supervivencia $R = -0.46$ ($p \leq 0.001$), grupo ST150 y TDTRR $R = -0.53$ ($p \leq 0.001$) grupo ST150 y supervivencia $R = 0.46$ ($p \leq 0.001$). Se realizó un análisis de supervivencia y se estableció un nivel nominal de significancia mediante *log rank*, se observó que la mortalidad temprana en el grupo oXiris no logró incrementar la esperanza de vida frente al grupo ST150, el cual incrementó 4.5 días, la evaluación a 60 días en el grupo oXiris no logró demostrar diferencia del nivel nominal de significancia establecido.

Conclusión: el empleo de hemofiltros con la propiedad adsorbente no logró demostrar incremento en la esperanza de vida en nuestra población de estudio mediante un análisis de correlación frente a un hemofiltro ST150. La evaluación de costo-beneficio es nuestro argumento debido al uso irracional del filtro adsorbente en nuestro medio. Es necesario realizar más investigaciones en ensayos controlados aleatorios o estudios prospectivos de alta calidad para validar los presentes hallazgos.

Palabras clave: lesión renal aguda, terapia de reemplazo renal continua, adsorción, oXiris, choque séptico.

ABSTRACT

Introduction: acute kidney injury in the setting of septic shock is associated with prolonged renal recovery and high mortality. Continuous renal replacement

strategies are those techniques that include the continuous circulation of blood through extracorporeal circuits in order to purify it, and are part of the comprehensive treatment and care of patients with acute kidney injury. Therapy with an extracorporeal blood adsorbent filter establishes a causal model of endotoxin and cytokine elimination that could benefit patients with this entity.

Objective: to compare the effectiveness of the adsorbent filter in the treatment of acute kidney injury in septic shock.

Material and methods: we present a retrospective observational study carried out from September 2022 to January 2024 in the intensive care unit of a hospital center. All patients received CRRT for ≥ 24 hours. The primary outcome was mortality. Secondary outcomes like days of renal replacement therapy and SOFA score were included.

Results: a total of 52 patients with septic shock and acute kidney injury were added. The intervention group (oXiris group; $n = 26$) received CRRT with cytokine adsorption and endotoxic function hemofilter (oXiris), meanwhile, the control group (group ST150; $n = 26$) was treated with the hemofilter ST150. A goodness-of-fit test was performed establishing a non-parametric distribution group where a correlation coefficient Kendall rank was used. The variables of interest were oXiris group, ST 150 group, renal replacement therapy duration (TDTRR) and survival, showed bilateral significance; oXiris group and TDTRR $R = 0.53$ ($p \leq 0.001$), ST150 group and TDTRR $R = -0.53$ ($p \leq 0.001$) ST150 group and survival $R = 0.46$ ($p \leq 0.001$). A survival analysis was performed and a nominal level of significance was established using log rank. It was observed that early mortality in the oXiris group failed to increase life expectancy compared to the ST150 group, which increased 4.5 days the evaluation at 60 days in the oXiris group which didn't demonstrate from the established nominal level of significance.

Conclusions: the use of hemofilters with adsorbent property did not demonstrate an increase in life expectancy in our study population through a correlation analysis compared to a ST150 hemofilter. The cost-benefit evaluation is our argument due to the rational use of the adsorbent filter at our environment. Further researches in randomized controlled trials or high-quality prospective studies are needed to validate the present findings.

Keywords: acute kidney injury, continuous renal replacement therapy, adsorption, oXiris, septic shock.

RESUMO

Introdução: a lesão renal aguda no contexto de choque séptico está associada a recuperação renal prolongada e elevada mortalidade. Estratégias de substituição renal contínua são aquelas técnicas que incluem a circulação contínua de sangue através de circuitos extracorpóreos para purificá-lo e fazem parte do tratamento e cuidado integral de pacientes com lesão renal aguda. A terapia com filtro extracorpóreo de adsorção de sangue estabelece um modelo causal de eliminação de endotoxinas e citocinas que poderia beneficiar pacientes com esta entidade.

Objetivo: o objetivo do nosso trabalho foi comparar a eficácia do filtro adsorvente no tratamento da lesão renal aguda no choque séptico.

Material e métodos: apresentamos um estudo observacional retrospectivo realizado de setembro de 2022 a janeiro de 2024 na unidade de terapia intensiva de um centro hospitalar. Todos os pacientes receberam CRRT por ≥ 24 horas. Os resultados primários foram mortalidade. Os resultados secundários incluirão dias de terapia renal substitutiva e escore SOFA.

Resultados: foram incluídos 52 pacientes com choque séptico e lesão renal aguda. O grupo intervenção (grupo oXiris; $n = 26$) recebeu CRRT com hemofiltro com adsorção de citocinas e função endotóxica (oXiris), enquanto o grupo controle (grupo ST150; $n = 26$) foi tratado com hemofiltro ST150.

Foi efetuado um teste de bondade de ajuste estabelecendo uma distribuição não paramétrica por grupos, foi utilizado um coeficiente de correlação de rango

* Hospital de Alta Especialidad ISSSTE Veracruz. Veracruz, México.

Recibido: 20/09/2024. Aceptado: 26/09/2024.

Citar como: López FJ, Vásquez AKE, Zamora GIS, Zavaleta HBF. Filtro adsorbente en la terapia de reemplazo renal continua. Una trampa perfecta en choque séptico: un estudio observacional retrospectivo unicéntrico del sureste mexicano. Med Crit. 2024;38(8):644-649. <https://dx.doi.org/10.35366/120010>

www.medigraphic.com/medicinacritica

Kendall, as variáveis de interesse grupo oXiris, grupo ST150, duração da terapia de substituição renal (TDTRR) e sobrevida mostraram significância bilateral; grupo oXiris e TDTRR $R = 0.53$ ($p \leq 0.001$), grupo oXiris e sobrevida $R = -0.46$ ($p \leq 0.001$), grupo ST150 e TDTRR $R = -0.53$ ($p \leq 0.001$), grupo ST150 e sobrevida $R = 0.46$ ($p \leq 0.001$). Foi realizada uma análise de sobrevida e foi estabelecido um nível de significância nominal por meio do log rank. Observou-se que a mortalidade precoce no grupo oXiris não conseguiu aumentar a expectativa de vida em comparação ao grupo ST150, que aumentou 4.5 dias. A avaliação aos 60 dias no grupo oXiris não conseguiu demonstrar diferença em relação ao nível de significância nominal estabelecido.

Conclusão: o uso de hemofiltros com propriedade adsorvente não conseguiu demonstrar um aumento na expectativa de vida em nossa população de estudo através de uma análise de correlação em comparação com um hemofiltro ST150. A avaliação custo-benefício é nosso argumento devido ao uso irracional do filtro adsorvente em nosso ambiente. Mais pesquisas em ensaios clínicos randomizados ou estudos prospectivos de alta qualidade são necessárias para validar os presentes achados.

Palavras-chave: lesão renal aguda, terapia de substituição renal contínua, adsorção, oXiris, choque séptico.

Abreviaturas:

CAVH = hemofiltración arteriovenosa continua

CRRT = terapia de reemplazo renal continua

CVVH = hemofiltración veno-venosa continua

EAA = ensayo de actividad de endotoxinas

HD = hemodiálisis

HMGB1= grupo caja-1 de alta movilidad

IL = interleucina-

IRRT = terapia de reemplazo renal intermitente

LRA = lesión renal aguda

RRT = terapia de reemplazo renal

TDTRR = tiempo de duración de terapia de reemplazo renal

TNF- α = factor de necrosis tumoral alfa

UCI = Unidad de Cuidados Intensivos

INTRODUCCIÓN

La lesión renal aguda (LRA) es un problema clínico común en pacientes de la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) y predice de forma independiente un mal resultado, se ha visto la aparición de LRA en aproximadamente 36% de todos los pacientes admitidos en la UCI. La etiología de la LRA en pacientes críticos suele ser multifactorial. Dos estudios multicéntricos han demostrado que entre 46 y 48% de todas las LRA en pacientes críticos pueden atribuirse a la sepsis. Alternativamente, los estudios centrados principalmente en la sepsis han descrito que se estima que entre 10 y 50% de los pacientes desarrollan LRA.¹

La tasa de aparición de LRA asociada a sepsis/choque séptico (LRA-S), oscila entre 11 y 42%, Sin embargo, esta tasa supera 50% en pacientes con LRA grave, lo que resulta en una mayor mortalidad y una recuperación renal prolongada. Aunque los mecanismos involucrados en la lesión renal asociada a sepsis/choque séptico no están bien establecidos, pueden involucrar los siguientes aspectos: desregulación inmunológica y autonómica, disfunción macrovascular y microvascular y respuesta celular anormal.² La desregulación inmunológica y autonómica comórbida con altos niveles de endotoxinas y citocinas circulantes que aceleran la pro-

gresión de choque séptico juega un papel importante, el cual se divide en dos etapas: en la etapa 1 (etapa de infección), el sistema inmunológico reconoce los patógenos. Los componentes específicos de la superficie de los patógenos, como la endotoxina, un componente de la pared celular de las bacterias Gram negativas, se denominan patrones moleculares asociados a patógenos. Estos pueden liberarse a la circulación sanguínea después de la lisis bacteriana. Durante la infección, los patrones moleculares asociados a patógenos son reconocidos primero por receptores expresados en la superficie de las células inmunes, esta señal activa los leucocitos e induce la síntesis y liberación de citocinas proinflamatorias y antiinflamatorias, incluido el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α), interleucina-1 (IL-1), IL-6, IL-8 y IL-10. La liberación de una gran cantidad de citocinas en la circulación sanguínea se denomina «tormenta de citocinas» y es la causa principal de disfunción orgánica múltiple. En la etapa 2, las células huésped dañadas expresan patrones moleculares asociados al daño, como el grupo caja-1 de alta movilidad (HMGB1), en sus superficies. Los patrones moleculares asociados al daño se liberan en la circulación sanguínea y son reconocidos por receptores de reconocimiento de patrones, que mejoran la activación de los leucocitos y la síntesis de citocinas, y agravan la progresión de la inflamación inmune descontrolada. La parálisis inducida por la inmunización ocurre después de la tormenta inicial de citocinas.^{2,3}

El tratamiento de LRA asociada a sepsis/choque séptico (LRA-S) implica principalmente una terapia antimicrobiana adecuada, reanimación inicial con líquidos, soporte vasopresor y soporte nutricional. La terapia de purificación de sangre extracorpórea para la eliminación de endotoxinas y citocinas se sugiere como terapia adyuvante para la sepsis. Sin embargo, faltan ensayos controlados aleatorios multicéntricos positivos que confirmen las evidencias clínicas disponibles actualmente.³

La terapia de reemplazo renal continua (CRRT) es una purificación de sangre extracorpórea continua, lenta y suave, que está diseñada para replicar la función depurativa del riñón. Por lo general, se implementa durante 24 horas a varios días con el objetivo de corregir suavemente la sobrecarga de líquidos y eliminar el exceso de toxinas urémicas. La LRA grave no tratada en pacientes críticos se asocia con alta tasa de mortalidad. La terapia de reemplazo renal (RRT) representa una mejor modalidad para el tratamiento de la LRA grave. Aunque no hay evidencia clara que demuestre la superioridad de la CRRT en la tasa de supervivencia frente a la terapia de reemplazo renal intermitente (IRRT), la superioridad de la CRRT parece encontrar evidencia clara cuando se consideran grupos específicos de pacientes y cuando está indicado un tratamiento y una modalidad personalizados. La eficacia de la CRRT se

debe principalmente a su control preciso del volumen, a la corrección ácido-base y electrolítica estable y al logro de la estabilidad hemodinámica en adultos, donde, en la mayoría de los casos, ya se ha llegado a un juicio clínico de que dichos pacientes no pueden tolerar la eliminación relativamente rápida de líquidos y solutos mediante IRRT.⁴

Peter Kramer de Göttingen (Alemania) implementó la técnica en 1977. La técnica se estableció cuando Kramer intentaba introducir un catéter en la vena femoral para iniciar la HD. Aunque el catéter se insertó inadvertidamente en la arteria femoral, Kramer se dio cuenta de que la presión arterial media del paciente podía crear una diferencia de presión arteriovenosa suficiente en el circuito extracorpóreo para impulsar el flujo sanguíneo. Este suceso fortuito fue la génesis de la hemofiltración arteriovenosa continua (CAVH), que proporcionó la eliminación neta de solutos por convección (depuración) mediante la combinación de ultrafiltración y restitución del volumen plasmático con solución de reemplazo.⁵ Más tarde, en 1987, Peter Robert Uldall (Toronto, Canadá), introdujo la «hemofiltración veno-venosa continua (CVVH)» incorporando una bomba y reemplazando la dependencia del flujo sanguíneo de la presión arterial media del paciente. Esta técnica evitó no sólo los riesgos y complicaciones potenciales de perforar una arteria principal (por ejemplo, infección, trombosis distal y desconexión/sangrado), sino también la imprevisibilidad de las tasas de flujo sanguíneo extracorpóreo debido a los cambios en el estado hemodinámico del paciente.⁶ El éxito de la CRRT depende de las dosis prescritas y alcanzadas, que son función de las tasas de reposición de líquidos y/o administración de dializado, duración del tratamiento, tipo de dializador y método, así como dosis de anticoagulación.⁷ Los pacientes con LRA grave en la UCI generalmente requieren TRR en forma de HD intermitente, diálisis peritoneal, HD extendida (diálisis lenta de baja eficiencia: SLED) o CRRT. La evidencia actual y las directrices KDIGO respaldan la implementación de CRRT en pacientes hemodinámicamente inestables y aquellos con presión intracraneal elevada.⁸ La dosis de CRRT puede representarse por el volumen de sangre purificada por unidad de tiempo y se cuantifica mediante la tasa de efluente normalizada al peso corporal (unidad: mL/kg/h).⁷ En la práctica clínica, el efluente comprende ultrafiltrado neto (de acuerdo con los requisitos de eliminación neta de líquido) junto con líquido de reemplazo y/o dializado, dependiendo de la modalidad CRRT específica.⁷

MATERIAL Y MÉTODOS

Tipo de estudio: retrospectivo, analítico, observacional y longitudinal.

Universo: pacientes que se encuentran hospitalizados con diagnóstico de sepsis, independientemente

del foco, y requerimiento de inicio de terapia de reemplazo renal, que están a cargo del Servicio de Terapia Intensiva en el Hospital Regional ISSSTE de Veracruz, Veracruz.

Diseño del estudio: se realizó un estudio cuantitativo en adultos ingresados a la Unidad de Terapia Intensiva en el Hospital Regional de Alta Especialidad ISSSTE Veracruz, México, provenientes de urgencias u hospitalización general.

Se recurrió a un tipo de muestreo no probabilístico por conveniencia, se seleccionó la población de acuerdo con los intereses y los criterios de inclusión y/o exclusión mencionados por el grupo de investigación.

Cálculo de la muestra: para estimar el tamaño de muestra se utilizó inicialmente la fórmula para poblaciones infinitas, dado que esta permite obtener un valor conservador cuando aún no se ha definido con certeza el tamaño total de la población o se desea garantizar la precisión estadística en escenarios con poblaciones amplias. Se asumió un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, correspondiente a un valor de $z = 1.96$, una prevalencia estimada del 5% ($p = 0.05$; $q = 0.95$) y un margen de error (d) de 0.05. Posteriormente, al conocer que la población total accesible era de 52 pacientes, se aplicó la corrección para población finita, utilizando la fórmula pertinente. Por lo tanto, el tamaño de muestra final requerido, ajustado a la población finita del estudio, fue de 26 participantes.

RESULTADOS

Se incluyeron un total de 52 pacientes con choque séptico y lesión renal aguda. El grupo de intervención (grupo oXiris; $n = 26$) recibió CRRT con hemofiltro con función de adsorción de citocinas y endotóxica (oXiris), mientras que el grupo de control (grupo ST150; $n = 26$) fue tratado con el hemofiltro ST150 (*Tabla 1*). Se realizó una prueba de bondad de ajuste estableciendo una distribución por grupos no paramétrica, se empleó un coeficiente de co-

Tabla 1: Características de la población de interés.

Variable	Media \pm Desviación estándar	n (%)
ST150	N/A	26 (50)
OXIRIS	N/A	26 (50)
Edad	58.12 \pm 14.09	
Diabetes	0.48 \pm 0.505	27 (51.90)
Hipertensión	0.46 \pm 0.503	28 (48.10)
ICC	0.42 \pm 0.499	30 (57.70)
EPOC	0.31 \pm 0.466	36 (69.20)
SOFA	10.98 \pm 2.578	24 (9.60)
Días de TRR	3.29 \pm 1.091	13 (25)
Días de sobrevida	25.54 \pm 12.046	N/A

EPOC = enfermedad pulmonar obstructiva crónica. ICC = insuficiencia cardiaca crónica. SOFA = Sequential Organ Failure Assessment. TRR = terapia de reemplazo renal.

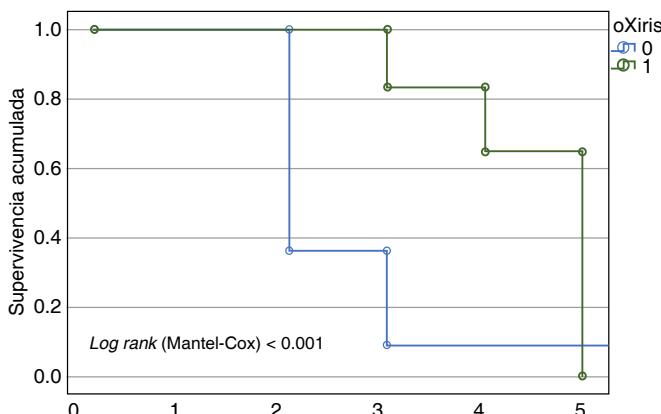


Figura 1: Análisis de supervivencia temprana (Kaplan-Meier) función adsorbiva en la terapia de reemplazo renal.

rrelación rango de Kendall, las variables de interés grupo oXiris, grupo ST150, tiempo de duración de terapia de reemplazo renal (TDTRR) y supervivencia, mostraron significancia bilateral; grupo oXiris y TDTRR $R = 0.53$ ($p \leq 0.001$), grupo oXiris y supervivencia $R = -0.46$ ($p \leq 0.001$), grupo ST150 y TDTRR $R = -0.53$ ($p \leq 0.001$) grupo ST150 y supervivencia $R = 0.46$ ($p \leq 0.001$). Se realizó un análisis de supervivencia y se estableció un nivel nominal de significancia mediante *log rank*, se observó que la mortalidad temprana en el grupo oXiris no logró incrementar la esperanza de vida frente al grupo ST150, el cual incrementó 4.5 días (*Figura 1*), la evaluación a 60 días en el grupo oXiris no logró demostrar diferencia del nivel nominal de significancia establecido (*Figura 2*).

DISCUSIÓN

En nuestro estudio se realizó el análisis de los pacientes que ingresaron a la UCI con LRA en cualquiera de los estadios de acuerdo a la clasificación de KDIGO más sepsis de cualquier foco. La terapia de reemplazo renal lenta continua fue la modalidad utilizada por ser la que garantiza una mejor estabilidad hemodinámica en los pacientes críticos bajo dos tipos de filtros. Diversos ensayos han sido la base para el análisis de las diferentes modalidades, el inicio de la terapia de reemplazo renal, así como los desenlaces de los pacientes que ingresan a una unidad de cuidados intensivos por diferentes causas (*Figura 3*).

El *Surviving Sepsis Campaign Guidelines* (SSCG) 2016 declaró: «no hacemos ninguna recomendación con respecto al uso de técnicas de purificación de la sangre». ⁹ Además, los ensayos EUPHAS y ABDO-MIX no midieron los niveles de endotoxinas en sangre. ^{10,11} El tercer ensayo, a saber, la evaluación del uso de la hemoperfusión de la polimixina B en un ensayo controlado aleatorio de adultos tratados para endotoxemia y choque séptico (EUPHRATES), evaluó el choque séptico

co e incluyó a pacientes con un ensayo de actividad de endotoxinas (EAA) ≥ 0.6 y una puntuación de disfunción de órganos múltiples (MODS) > 9 en los Estados Unidos y Canadá en 2018. ¹² Los resultados mostraron un cambio no significativo en las tasas de mortalidad de 28 días (44.5% en el grupo PMX-DHP frente a 43.9% en el grupo convencional, $p = 0.92$). ¹² Por lo tanto, el SSCG 2021 declaró: «para adultos con sepsis o shock séptico, sugerimos no usar la hemoperfusión de polimixina B. Recomendación débil, baja calidad de la evidencia». ¹³ Sin embargo, el análisis *post hoc* del estudio EUPHRATES, excluyendo a los pacientes con un EAA > 0.9 , mostró una disminución significativa en las tasas de mortalidad de 28 días (26.1% en el grupo PMX-DHP frente al 36.8% en el grupo convencional, $p = 0.047$). ^{11,12} Sobre la base de esto, la seguridad y eficacia de la hemoperfusión de polimixina B para el choque séptico endotóxico en un estudio abierto aleatorio (TIGRIS) se está llevando a cabo actualmente en pacientes con choque séptico y niveles de EAA entre 0.60 y 0.9. ¹⁴

En otro estudio observacional retrospectivo que ingresó a 136 pacientes con sepsis y LRA, Guan y colaboradores informaron una tasa de mortalidad significativamente menor de siete días (47.1% frente al 74.2%) y 14 días en el grupo oXiris que en el grupo AN69ST (58.5% frente al 80.3%), aunque la diferencia en la tasa de mortalidad de 90 días (71.4% frente al 81.8%) fue insignificante. ⁶ En comparación con AN69ST-CRRT, oXiris-CRRT también se asoció con una reducción más rápida en la puntuación SOFA y una mayor disminución en el nivel de procalcitonina y la puntuación inotrópica vasoactiva. Además, los autores encontraron que oXiris-CRRT estaba asociado con un menor riesgo de muerte con una relación de riesgo de 0.500 (IC95%: 0.280-0.892; $p = 0.019$) que AN69ST utilizando un modelo de regresión Cox multivariante. ¹⁵

En un estudio multicéntrico realizado en los EE. UU. que incluyó a 3,099 adultos críticamente enfermos con

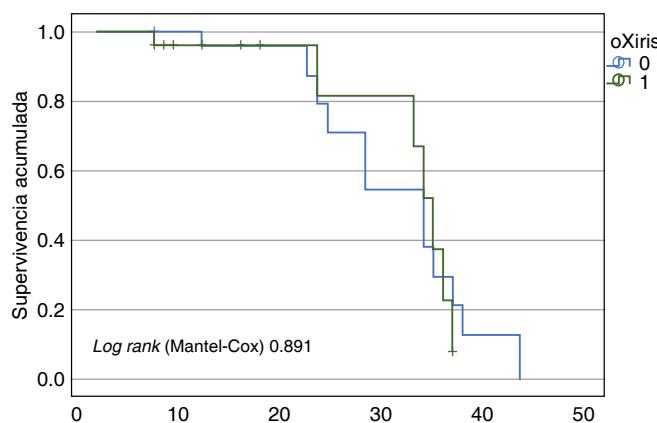


Figura 2: Análisis de supervivencia a 60 días (Kaplan-Meier) función adsorbiva en terapia de reemplazo renal.

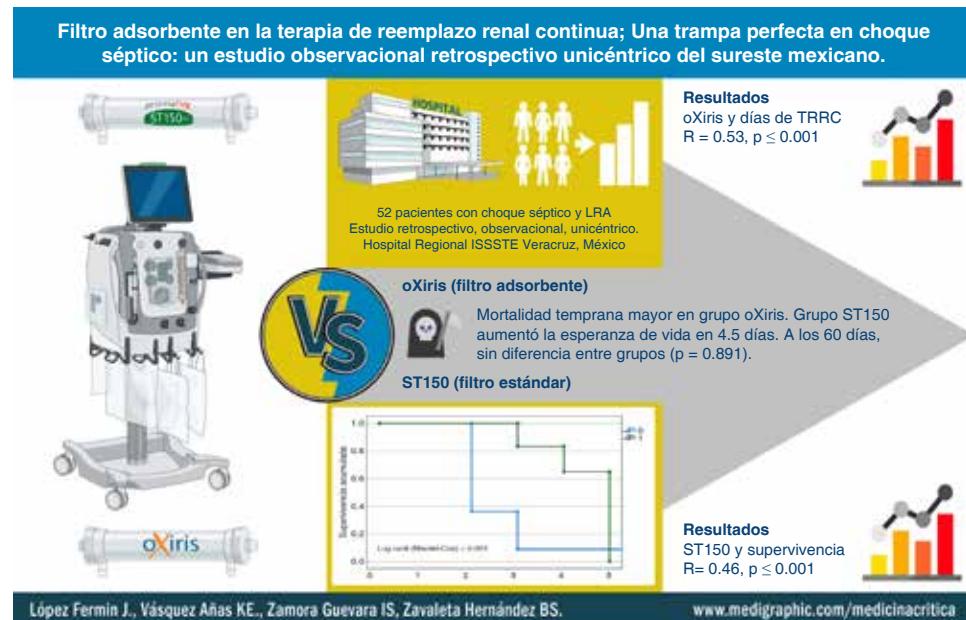


Figura 3:

Evaluación de pacientes con lesión renal aguda y terapia de soporte renal sometidos a dos filtros.

COVID-19, Gupta y sus colegas analizaron la relación entre la terapia de reemplazo renal (AKI-RRT) y la mortalidad hospitalaria. Los resultados mostraron que los pacientes tratados con AKI-RRT presentaban una tasa de mortalidad superior al 60%. Los factores de riesgo asociados con la necesidad de AKI-RRT incluyeron enfermedades crónicas previas, ser hombre, pertenecer a una raza no blanca, tener hipertensión, diabetes *mellitus*, sobrepeso, un dímero D elevado y una mayor gravedad de la hipoxemia al ingreso en la UCI. Estos factores contribuyeron a la mayor incidencia de lesión renal aguda en este grupo de pacientes.¹⁶

Además, el hemofiltro oXiris, aprobado por la FDA en abril de 2020 para su uso de emergencia, se destacó por su capacidad para adsorber mediadores proinflamatorios durante las sesiones de terapia de reemplazo renal continuo (CRRT). Este dispositivo fue utilizado en casos de tormentas de citoquinas y/o insuficiencia renal aguda en pacientes adultos con COVID-19, debido a su eficacia en la eliminación de inflamatorios presentes en el torrente sanguíneo.¹⁷ En una serie de casos, Zhang y colegas descubrieron que oXiris-CRRT podría reducir el nivel de IL-6, IL-8, PCR y mejorar el estado hemodinámico, así como la función orgánica.¹⁸ En un estudio controlado aleatorio no ciego prospectivo, Kang y su grupo indicaron que oXiris-CRRT no mostró ninguna ventaja en la eliminación de citocinas circulantes y quimiocinas inflamatorias en pacientes sin LRA con COVID-19 grave y crítico.¹⁹

CONCLUSIONES

El empleo de hemofiltros con la propiedad adsorbente no logró demostrar incremento en la esperanza

de vida en nuestra población de estudio mediante un análisis de correlación frente a un hemofiltro ST150. La evaluación de costo-beneficio es nuestro argumento debido al uso irracional del filtro adsorbente en nuestro medio. Es necesario realizar más investigaciones en ensayos controlados aleatorios o estudios prospectivos de alta calidad para validar los presentes hallazgos.

REFERENCIAS

1. Hoste EA, Bagshaw SM, Bellomo R, Cely CM, Colman R, Cruz DN, et al. Epidemiology of acute kidney injury in critically ill patients: the multinational AKI-EPI study. *Intensive Care Med*. 2015;41(8):1411-1423. doi: 10.1007/s00134-015-3934-7
2. Bagshaw SM, Uchino S, Bellomo R, Morimatsu H, Morgera S, Schetz M, et al. Septic acute kidney injury in critically ill patients: clinical characteristics and outcomes. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2007;2(3):431-439.
3. Gomez H, Kellum JA. Sepsis-induced acute kidney injury. *Curr Opin Crit Care*. 2016;22(6):546-553.
4. Kellum JA, Mehta RL, Angus DC, Palevsky P, Ronco C, ADQI Workgroup. The first international consensus conference on continuous renal replacement therapy. *Kidney Int*. 2002;62(5):1855-1863. doi: 10.1046/j.1523-1755.2002.00613.x.
5. Kramer P, Wigger W, Rieger J, Matthaei D, Scheler F. Arteriovenous haemofiltration: a new and simple method for treatment of over-hydrated patients resistant to diuretics. *Klin Wochenschr*. 1977;55(22):1121-1122.
6. Uldall PR. Continuous veno-venous hemofiltration (CVVH) in critically ill patients: a new approach to renal replacement therapy. *Can J Surg*. 1987;30(5):427-430.
7. Ronco C, Reis T. Continuous renal replacement therapy and extended indications. *Semin Dial*. 2021;34(6):550-560. doi: 10.1111/sdi.12963
8. Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) Acute Kidney Injury Work Group. KDIGO clinical practice guideline for acute kidney injury. *Kidney Int Suppl*. 2012;2(1):1-138.
9. Rhodes A, Evans LE, Alhazzani W, Levy MM, Antonelli M, Ferrer R, et al. (2016). Surviving Sepsis Campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock: 2016. *Intensive Care Med*. 2016;42(12):1-43.

10. Cutuli SL, Artigas A, Fumagalli R, Monti G, Ranieri VM, Ronco C, et al. Polymyxin-B hemoperfusion in septic patients: analysis of a multicenter registry. *Ann Intensive Care*. 2016;6(1):77. doi: 10.1186/s13613-016-0178-9
11. Lobo SM, et al. ABDO-MIX: a randomized trial evaluating the effect of blood purification on endotoxemia in septic shock. *J Crit Care*. 2014;29(5):801-808.
12. Ghosh S, et al. The EUPHRATES trial: a randomized controlled trial of polymyxin B hemoperfusion for endotoxemia in septic shock. *J Am Med Association (JAMA)*. 2018;320(3):292-301.
13. Evans L, Rhodes A, Alhazzani W, Antonelli M, Coopersmith CM, French C, et al. Surviving Sepsis Campaign: Guidelines for management of sepsis and septic shock: 2021. *Crit Care Med*. 2021;49(11):e1063-e1144.
14. Clinicaltrials.gov. Disponible en: <https://clinicaltrials.gov/study/NCT03901807>
15. Shibata M, Miyamoto K, Kato S. Comparison of the circulatory effects of continuous renal replacement therapy using AN69ST and polysulfone membranes in septic shock patients: a retrospective observational study. *Ther Apher Dial*. 2020;24(5):561-567. doi: 10.1111/1744-9987.13462
16. Gupta S, et al. Multicenter study on critically ill patients with COVID-19. *J Clin Med*. 2020;9(8):2465.
17. U.S. Food and Drug Administration (FDA). Emergency use authorization for oXiris hemofilter. 2020
18. Li Y, Sun P, Chang K, Yang M, Deng N, Chen S, et al. Effect of continuous renal replacement therapy with the oXiris hemofilter on critically ill patients: a narrative review. *J Clin Med*. 2022;11(22):6719. doi: 10.3390/jcm11226719
19. Kang Y, et al. A randomized controlled trial of oXiris-CRRT in patients with severe and critical COVID-19 without acute kidney injury. *J Crit Care*. 2021;61:12-18.

Patrocinios: los autores declaran no tener patrocinios.

Conflictos de intereses: los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Correspondencia:

Jorge López Fermín

E-mail: salemcito1@gmail.com



Índice de respiración rápida superficial diafragmática como predictor de *weaning* exitoso de ventilación mecánica en pacientes neurocríticos

Rapid diaphragmatic superficial breathing index as a predictor of successful weaning of mechanical ventilation in neurocritical patients

Índice respiratório rápido e superficial diafragmático como preditor de weaning exitoso da ventilação mecânica em pacientes neurócríticos

Francisco Alberto Rodríguez Lee,* David Rubio Payan,* Idania Yael Trias Bonilla,* Manuel Salvador Aguilera Rosas*

RESUMEN

Introducción: la ventilación mecánica invasiva es un soporte vital en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda en unidades de cuidados intensivos. Su uso prolongado está asociado con incremento de la morbilidad y mortalidad. El fracaso en el proceso de retirada de la ventilación mecánica afecta a 20% de los casos, teniendo un impacto en el curso clínico del paciente que se asocia con mortalidad en 50% de los mismos. Dentro de las múltiples herramientas y métodos para el éxito del *weaning* de reciente aplicación se integra la evaluación de la función diafragmática.

Objetivo: analizar la asociación entre el índice de respiración rápida superficial diafragmática y el éxito en el proceso de *weaning* de la ventilación mecánica en pacientes neurocríticos.

Material y métodos: estudio de carácter observacional, analítico, transversal y prospectivo realizado en pacientes orointubados con cuidados neurocríticos en la unidad de terapia intensiva. **Tamaño de la muestra:** los datos se analizarán con SPSS. Se usarán medidas de tendencia central y dispersión para variables cuantitativas, y frecuencias y porcentajes para cualitativas. Se aplicarán la prueba *t* de Student y χ^2 o Fisher según corresponda. Las curvas Kaplan-Meier evaluarán diferencias en evolución y estancia hospitalaria. Valores de $p < 0.05$ se considerarán significativos. **Factibilidad:** el número necesario de pacientes es viable, se cuenta con camas censables e insumos necesarios, el investigador cuenta con experiencia en la medición de las variables. No se requiere de un financiamiento externo.

Resultados: se incluyeron 52 pacientes, 42.3% fueron mujeres y 57.7% hombres, con edad media de 37.2 años. Se observó un IMC promedio de 24.4, un puntaje promedio de Glasgow de 6.8 y estuvieron intubados un promedio de 5.2 días. A menor índice de Tobin ($p = 0.003$) y un porcentaje de fuga reducido ($p = 0.000$) se asoció con un mayor éxito en el *weaning* ventilatorio. El volumen tidal inspiratorio también mostró correlación positiva con el éxito ($p = 0.001$), al igual que la frecuencia respiratoria menor ($p = 0.003$). Las mujeres presentaron mayores probabilidades de éxito en comparación con los hombres ($p = 0.038$). La tasa de éxito del *weaning* en la población estudiada fue de 90.4%.

Conclusiones: índice de Tobin Diafragmático es un predictor de éxito del destete ventilatorio. Factores como edad, frecuencia respiratoria, volumen tidal y porcentaje de fuga son predictores del éxito en el destete ventilatorio.

Palabras clave: Tobin, excursión diafragmática, D-RBSI, *weaning* ventilatorio.

ABSTRACT

Introduction: invasive mechanical ventilation is a vital support for patients with acute respiratory failure in intensive care units. Prolonged use is associated with increased morbidity and mortality. Failure in the weaning process affects 20% of cases, impacting the patient's clinical course and being associated with 50% mortality. Among the various tools and methods for successful weaning, recent applications include the evaluation of diaphragmatic function.

Objective: to analyze the association between the diaphragmatic rapid shallow breathing index and the success of the weaning process from mechanical ventilation in neurocritical patients.

Material and methods: this is an observational, analytical, cross-sectional, and prospective study conducted on orotracheally intubated neurocritical patients in the Intensive Care Unit. Sample size: data will be analyzed using SPSS. Measures of central tendency and dispersion will be used for quantitative variables, and frequencies and percentages for qualitative variables. The Student's *t*-test and χ^2 or Fisher's test will be applied as appropriate. Kaplan-Meier curves will evaluate differences in evolution and hospital stay. Values of $p < 0.05$ will be considered significant. Feasibility: the required number of patients is feasible, with sufficient beds and necessary supplies. The researcher has experience in measuring the variables. External funding is not required.

Results: a total of 52 patients were included, 42.3% were women and 57.7% men, with a mean age of 37.2 years. The average BMI was 24.4, the mean Glasgow score was 6.8, and they were intubated for an average of 5.2 days. A lower Tobin index ($p = 0.003$) and reduced leakage percentage ($p = 0.000$) were associated with greater success in ventilator weaning. Inspiratory tidal volume also showed a positive correlation with success ($p = 0.001$), as did a lower respiratory rate ($p = 0.003$). Women had a higher likelihood of success compared to men ($p = 0.038$). The overall success rate of weaning in the studied population was 90.4%.

Conclusions: diaphragmatic Rapid Shallow Index is a predictor of successful ventilator weaning. Factors such as age, respiratory rate, tidal volume, and leakage percentage are predictors of successful ventilator weaning.

Keywords: Tobin, diaphragmatic excursion, D-RBSI, ventilatory weaning.

RESUMO

Introdução: a ventilação mecânica invasiva é suporte vital em pacientes com insuficiência respiratória aguda nas unidades de terapia intensiva. Seu uso prolongado está associado ao aumento da morbimortalidade. A falha no processo de retirada da ventilação mecânica afeta 20% dos casos, tendo impacto na evolução clínica do paciente que está associada à mortalidade em 50% deles. Dentro das múltiplas ferramentas e métodos para o sucesso do weaning recentemente aplicados, integra-se a avaliação da função diafragmática.

Objetivo: analisar a associação entre o índice diafragmático de respiração rápida e superficial e o sucesso no processo de weaning da ventilação mecânica em pacientes neurocríticos.

Material e métodos: estudo observacional, analítico, transversal e prospectivo realizado em pacientes orointubados com cuidados neurocríticos na Unidade de Terapia Intensiva. Tamanho da amostra: os dados serão analisados com SPSS. Serão utilizadas medidas de tendência central e dispersão para variáveis quantitativas, e frequências e porcentagens para variáveis qualitativas. O teste *t* de Student e o teste χ^2 ou Fisher serão aplicados conforme apropriado. As curvas de Kaplan-Meier avaliarão diferenças na evolução e permanência hospitalar. Valores de $p < 0.05$ serão considerados significativos. Viabilidade: o número necessário de pacientes é viável, existem leitos censitários e insumos necessários, o pesquisador tem experiência na mensuração das variáveis. Não é necessário financiamento externo.

Resultados: foram incluídos 52 pacientes, 42.3% do sexo feminino e 57.7% do sexo masculino, com idade média de 37.2 anos. Observou-se um IMC médio de 24.4, um escore médio de Glasgow de 6.8 e permaneceram intubados por uma média de 5.2 dias. Um índice de Tobin mais baixo ($p = 0.003$) e um percentual de vazamento reduzido ($p = 0.000$) foram associados a um maior sucesso no weaning ventilatório. O volume corrente inspiratório também foi positivamente correlacionado com o sucesso ($p = 0.001$), assim como a frequência respiratória mais baixa ($p = 0.003$). As mulheres apresentaram maior probabilidade de sucesso em comparação com os homens ($p = 0.038$). A taxa de sucesso do weaning na população do estudo foi de 90.4%.

Conclusões: o índice diafragmático de tobim é um indicador de sucesso do weaning ventilatório. Fatores como idade, frequência respiratória, volume corrente e porcentagem de vazamento são preditores do sucesso do weaning ventilatório.

Palavras-chave: tobim, excursão diafragmática, D-RBSI, weaning ventilatório.

* Hospital General de Culiacán «Dr. Bernardo J. Gastélum». México.

Recibido: 28/08/2024. Aceptado: 10/09/2024.

Citar como: Rodríguez LFA, Rubio PD, Trias BIY, Aguilera RMS. Índice de respiración rápida superficial diafragmática como predictor de *weaning* exitoso de ventilación mecánica en pacientes neurocríticos. Med Crit. 2024;38(8):650-658. <https://dx.doi.org/10.35366/120011>

www.medigraphic.com/medicinacritica

INTRODUCCIÓN

La ventilación mecánica invasiva es un soporte vital esencial en la gestión de pacientes con insuficiencia respiratoria aguda en unidades de cuidados intensivos. Aunque es una herramienta terapéutica fundamental, su uso prolongado está asociado con diversas complicaciones, incrementando la morbilidad y mortalidad, así como extendiendo la estancia hospitalaria y los costos asociados al cuidado de la salud.¹⁻⁴ En este contexto, el proceso de *weaning* (desconexión) ventilatorio emerge como una fase crítica en la recuperación, demandando estrategias efectivas y eficientes para su implementación.⁵⁻⁸

Dentro de las múltiples herramientas y métodos desarrollados para predecir el éxito del *weaning*, el índice de respiración rápida superficial (IRRS), comúnmente conocido como índice de Tobin, ha sido ampliamente utilizado.⁹⁻¹³ Sin embargo, recientes avances han sugerido la importancia de integrar la evaluación de la función diafragmática en estos índices predictivos, dando lugar al desarrollo del índice de Tobin diafragmático (D-RBSI).¹⁴⁻¹⁸ Este índice se propone como un predictor más sensible y específico del éxito en el proceso de *weaning*, al considerar no sólo la capacidad ventilatoria sino también la fuerza y resistencia del músculo diafragmático.¹⁹⁻²²

La relevancia de este estudio se fundamenta en la necesidad de optimizar los criterios para la desconexión de la ventilación mecánica, reduciendo el riesgo de fallo de extubación y las complicaciones asociadas al uso prolongado de soporte ventilatorio en pacientes. Al examinar la aplicabilidad y eficacia del índice de Tobin diafragmático como herramienta predictiva, este trabajo busca contribuir a la mejora de los protocolos de *weaning* ventilatorio, fundamentándose en una base sólida de evidencia científica y práctica clínica.

A través de una revisión exhaustiva de la literatura existente, este estudio abordó las dimensiones críticas del *weaning* ventilatorio, desde sus principios fisiológicos hasta las implicaciones prácticas de los índices predictivos en la toma de decisiones clínicas. Asimismo, se exploraron los desafíos y oportunidades en la implementación de este índice en el manejo de pacientes neurocríticos, subrayando el papel de la innovación y la investigación en la evolución de las prácticas de cuidado respiratorio.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo en la unidad de cuidados intensivos, en ella se atiende a pacientes neurocríticos, representando un centro de referencia para casos de alta complejidad en la región, recibiendo pacientes de áreas circunvecinas. La unidad de cuidados intensivos

cuenta con un avanzado equipo de ultrasonido la de marca GE HealthCare, modelo Venu GO, equipado con una sonda sectorial de 2-5 MHz, disponible las 24 horas del día para la realización de estudios diagnósticos cruciales en el manejo de pacientes neurocríticos. Este recurso se complementa con un sistema informático integral, que facilita el acceso a los resultados de ultrasonido en todas las computadoras de la unidad, promoviendo un manejo eficiente y oportuno de la información diagnóstica vital para el seguimiento y tratamiento de los pacientes.

Diseño metodológico: de acuerdo con el grado de control de las variables y la intervención del investigador: **observacional**. De acuerdo con el alcance y objetivo que se busca en el estudio: **analítico**. De acuerdo con el número de veces en que se miden las variables: **transversal**. De acuerdo con el momento que se obtendrá y se evaluarán los datos: **prospectivo**. Tipo: **clínico-epidemiológico**.

Tipo de estudio: de carácter observacional, descriptivo, transversal y prospectivo. Se enfoca en pacientes orointubados con traumatismo craneoencefálico que requirieron cuidados neurocríticos en la unidad de terapia intensiva desde el 1 de marzo hasta el 31 de agosto de 2024, estos pacientes fueron sometidos a *weaning* ventilatorio. Como parte de este proceso, se les aplicaron pruebas predictoras de destete, incluyendo el índice de Tobin y el índice diafragmático Tobin (D-RBSI), con el objetivo de evaluar su efectividad en la predicción del éxito en el destete ventilatorio.

Criterios de inclusión: pacientes con traumatismo craneoencefálico orointubados que hayan tenido la necesidad de cuidados neurocríticos. Ambos sexos. Pacientes que presentaron integridad de caja torácica y abdominal. Pacientes extubados con previa valoración de *weaning* ventilatorio ya sea con prueba en T o mecánica (ventilador mecánico). Pacientes que cumplieron con los siguientes criterios de *weaning* ventilatorio: estabilidad hemodinámica o necesidad de vasopresor (norepinefrina $\leq 0.05 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ con una PAS $\geq 90 \text{ mmHg}$); $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 > 200 \text{ mmHg}$ y $\text{PEEP} \leq 5 \text{ cmH}_2\text{O}$; Glasgow > 8 puntos o RASS $> +1$; FC $\leq 125 \text{ lpm}$ o que no supere 20% de la basal; $\text{pH} \geq 7.35$; necesidad ≤ 2 aspiraciones traqueales/hora; presión arterial de CO_2 (PaCO_2) $\leq 50 \text{ mmHg}$; fracción inspirada de oxígeno (FiO_2) ≤ 0.4 ; ausencia de fiebre (temperatura $< 38^\circ\text{C}$) mínimo durante 8 horas; capacidad de mantener la oxigenación arterial ($\text{Hb} > 10 \text{ g/dL}$).

Criterios de exclusión: pacientes que se extubaron con protocolo *fast-track* en el periodo postquirúrgico, pacientes embarazadas, con fractura de huesos faciales, menores de 17 años y mayores de 70 años, con ≥ 3 pruebas de ventilación espontánea fallida, ingresados a la terapia intensiva con sondas endopleurales o mediastinales. Pacientes que presentaron cirugía de abdomen

o tórax asociado a su traumatismo craneoencefálico, con hipertensión intrabdominal o abdomen congelado, con fracturas costales que generaron inestabilidad en la mecánica respiratoria, con porcentaje de fuga < 10%, daño cervical tipo luxación, fractura, espondilolistesis, espondilólisis, hernia de disco. Necesidad de realizarse o haberle realizado una toracotomía o toracocentesis. Uso de bloqueadores neuromusculares en las 48 horas anteriores al inicio del *weaning*. El uso previo de amino-glucósidos durante su estancia en la UCI.

Criterios de eliminación: pacientes con criterios de síndrome rostro-caudal o muerte encefálica, aquéllos a los que se les realizó traqueostomía, que fallecieron después de la extubación, que soliciten alta voluntaria o traslado a otra unidad, con neumotórax, hemotórax que requiera manejo con sondas pleurales, y estridor laríngeo después de la extubación.

Tamaño de muestra: para asegurar el poder estadístico de este estudio, se efectuó un cálculo del tamaño de la muestra empleando la fórmula ajustada para proporciones en poblaciones finitas. Esto se basó en el total de pacientes neurocríticos atendidos en la unidad de cuidados intensivos que presentaban condiciones que requerían el proceso de *weaning* ventilatorio. Con una población total de 60 pacientes en este contexto específico, se consideró un intervalo de confianza (IC) de 95%, siguiendo las recomendaciones y prácticas estándar en investigaciones clínicas. La fórmula utilizada para calcular el tamaño de muestra necesario para nuestro estudio se ajustó teniendo en cuenta estos parámetros específicos, asegurando así la precisión y la fiabilidad de los resultados obtenidos en nuestra investigación sobre el éxito del *weaning* ventilatorio en pacientes neurocríticos.

N = 60 (Total de la población)

Z = 1.96 (valor Z para 95% de nivel de confianza)

p = 0.5 (proporción esperada, utilizada para maximizar el tamaño de la muestra)

d = 0.05 (margen de error de 5%)

n ≈ 52

Especificación de las variables: *variable dependiente*: peso predicho, índice de Tobin, índice de Tobin diafragmático, porcentaje de fuga. *Variable independiente*: sexo, edad, frecuencia respiratoria, volumen tidal inspiratorio, volumen tidal espiratorio, peso real y talla.

Procesamiento de datos: de acuerdo con el plan de actividades previsto, el proceso de recolección de datos comenzará con la visita al área de la unidad de cuidados intensivos y al Departamento de Expedientes Clínicos por parte del investigador principal. El enfoque fue identificar a pacientes neurocríticos que hayan sido sometidos al proceso de *weaning* ventilatorio, utilizando tanto el índice de Tobin como el índice de Tobin diafragmático, de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión establecidos. Esta etapa se benefició del ac-

ceso a registros electrónicos y físicos, permitiendo una comparación efectiva entre los pacientes sin requerir procedimientos adicionales, lo cual optimiza el manejo de consentimientos informados.

El procedimiento se detalla a continuación:

1. **Aprobación y registro:** se inició con la presentación y aprobación del protocolo por el comité local de ética e investigación, asegurando el cumplimiento de las regulaciones actuales.
2. **Selección de pacientes:** se llevó a cabo la identificación y revisión de expedientes clínicos de pacientes neurocríticos, diferenciando aquellos que han sido evaluados con el índice de Tobin y el índice de Tobin diafragmático, utilizando los registros hospitalarios como principal fuente de información.
3. **Recolección de datos:** se utilizó una herramienta estandarizada para la recolección de datos, la cual permitirá registrar información pertinente de los pacientes, incluyendo el peso predicho, índices de Tobin, porcentaje de fuga, datos demográficos (edad, sexo), frecuencia respiratoria, volúmenes tidal inspiratorio y espiratorio, peso real y talla.
4. **Creación de la base de datos:** se configuró una base de datos en software como Microsoft Excel para organizar la información recopilada, facilitando el análisis comparativo posterior.
5. **Ánálisis estadístico:** los datos se depositaron en un software estadístico, SPSS (versión 27), aplicando técnicas estadísticas adecuadas para comparar las diferencias significativas en los resultados del proceso de *weaning* ventilatorio entre los pacientes evaluados, además del análisis de las variables independientes.

Se utilizaron medidas de tendencia central (media y mediana) y medidas de dispersión (desviaciones estándar, valores mínimos y máximos) para las variables cuantitativas. Para las variables cualitativas se emplearon frecuencias y porcentajes para describir la distribución de las características de la muestra.

Posteriormente, se procedió a la comparación de las variables cuantitativas entre los grupos. Para aquéllas con distribución normal, se utilizó la prueba t de Student para muestras independientes, facilitando la comparación de medias. En el caso de las variables cualitativas, se empleó la prueba de chi-cuadrado (χ^2) o la prueba exacta de Fisher, según correspondiera, permitiendo comparar proporciones entre los grupos. Adicionalmente, se implementaron curvas de supervivencia mediante el análisis de Kaplan-Meier, lo cual será instrumental para evaluar diferencias en la evolución y estancia intrahospitalaria de los grupos a lo largo del tiempo. Para todos los análisis estadísticos inferenciales, se consi-

derarán significativos aquellos valores de $p < 0.05$, estableciendo un umbral claro y justificado para la significancia estadística.

El trabajo de campo se llevó a cabo durante el periodo de recolección de datos, enfocándose en la integridad y calidad de la información obtenida. Una vez completada la recolección y verificación de datos, se procedió a una interpretación detallada y comparativa de los resultados, culminando en la elaboración de un informe final.

Para la evaluación ecográfica del diafragma, se adoptó la posición semifowler, colocando al paciente con la cabeza elevada a un ángulo de 30 a 45 grados. Esta posición es esencial para facilitar la medición diafragmática óptima, que fue realizada por un residente de terapia intensiva o un intensivista con experiencia en ecografía diafragmática.

La ventana ecográfica para la evaluación del diafragma se obtuvo utilizando una sonda de ultrasonido de 2 a 5 MHz (GE HealthCare, modelo Venu GO). La localización anatómica para la insonación debe ser la línea media clavicular o la línea axilar anterior, ya sea derecha o izquierda, ubicándose por debajo del reborde costal derecho o izquierdo. La sonda debe dirigirse de manera medial, cefálica y dorsal, asegurando que el haz ultrasonido incida perpendicularmente sobre el tercio posterior del hemidiafragma examinado, en modo bidimensional (2D). Posteriormente, se activó la modalidad M para capturar el movimiento diafragmático vertical desde el inicio hasta el final de la inspiración, facilitando así una evaluación detallada de la función diafragmática (Figura 1).

Esta técnica meticulosa y estandarizada garantiza la adquisición de datos precisos y fiables sobre la función diafragmática, contribuyendo significativamente a la calidad del estudio y a la interpretación de los resultados relacionados con el proceso de *weaning* ventilatorio en pacientes neurocríticos.²³

RESULTADOS

De acuerdo con la estadística descriptiva de nuestra población de estudio durante el periodo de marzo a agosto de 2024, se obtuvo un total de 52 participantes. La distribución por género mostró que 42.3% ($n = 22$) corresponde a mujeres, mientras 57.7% ($n = 30$) son hombres. La edad media de los participantes fue de 37.2 ± 14.3 años. El peso promedio de los participantes fue de 72.4 ± 15.2 kg. Con respecto a la talla, se obtuvo una media de 1.72 ± 0.04 m, resultando en un índice de masa corporal (IMC) promedio de 24.4.

La población estudiada presentó un puntaje de Glasgow promedio de 6.8 ± 2.1 . Los participantes presentaron una media de 5.2 ± 2.1 días intubados. Mantuvieron una frecuencia respiratoria en promedio de 18.5 respiraciones por minuto, con una saturación de oxígeno

media de 96.3%. La presión positiva media fue de 67.14 ± 4.76 mmHg.

En cuanto a los índices y medidas relacionadas con el proceso de *weaning*, el índice de Tobin mostró una media de 32.2 ± 7.4 . El volumen tidal inspiratorio promedio fue de 555.4 ± 75.6 mL. Se encontró una media de 0.54 ± 0.2 de acuerdo con el porcentaje de fuga detectado. La presión de soporte ventilatorio calculada

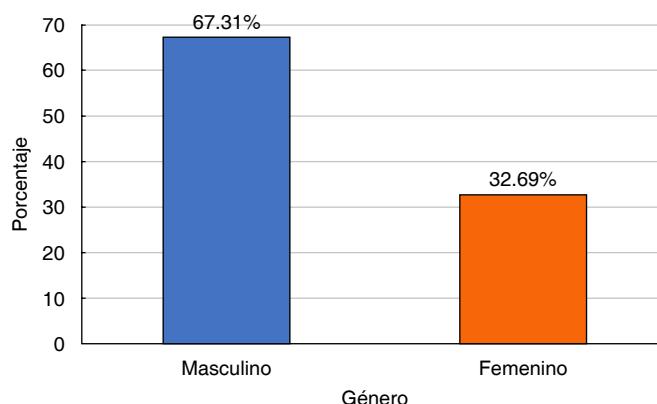


Figura 1: Distribución de género entre los participantes del estudio.

Fuente: Base de datos.

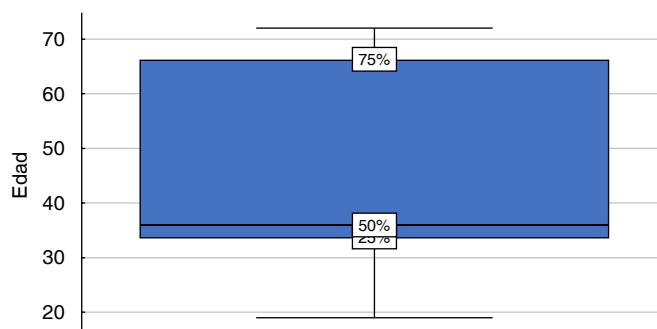


Figura 2: Distribución de edades de los participantes del estudio.

Fuente: Base de datos.

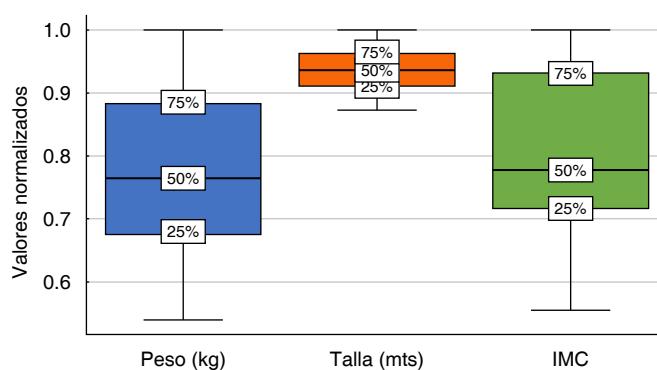


Figura 3: Distribución de peso, talla e IMC de los participantes del estudio.

Fuente: Base de datos.

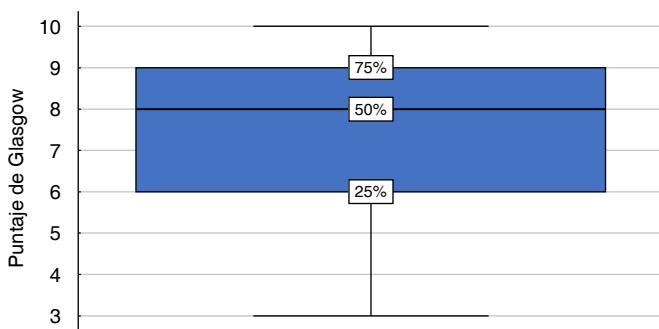


Figura 4: Distribución de la Escala de Coma de Glasgow de los participantes del estudio.

Fuente: Base de datos.

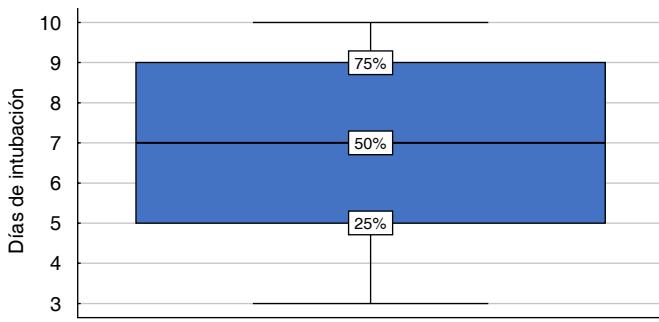


Figura 5: Días de intubación de los participantes del estudio.

Fuente: Base de datos.

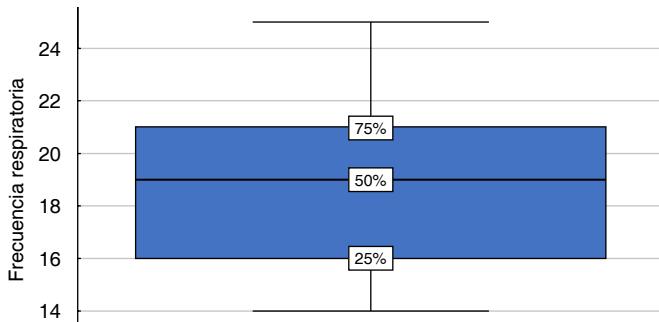


Figura 6: Distribución de la Frecuencia Respiratoria de los participantes del estudio.

Fuente: Base de datos.

tuvo una media de 0.8, y el índice de respiración rápida superficial diafrágmática (D-RBSI) logró una media de 1.6 (*Figuras 1 a 11 y Tabla 1*).

Para el análisis estadístico de variables cualitativas y cuantitativas, se utilizaron las pruebas de χ^2 y t de Student respectivamente. Para establecer la asociación de riesgo, se estimó el *odds ratio* con un intervalo de confianza de 95%. La normalidad de las variables fue evaluada utilizando la prueba de Kolmogórov-Smirnov, dado que la muestra era mayor a 30 participantes.

Al asociar la edad con el éxito del *weaning* ventilatorio, se obtuvo una significancia $p = 0.009$, indicando que los participantes con menor edad tienen mayores probabilidades de éxito. En relación con la frecuencia respiratoria (FR), se observó que, a menores respiraciones por minuto, mayor es el éxito del *weaning*, con una significancia $p = 0.003$. Al correlacionar el volumen tidal inspiratorio (Vti) con el éxito del *weaning*, se presentó un resultado significativo ($p = 0.001$), es decir, pacientes que presentan un mayor Vti tienen mayor probabilidad de éxito.

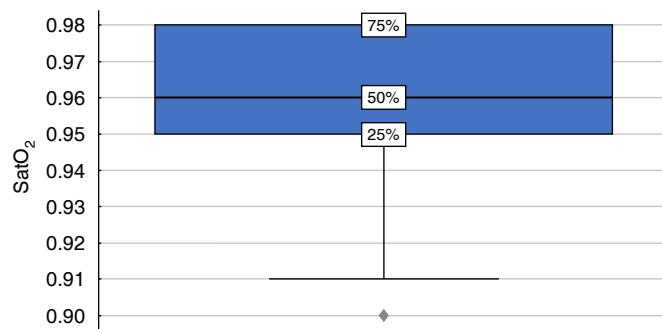


Figura 7: Distribución de la saturación de oxígeno de los participantes del estudio.

Fuente: Base de datos.

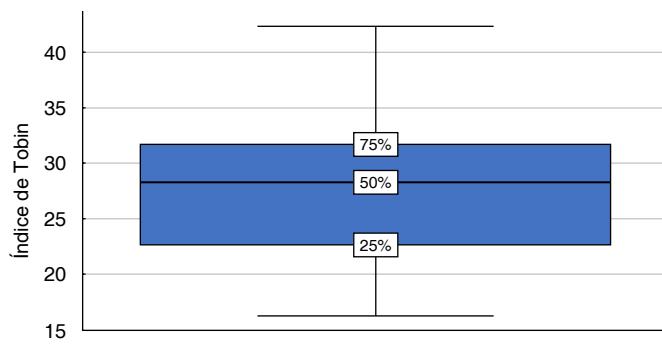


Figura 8: Distribución del Índice de Tobin de los participantes del estudio.

Fuente: Base de datos.

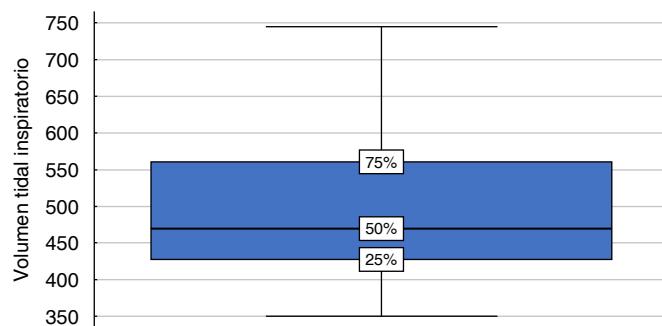


Figura 9: Distribución del volumen tidal inspiratorio de participantes del estudio.

Fuente: Base de datos.

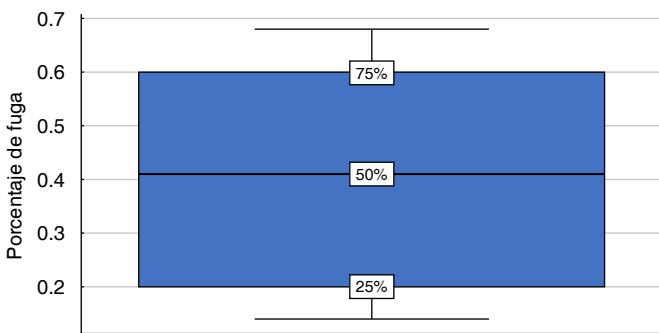


Figura 10: Distribución del porcentaje de fuga en los participantes del estudio.

Fuente: Base de datos.

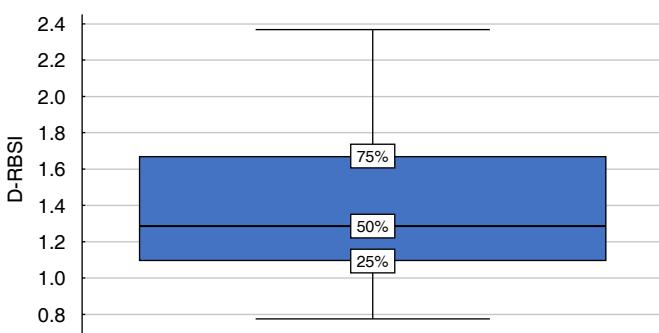


Figura 11: Distribución del D-RBSI en los participantes del estudio.

Fuente: Base de datos.

Se estableció una asociación significativa ($t = 7.95$, $p = 0.001$) entre los pacientes con menor porcentaje de fuga y el éxito en el *weaning*. Los pacientes con un menor índice de Tobin presentaron mayor éxito en el *weaning*, estimando una relación significativa ($p = 0.001$). Al relacionar el éxito del *weaning* con el índice de respiración rápida superficial diafragmática (D-RBSI), se encontró una mayor respuesta positiva en participantes con un índice bajo, presentando mayor probabilidad de éxito ($p = 0.015$).

Para la variable cualitativa de género, se encontró que existe una significancia estadística ($p = 0.038$), indicando que las mujeres tienen mayores probabilidades de éxito en el *weaning* ventilatorio. Cabe destacar que en el grupo de fracaso no hubo suficientes datos para el género femenino, por lo que no se pudo calcular la media y desviación estándar para este grupo (Tabla 2).

Los resultados muestran que hay una diferencia significativa en el índice de Tobin y el porcentaje de fuga entre los grupos de éxito y fracaso en el *weaning* ventilatorio, con valores de p de 0.003 y 0.000, respectivamente. Esto sugiere que un menor índice de Tobin y un menor porcentaje de fuga están asociados con un mayor éxito en el proceso de *weaning*.

Para las variables cualitativas, la prueba de χ^2 indica que hay una diferencia significativa en la distribución de

género entre los grupos de éxito y fracaso, con un valor de $p = 0.038$, lo que sugiere que las mujeres tienen mayores probabilidades de éxito en el *weaning* ventilatorio.

El éxito del *weaning* fue medido utilizando una escala definida basada en la extubación exitosa sin necesidad de reintubación dentro de las primeras 48 horas. La tasa de éxito del *weaning* en nuestra población fue de 90.4%.

Además, se ha aclarado que los días de detección fueron, en promedio, menores que los días de intubación, lo que confirma la eficiencia del proceso de *weaning* aplicado.

DISCUSIÓN

La ventilación mecánica invasiva es un soporte vital esencial en la gestión de pacientes con insuficiencia respiratoria aguda en unidades de cuidados intensivos. Aunque es una herramienta terapéutica fundamental, su uso prolongado está asociado con diversas complicaciones, incrementando la morbilidad y mortalidad, así como extendiendo la estancia hospitalaria y los costos asociados al cuidado de la salud. En este contexto, el proceso de *weaning* (desconexión) ventilatorio emerge como una fase crítica en la recuperación de pacientes neurocríticos, demandando estrategias efectivas y eficientes para su implementación.

Dentro de las múltiples herramientas y métodos desarrollados para predecir el éxito del *weaning*, el índice de respiración rápida superficial (IRRS), comúnmente conocido como índice de Tobin, ha sido ampliamente utilizado. Sin embargo, recientes avances han sugerido la importancia de integrar la evaluación de la función diafragmática en estos índices predictivos, dando lugar al desarrollo del índice de Tobin diafragmático (D-RBSI).

Tabla 1: Variables sociodemográficas y clínicas de los pacientes del estudio (N = 52).

Variable	Media ± DE
Género, n (%)	
Mujer	22 (42.3)
Hombre	30 (57.7)
Edad [años]	37.2 ± 14.3
Peso [kg]	72.4 ± 15.2
Talla [m]	1.72 ± 0.04
IMC [kg/m ²]	24.4
Puntaje de Glasgow	6.8 ± 2.1
Días intubados	5.2 ± 2.1
Frecuencia respiratoria [rpm]	18.5
Saturación de oxígeno [%]	96.3
Presión positiva media [mmHg]	67.14 ± 4.76
Índice de Tobin	32.2 ± 7.4
Volumen tidal inspiratorio [mL]	555.4 ± 75.6
Porcentaje de fuga	0.54 ± 0.2
Índice de respiración rápida y superficial diafragmática	1.6

Fuente: base de datos.

Tabla 2: Resultados comparativos de variables entre grupos de éxito y fracaso en el *weaning* ventilatorio.

Variable	Éxito Media ± DE	Fracaso Media ± DE	p
Edad [años]	45.86 ± 18.35	35.80 ± 7.24	0.097
Frecuencia respiratoria [rpm]	18.90 ± 3.37	16.90 ± 2.23	0.081
Volumen tidal inspiratorio [mL]	494.07 ± 122.26	554.00 ± 10.75	0.131
Índice de Tobin	25.73 ± 6.57	32.70 ± 4.30	0.003
Porcentaje de fuga	0.45 ± 0.18	0.19 ± 0.05	0.000
Índice de respiración rápida y superficial diafragmática	1.33 ± 0.46	1.83 ± 0.51	0.004
Sexo [femenino], %	40.48	N/A	0.038

Fuente: base de datos.

Este índice se propone como un predictor más sensible y específico del éxito en el proceso de *weaning*, al considerar no sólo la capacidad ventilatoria sino también la fuerza y resistencia del músculo diafragmático.

En el contexto de la ventilación mecánica en pacientes neurocríticos, nuestro estudio aporta una visión integral sobre la utilidad del índice de respiración rápida superficial diafragmática (D-RBSI) como predictor del éxito en el *weaning* ventilatorio.²⁴⁻²⁷ Los resultados obtenidos en nuestra investigación destacan varias observaciones significativas y se alinean con hallazgos previos en la literatura científica.

Nuestros hallazgos muestran que la edad promedio de los pacientes exitosos en el destete fue de 35.80 años, mientras que para los no exitosos fue de 45.86 años. Esto concuerda con estudios previos que indican que la edad avanzada es un factor de riesgo para el fracaso del destete.^{11,28-30} Por ejemplo, Rabinstein y colaboradores destacaron que la prevalencia de problemas respiratorios en individuos bajo cuidados neurocríticos es notable y que la información acerca de la retirada de la ventilación mecánica es limitada.³¹ Nuestro estudio contribuye a llenar este vacío, proporcionando datos específicos sobre la edad y otros factores.

En cuanto a la frecuencia respiratoria, los pacientes exitosos presentaron una media de 16.90 respiraciones por minuto, significativamente menor que la de los pacientes no exitosos, que fue de 18.90 respiraciones por minuto. Esto se alinea con las investigaciones de Mowafy y Abdelgalel, quienes encontraron que una frecuencia respiratoria más baja durante la prueba de respiración espontánea se asocia con una mayor probabilidad de éxito en el destete.³²

El volumen tidal inspiratorio (Vti) mostró diferencias significativas con los pacientes exitosos teniendo un Vti promedio de 554.00 mL frente a los 494.07 mL de los no exitosos. Este hallazgo es consistente con el estudio de Abbas y colaboradores, quienes destacaron la importancia de un mayor volumen tidal para el éxito del destete en pacientes con EPOC aguda.³³

El porcentaje de fuga presentó una diferencia marcadamente, con pacientes exitosos mostrando 0.19% comparado con 0.45% de los no exitosos. Un menor porcentaje

de fuga indica una mejor adaptación al ventilador y menor riesgo de complicaciones, lo cual es consistente con la literatura existente.

El índice de Tobin, con una media de 32.70 en pacientes exitosos y 25.73 en los no exitosos, sigue siendo un predictor fiable del éxito del destete, como lo han indicado estudios previos.³² Un menor índice de Tobin está asociado con una mejor capacidad respiratoria independiente.

Finalmente, el índice de respiración rápida y superficial diafragmática (D-RBSI) mostró que los pacientes exitosos tenían un D-RBSI promedio de 1.83 frente a 1.33 en los no exitosos. Este índice ha sido validado como un predictor eficaz del éxito del destete en diversos estudios, reforzando nuestros hallazgos.^{31,34-36} En comparación, estudios como el de Godoy y colaboradores subrayan la importancia de considerar la función diafragmática en el proceso de destete, confirmando la relevancia del D-RBSI.³⁷

Estos resultados tienen importantes implicaciones para la práctica clínica en unidades de cuidados intensivos, especialmente en el manejo de pacientes neurocríticos. La identificación de predictores fiables del éxito del destete puede ayudar a los clínicos a tomar decisiones más informadas, reduciendo así el tiempo de ventilación mecánica y minimizando el riesgo de complicaciones asociadas. La implementación de protocolos basados en estos predictores puede mejorar los desenlaces clínicos, disminuyendo la tasa de reintubación y mejorando la recuperación de los pacientes.^{32,36}

Una revisión recientemente publicada por Rabinstein y colaboradores sobre el destete en la atención neurocrítica concluyó con una afirmación certera: «decidir cuándo es seguro comenzar el destete del paciente de la ventilación mecánica, particularmente cuándo es seguro intentar la extubación, es un dilema clínico común».³¹ Nuestro estudio proporciona evidencia adicional que puede ayudar a resolver este dilema, ofreciendo datos específicos sobre variables como la edad, la frecuencia respiratoria y el volumen tidal.

Aunque la prevalencia de problemas respiratorios en individuos bajo cuidados neurocríticos es notable, la información acerca de la retirada de la ventilación mecánica (VM) es limitada. Para comenzar el proceso de

retirada de la VM, se necesita que la causa subyacente haya sido resuelta, una condición que infrecuentemente se observa en el ámbito neurocrítico.³⁴ Investigaciones prospectivas multicéntricas han indicado que este grupo de pacientes necesita ventilación por tiempos extendidos y muestra índices elevados de complicaciones como neumonía vinculada al uso de ventilador y una mayor mortalidad en comparación con sujetos de la población general.²⁸

El proceso de retirada de la ventilación mecánica resultó ser complicado en cerca de la mitad de los casos y se extendió en 10% de ellos.²⁸ De manera interesante, tanto la duración del proceso de destete como la frecuencia de necesidad de reintubación resultaron ser comparables con aquellos pacientes sin afecciones neurológicas. En un estudio controlado y aleatorizado, Navalesi y colaboradores analizaron los procedimientos de retirada y extubación a través de un método protocolar, interdisciplinario y supervisado. Los resultados demostraron una notable disminución en la incidencia de fracasos en la extubación al seguir el método protocolar en contraste con el grupo control.³⁸

Las cifras de fracaso en la extubación en sujetos con condiciones neurocríticas se han situado entre 5 y 20% en estudios de las últimas dos décadas. Esta variabilidad en los resultados podría ser la razón por la cual los criterios estándar para el destete de la VM resultan inaplicables en pacientes con compromiso de la conciencia.³⁸ Estudios adicionales han evidenciado que los criterios respiratorios convencionales para la retirada de la VM y la extubación no son indicadores fiables en el contexto neurocrítico.³⁹

La valoración de la función diafragmática antes de iniciar el proceso de destete puede proporcionar información valiosa sobre el posible éxito de esta fase.⁴⁰ Utilizar la ecografía directamente en la unidad de cuidados intensivos ofrece un método sencillo, rápido, no invasor y efectivo para examinar la actividad diafragmática. El desplazamiento diafragmático (DD), que indica la fuerza que el diafragma puede generar y, por consiguiente, el volumen de aire movilizado durante la inhalación, cuando es inferior a 10 mm, se ha identificado como un indicador de un posible fracaso en el proceso de destete de pacientes en unidades de cuidados intensivos.⁴⁰

El índice de respiración rápida y superficial (RBSI), que se calcula a partir de la proporción entre la frecuencia respiratoria y el volumen tidal (RR/VT), constituye uno de los indicadores más frecuentemente empleados para anticipar los resultados del proceso de destete. No obstante, su fiabilidad puede verse afectada debido a variaciones en su sensibilidad y especificidad.⁴⁰ En este contexto, Spadaro y su equipo han propuesto una nueva variante, el RBSI diafragmático (D-RBSI), que reemplaza el volumen tidal (VT) por el desplazamiento diafragmático (DD) en la fórmula original (D-RBSI = RR/

DD). Esta modificación busca eliminar las distorsiones en la evaluación causadas por el trabajo de los músculos accesorios durante la respiración, las cuales pueden ocultar la presencia de disfunción diafragmática y, por ende, afectar la exactitud del RBSI tradicional.⁴⁰

En el estudio *Extubation after acute brain injury: an unsolved dilemma!!*, publicado en 2024 en *Neurocritical Care* por Daniel Agustín Godoy, Maximiliano Rovegno, y Manuel Jibaja, se examina el crítico proceso de destete y extubación en pacientes con lesiones cerebrales agudas. El artículo subraya la ventilación mecánica (VM) como una intervención vital para pacientes con condiciones neurológicas severas, destacando que estas condiciones representan la segunda causa más común de VM. Los investigadores señalan una preocupante escasez de datos sobre las estrategias de destete en este grupo específico, a pesar de su mayor riesgo de complicaciones respiratorias, neumonía vinculada a ventilación y mortalidad en comparación con pacientes generales.³⁷

Nuestro estudio contribuye a esta discusión proporcionando datos específicos sobre los predictores de éxito en el destete en pacientes neurocríticos, y cómo estos se comparan con las estrategias propuestas en estudios previos. En particular, el uso del D-RBSI y otros índices relevantes en nuestro estudio refuerza la importancia de una evaluación detallada.

Una de las principales fortalezas de este estudio es el enfoque en pacientes neurocríticos, un grupo que a menudo enfrenta desafíos únicos en el proceso de destete. Además, la utilización de múltiples índices de predicción proporciona una evaluación integral de los factores que influyen en el éxito del destete. Sin embargo, el estudio también presenta algunas limitaciones. La muestra, aunque representativa, puede no reflejar completamente la diversidad de la población neurocrítica. Además, la naturaleza observacional del estudio limita la capacidad para establecer causalidad. Futuros estudios deben considerar diseños prospectivos y multicéntricos para validar estos hallazgos.

CONCLUSIONES

En este estudio, se exploraron diversos factores que influyen en el éxito del destete ventilatorio en pacientes neurocríticos. Los resultados demostraron que la edad, la frecuencia respiratoria, el volumen tidal inspiratorio, el porcentaje de fuga, el índice de Tobin y el índice de respiración rápida y superficial diafragmática (D-RBSI) son predictores significativos del éxito en el destete. Además, se encontró que las mujeres tienen mayores probabilidades de éxito en comparación con los hombres.

Estos hallazgos no sólo refuerzan la importancia de una evaluación integral y detallada de los pacientes antes del destete, sino que también subrayan la necesidad

de utilizar múltiples índices de predicción para tomar decisiones clínicas informadas. La implementación de protocolos basados en estos predictores puede mejorar significativamente los desenlaces clínicos, reduciendo el tiempo de ventilación mecánica, disminuyendo la tasa de reintubación y mejorando la recuperación de los pacientes.

REFERENCIAS

- Gutiérrez Muñoz. Ventilación mecánica. *Acta Méd Peruana*. 2011;28(2):84-104.
- Walter K. Mechanical ventilation. *JAMA*. 2021;326(14):1452.
- Walter JM, Corbridge TC, Singer BD. Invasive mechanical ventilation. *South Med J*. 2018;111(12):746-753.
- Mehta AB, Syeda SN, Wiener RS, Walkey AJ. Epidemiological trends in invasive mechanical ventilation in the United States: A population-based study. *J Crit Care*. 2015;30(6):1217-1221.
- Pham T, Brochard LJ, Slutsky AS. Mechanical ventilation: state of the art. *Mayo Clin Proc*. 2017;92(9):1382-1400.
- Tobin MJ. Principles and practice of mechanical ventilation. 3rd ed. New York: McGraw-Hill; 2012.
- Geiseler J, Westhoff M. Weaning from invasive mechanical ventilation. *Med Klin Intensivmed Notfmed*. 2021;116(8):715-726.
- Warnke C, Heine A, Müller-Heinrich A, Knaak C, Friesecke S, Obst A, et al. Predictors of survival after prolonged weaning from mechanical ventilation. *J Crit Care*. 2020;60:212-217.
- Hernández-López GD, Cerón-Juárez R, Escobar-Ortiz D, Graciano-Gaytán L, Gorordo-Delsol LA, Merinos-Sánchez G, et al. Retiro de la ventilación mecánica. *Med Crit*. 2017;31(4):238-245.
- Arcanjo ABB, Beccaria LM. Factors associated with extubation failure in an intensive care unit: a case-control study. *Rev Lat Am Enfermagem*. 2023;31:e3864. doi: 10.1590/1518-8345.6224.3864. PMID: 36995853; PMCID: PMC10077863.
- Thille AW, Cortés-Puch I, Esteban A. Weaning from the ventilator and extubation in ICU. *Curr Opin Crit Care*. 2013;19(1):57-64.
- Sosa-Medellín MA, Marín-Romero MC. Extubación fallida en una unidad de cuidados intensivos de la Ciudad de México. *Med Interna Mex*. 2017;33(4):459-465.
- Boles JM, Bion J, Connors A, Herridge M, Marsh B, Melot C, et al. Weaning from mechanical ventilation. *Eur Respir J*. 2007;29(5):1033-1056.
- Rose L. Strategies for weaning from mechanical ventilation: a state of the art review. *Intensive Crit Care Nurs*. 2015;31(4):189-195.
- Chao CM, Sung MI, Cheng KC, Lai CC, Chan KS, Cheng AC, et al. Prognostic factors and outcomes of unplanned extubation. *Sci Rep*. 2017;7(1):8636.
- Leonov Y, Kisil I, Perlov A, Stoichev V, Ginzburg Y, Nazarenko A, et al. Predictors of successful weaning in patients requiring extremely prolonged mechanical ventilation. *Adv Respir Med*. 2020;88(6):477-484.
- Yang KL, Tobin MJ. A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. *N Engl J Med*. 1991;324(21):1445-1450.
- Grinnan DC, Truwit JD. Clinical review: respiratory mechanics in spontaneous and assisted ventilation. *Crit Care*. 2005;9(5):472-484.
- Jabour ER, Rabil DM, Truwit JD, Rochester DF. Evaluation of a new weaning index based on ventilatory endurance and the efficiency of gas exchange. *Am Rev Respir Dis*. 1991;144(3 Pt 1):531-537.
- Mokhlesi B, Tulaimat A, Gluckman TJ, Wang Y, Evans AT, Corbridge TC. Predicting extubation failure after successful completion of a spontaneous breathing trial. *Respir Care*. 2007;52(12):1710-1717.
- Menon N, Joffe AM, Deem S, Yanez ND, Grabinsky A, Dagal AH, et al. Occurrence and complications of tracheal reintubation in critically ill adults. *Respir Care*. 2012;57(10):1555-1563.
- Smina M, Salam A, Khamiees M, Gada P, Amoateng-Adjepong Y, Manthous CA. Cough peak flows and extubation outcomes. *Chest*. 2003;124(1):262-268.
- Carrillo Esper R, Pérez Calatayud AA, Peña Pérez CA. Evaluación ultrasonográfica de la función diafragmática mediante doble abordaje en el paciente grave. *Rev Asoc Mex Med Crít Ter Intensiva*. 2016;30(4):242-245.
- Cárdenas Cruz A, Roca Guiseris J. Tratado de medicina intensiva. 2^a ed. Barcelona: Elsevier; 2022. pp. 320-366.
- Anderson CD, Bartscher JF, Scripko PD, Biffi A, Chase D, Guanci M, et al. Neurologic examination and extubation outcome in the neurocritical care unit. *Neurocrit Care*. 2011;15(3):490-497.
- Esteban A, Frutos-Vivar F, Muriel A, Ferguson ND, Peñuelas O, Abraira V, et al. Evolution of mortality over time in patients receiving mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med*. 2013;188(2):220-230.
- Asehnoune K, Roquilly A, Cinotti R. Respiratory management in patients with severe brain injury. *Crit Care*. 2018;22(1):76.
- Pelosi P, Ferguson ND, Frutos-Vivar F, Anzueto A, Putensen C, Raymondos K, et al. Management and outcome of mechanically ventilated neurologic patients. *Crit Care Med*. 2011;39(6):1482-1492.
- Robba C, Poole D, McNett M, Asehnoune K, Bosel J, Bruder N, et al. Mechanical ventilation in patients with acute brain injury: recommendations of the European Society of Intensive Care Medicine consensus. *Intensive Care Med*. 2020;46(12):2397-2410.
- Borsellino B, Schultz MJ, Gama de Abreu M, Robba C, Bilotta F. Mechanical ventilation in neurocritical care patients: a systematic literature review. *Expert Rev Respir Med*. 2016;10(10):1123-1132.
- Rabinstein AA, Cinotti R, Bosel J. Liberation from mechanical ventilation and tracheostomy practice in traumatic brain injury. *Neurocrit Care*. 2023;38(2):439-446.
- Mowafy SMS, Abdelgaleil EF. Diaphragmatic rapid shallow breathing index for predicting weaning outcome from mechanical ventilation: comparison with traditional rapid shallow breathing index. *Egyptian J Anaesth*. 2018;35(1):9-17.
- Abbas A, Embarak S, Walaa M, Lutfy SM. Role of diaphragmatic rapid shallow breathing index in predicting weaning outcome in patients with acute exacerbation of COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2018;13:1655-1661.
- Mahanes D, Lewis R. Weaning of the neurologically impaired patient. *Crit Care Nurs Clin North Am*. 2004;16(3):387-393, ix.
- McCredie VA, Ferguson ND, Pinto RL, Adhikari NK, Fowler RA, Chapman MG, et al. Airway management strategies for brain-injured patients meeting standard criteria to consider extubation. A prospective cohort study. *Ann Am Thorac Soc*. 2017;14(1):85-93.
- Tigua GJP, Andrade AL, Menéndez DNY, Lucas GMY. Índice de respiración rápida superficial diafragmática como predictor weaning de la ventilación mecánica. *Más Vida*. 2022;4(2):215-226.
- Godoy DA, Rovengo M, Jibaja M. Extubation after acute brain injury: an unsolved dilemma!! *Neurocrit Care*. 2024;40(2):385-390.
- Navalesi P, Frigerio P, Moretti MP, Sommariva M, Vesconi S, Baiardi P, et al. Rate of reintubation in mechanically ventilated neurosurgical and neurologic patients: evaluation of a systematic approach to weaning and extubation. *Crit Care Med*. 2008;36(11):2986-2992.
- Ko R, Ramos L, Chalela JA. Conventional weaning parameters do not predict extubation failure in neurocritical care patients. *Neurocrit Care*. 2009;10(3):269-273.
- Spadaro S, Grasso S, Mauri T, Dalla Corte F, Alvisi V, Ragazzi R, et al. Can diaphragmatic ultrasonography performed during the T-tube trial predict weaning failure? The role of diaphragmatic rapid shallow breathing index. *Crit Care*. 2016;20(1):305.

Financiamiento: no se requirió financiamiento ni se recibió compensación alguna para la realización de este trabajo.

Conflictos de intereses: los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Correspondencia:

Francisco Alberto Rodríguez Lee

E-mail: fb-df@hotmail.com



Predicción de vía aérea difícil a través de escalas clínicas versus ultrasonográficas

Prediction of difficult airway by clinical versus ultrasonographic scales

Previsão da via aérea difícil através de escalas clínicas versus escalas ultra-sonográficas

Hernán Abi Reyes Mendoza,* Felipe de Jesús Montelongo,*‡ Rafael Tapia Velasco,* Jonathan Galindo Ayala,* Blanca Estela Herrera Morales,§ Jorge Arturo Nava López,|| Martín Eduardo Mendoza Herrera*

RESUMEN

Este estudio prospectivo evalúa la exactitud diagnóstica de las pruebas clínicas frente a las ultrasonográficas para predecir vía aérea difícil en 63 pacientes programados para cirugía general. A través de escalas o pruebas convencionales como Mallampati, que es el estándar de oro, y mediciones ultrasonográficas como la medición hiomental en posición neutra, medición de piel a hueso hioideas, piel a epiglotis y piel a cuerdas vocales, para determinar la sensibilidad y especificidad de cada escala. Los resultados indican que las pruebas ultrasonográficas presentan alta especificidad (92%), pero baja sensibilidad (20.15%) en comparación con las pruebas clínicas, lo que sugiere que, aunque la efectividad de estas pruebas es baja para predecir vía aérea difícil por sí solas, deben complementar las evaluaciones tradicionales en lugar de sustituirlas. Se concluye que la combinación de ambos métodos podría mejorar la capacidad de predicción de vía aérea difícil en la práctica clínica.

Palabras clave: vía aérea difícil, Mallampati, ultrasonografía.

ABSTRACT

This prospective study evaluates the diagnostic accuracy of clinical versus ultrasonographic tests for predicting difficult airway in 63 patients scheduled for general surgery. Through scales or conventional tests such as Mallampati which is gold standard and ultrasonographic measurements such as hiomental measurement in neutral position, skin to hyoid bone measurement, skin to epiglottis and skin to vocal cords and determine the sensitivity and specificity of each scale. The results indicate that ultrasonographic tests have high specificity (92%) but low sensitivity (20.15%) compared to clinical tests, suggesting that, although the effectiveness of these tests is low for predicting difficult airway alone, they should complement traditional evaluations rather than replace them. Concluding that the combination of both methods could improve the ability to predict difficult airway in clinical practice.

Keywords: difficult airway, Mallampati, ultrasonography.

RESUMO

Este estudio prospectivo avalia a precisão diagnóstica de testes clínicos versus testes ultra-sonográficos para prever vias aéreas difíceis em 63 pacientes agendados para cirurgia geral.

Através de escalas ou testes convencionais, como o de Mallampati, que é o padrão-ouro, e de medições ultra-sonográficas, como a medição hiomental em posição neutra, a medição da pele ao osso hioíde, da pele à epiglote e da pele às cordas vocais, e determinar a sensibilidade e a especificidade de cada escala. Os resultados indicam que os testes ultrassonográficos apresentam alta especificidade (92%), mas baixa sensibilidade (20.15%) em comparação aos testes clínicos, sugerindo que, embora a eficácia desses testes seja baixa na predição isolada de via aérea difícil, eles deveriam complementar as avaliações tradicionais em vez de substituí-las.

Concluindo que a combinação dos dois métodos poderia melhorar a capacidade de prever vias aéreas difíceis na prática clínica.

Palavras-chave: via aérea difícil, Mallampati, ultra-sonografia.

INTRODUCCIÓN

El manejo fallido de las vías respiratorias conduce a una serie anticipada de uso de predictores de la vía aérea difícil y eludir un evento potencialmente mortal durante la intubación.¹ En la práctica clínica se utilizan varias escalas o pruebas de predicción al lado de la cama del paciente para identificar a aquellos con riesgo de presentar vía aérea difícil o que no se podrán intubar con los métodos tradicionales.²

Demostradas en la literatura y en la práctica diaria, un pequeño número de pacientes clasificados como vía aérea fácil aun pueden presentar una dificultad inesperada. Predecir una «vía aérea que no podrás intubar» para todos los pacientes no es una tarea sencilla. Muchas estructuras y unidades funcionales están involucradas en la patogenia de una vía aérea difícil.² Por ese motivo, debemos considerar que se han realizado diversos estudios con diferentes definiciones y criterios para la vía aérea difícil, incluida la variabilidad interobservador durante la evaluación, dado que no todas las mediciones cuentan con parámetros objetivos. De igual forma, debemos tomar en cuenta que todos los factores involucrados en la génesis de una vía aérea difícil pueden combinarse de manera diferente en un gran número de posibilidades. Esto significa que predecir una vía aérea difícil representa el intento de adoptar una evaluación cuantitativa de varios factores cualitativos y parámetros cuantitativos.

En este sentido, existen varias pruebas clínicas recomendadas por las guías actuales para la evaluación de la vía aérea como lo es la escala de Mallampati, distancia tiromentoniana, distancia esternomentoniana y circunferencia de cuello.³ Con el avance de la tecnología, la miniaturización de los equipos de ultrasonido ha facilitado su acceso. Hoy en día, su uso es simple, en tiempo real, relativamente barato y realizable a la cabecera del paciente. Se ha descrito su utilización guiando accesos vasculares, bloqueos nerviosos, evaluación del estado hemodinámico y últimamente en el manejo de la vía aérea.⁴ Así mismo, existen predictores de vía aérea difícil ultrasonográficas, como es la medición en posición neutra mentohioidea, piel a hueso hioídeos, piel a epiglotis y piel a cuerdas vocales. Con el fin de

* Hospital General Las Américas, Instituto de Salud del Estado de México, IMSS-Bienestar.

‡ Universidad Autónoma del Estado de México. Hospital General de Zona 197. IMSS, México-Oriente, Estado de México.

§ Hospital General Regional 196. IMSS, México-Oriente, Estado de México.

|| Hospital Materno de Celaya, Guanajuato.

Recibido: 20/09/2024. Aceptado: 26/09/2024.

Citar como: Reyes MHA, Montelongo FJ, Tapia VR, Galindo AJ, Herrera MBE, Nava LJA, et al. Predicción de vía aérea difícil a través de escalas clínicas versus ultrasonográficas. Med Crit. 2024;38(8):659-663. <https://dx.doi.org/10.35366/120012>

incrementar la predicción de detectar este riesgo,⁵ las pruebas ultrasonográficas parecen ser una buena herramienta objetiva, basada en mediciones de distancia a distancia, pero que no se han comparado con las pruebas clínicas, siendo el motivo de este estudio.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio prospectivo, transversal, descriptivo y analítico, en pacientes programados para cirugía general, en el periodo comprendido de abril a julio de 2024, en la consulta de valoración preanestésica.

Se llevó a cabo en un consultorio con mesa de exploración, donde se realizó el interrogatorio directo del paciente y con uso de una hoja de recolección de datos se registraron las escalas clínicas convencionales como es la escala de Mallampati, Patil-Aldreti, distancia esternomentoniana y circunferencia de cuello con el paciente en sedestación; luego, se procedió a realizar las mediciones ultrasonográficas con el ultrasonido portátil SIEMENS Freestyle con transductor lineal de 13 MHz para las mediciones hiomental en posición neutra, piel a hueso hioideo, piel a epiglotis y piel a cuerdas vocales, que en conjunto denominamos pruebas ultrasonográficas. Se colocó al paciente en decúbito supino, cabecera a 0 grados en posición neutra, el operador se posicionó a la cabecera del paciente y el ecógrafo a nivel del codo derecho del mismo. A continuación, se describen los procedimientos de las escalas clínicas y ultrasonográficas:

Escalas clínicas:

1. Escala de Mallampati: la apertura de la boca mientras el paciente se encuentra sentado en posición vertical para evaluar hasta qué punto la lengua impide la visualización de la faringe posterior, así como proporcionar qué estructuras se visualizan para clasificar el grado de dificultad.
2. Patil-Aldreti: en sedestación se le solicita al paciente la hiperextensión del cuello sin ayuda de ningún dispositivo. Con ello se lleva a cabo la medición del borde del mentón hasta el cartílago tiroideo.
3. Distancia esternomentoniana: en la misma posición, se le solicita la hiperextensión del cuello sin ayuda de ningún dispositivo, se realiza la medición con cinta métrica del reborde del mentón hasta la horquilla esternal.
4. Circunferencia de cuello: en sedestación, en posición neutral del paciente, se efectúa la medición de la circunferencia del cuello con cinta métrica.

Pruebas ultrasonográficas:

1. Distancia hiomental: el paciente en posición supino con cabeza y cuello en posición neutra sin almohada utilizando ecógrafo con el transductor se mide la distancia desde el borde anterior del hueso hioideo hasta el borde posterior del mentón.

2. Distancia piel-hueso hioideo: el paciente en posición supino con cabeza y cuello en posición neutra sin almohada utilizando ecógrafo con el transductor lineal, en eje corto y con una inclinación entre 30-45 grados en dirección cefálica, se realiza la medición.
3. Distancia piel-epiglotis: el paciente en posición supino con cabeza y cuello en posición neutra sin almohada utilizando ecógrafo con el transductor lineal, en eje corto y con una inclinación entre 30-45 grados en dirección cefálica, se realiza la ubicación de la línea media entre el hueso hioideo y el cartílago tiroideo a nivel de la membrana tirohioidea con grados variables de angulación cefálica y caudal. La epiglotis se observa como una estructura discretamente móvil, por lo que se realiza la medición
4. Distancia piel-cuerdas vocales: se realiza en las mismas condiciones con un eje corto, a nivel de las cuerdas vocales se procede a realizar la medición de la distancia entre la comisura anterior de las cuerdas vocales y la piel (*Figura 1*).

Se utilizó una base de datos en Windows Excel 2024 y se procesaron en el paquete estadístico SPSS versión 2.6. Para la estadística descriptiva, las variables cuantitativas se representaron en medianas y rangos intercuartiles. Para las variables cuantitativas se expresaron en frecuencia y porcentajes, y finalmente para comparar las escalas clínicas versus pruebas ultrasonográficas se utilizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Para la validez de la prueba diagnóstica ultrasonográfica se determinó la sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo (VPP), negativo (VPN) y razones de verosimilitud positiva (RVS+) y negativa (RVS-). Todos los pacientes fueron seleccionados por muestreo no probabilístico. Las mediciones fueron validadas por un experto en ultrasonografía de la red *World Interactive Network Focused On Critical Ultra Sound* (WINFOCUS).

RESULTADOS

Se estudiaron un total de 63 pacientes, con 51 mujeres y 12 hombres, con una media de edad de 40 ± 13 años, un peso de 65.5 kg con un rango intercuartil (RIQ) de 59.6-74.3 kg y con una talla 156 centímetros (cm) con un RIQ de 150-164 cm, con un índice de masa corporal medio de 26.9 kg/m².

Se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis para determinar la diferencia estadísticamente significativa y determinar la validez de la prueba diagnóstica ultrasonográfica, cruzando las pruebas ultrasonográficas (hiomental en posición neutra, piel a hueso hioideo,

piel a epiglotis y piel a cuerdas vocales) por cada escala clínica (*Tablas 1 a 4*).

El rendimiento total de la prueba ultrasonográfica versus las clínicas tuvo una sensibilidad del 20.15%, una especificidad de 92% con un VPP de 70.6% y un VPN de 51.3%, con razón de verosimilitud positiva (RVS+) y negativa (RVS-) que van acorde con baja predicción.

DISCUSIÓN

En la bibliografía general no hay un estudio que compare las escalas convencionales contra las escalas por ultrasonido para la predicción de vía aérea difícil como el nuestro; pero en el estudio de Pinto y colaboradores,⁶ metodológicamente muy parecido a nuestro estudio, que abarcó una población de 73 pacientes, en el que se valoró la vía aérea con la medición ultrasonográfica de piel-epiglotis más la de Mallampati puede mejorar significativamente su predicción en esta escala clínica, con

un valor predictivo positivo de 45.8% y una especificidad de 77.2%, en comparación con nuestro estudio con una muestra de pacientes menor de 63 pacientes en el cual se compararon las mismas escalas pero una contra otra, obteniendo una sensibilidad del 8.8% y especificidad del 72.4% con un rendimiento de predicción mucho menor.

En el estudio de Vasudevan y colaboradores en 2014,⁷ valoraron la distancia hiomental en comparación con Mallampati en 113 pacientes, concluyeron que la extensión de la medición hiomental por ultrasonido y la escala de Mallampati tiene mayor asociación significativa con la intubación difícil cuando se usan en conjunto. Sin embargo, Montemayor-Cruz y colaboradores,⁸ en 2015, lograron tener una medición hiomental por ultrasonografía en 70 pacientes, obteniendo como resultados de estudio una sensibilidad del 60% y una especificidad del 20% con un valor predictivo positivo de 5% y un valor negativo de 85%, muy similar a los resultados de nuestro estudio, en el cual se obtuvo una sensibilidad de 10%, especifici-

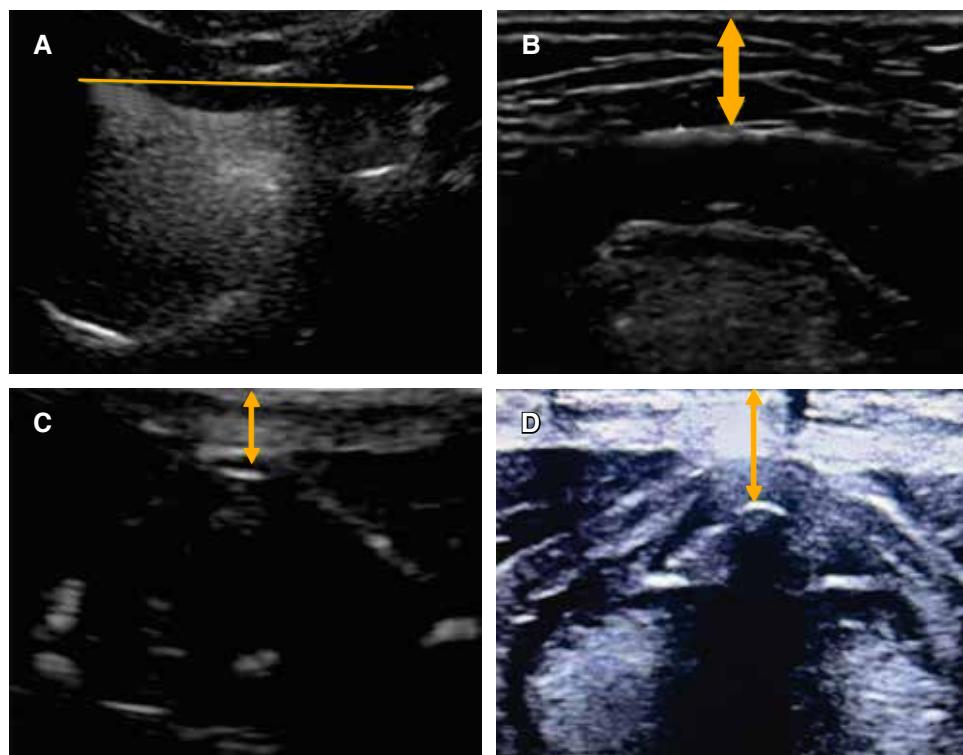


Figura 1:

A) Distancia hiomental. **B)** Distancia piel a hueso hioideos. **C)** Distancia piel a epiglotis. **D)** Distancia piel a cuerdas vocales.

Tabla 1: Medición ultrasonográfica versus Mallampati.

Prueba USG	Sensibilidad (%)	Especificidad (%)	VPP (%)	VPN (%)	RVS+	RVS-
D-H	10.00	91.00	25.00	60.00	1.10	0.98
D (P-H)	2.90	82.70	16.60	42.10	0.17	1.10
D (P-E)	8.80	72.40	16.60	42.10	0.32	1.20
D (P-CV)	2.90	82.70	16.60	42.10	0.17	1.10

D-H = distancia hiomental. P-CV = piel a cuerdas vocales. P-E = piel a epiglotis. P-H = piel a hueso hioideos. RVS- = razones de verosimilitud negativa. RVS+ = razones de verosimilitud positiva. VPN = valor predictivo negativo. VPP = valor predictivo positivo.

Tabla 2: Medición ultrasonográfica versus esternomentoniana.

Prueba USG	Sensibilidad (%)	Especificidad (%)	VPP (%)	VPN (%)	RVS+ (%)	RVS- (%)
D-H	26.30	92.00	83.30	45.00	3.25	0.80
D (P-H)	15.70	100.00	100.00	43.80	-	-
D (P-E)	26.30	96.00	90.90	46.10	6.5	0.77
D (P-CV)	15.70	100.00	100.00	43.80	-	-

D-H = distancia hiomental. P-CV = piel a cuerdas vocales. P-E = piel a epiglotis. P-H = piel a hueso hioideo. RVS- = razones de verosimilitud negativa. RVS+ = razones de verosimilitud positiva. VPN = valor predictivo negativo. VPP = valor predictivo positivo.

Tabla 3: Medición ultrasonográfica versus tiromentoniana.

Prueba USG	Sensibilidad (%)	Especificidad (%)	VPP (%)	VPN (%)	RVS+ (%)	RVS- (%)
D-H	17.90	79.10	58.30	37.20	0.85	1.03
D (P-H)	12.80	95.80	83.30	40.30	3.20	0.91
D (P-E)	20.50	87.50	72.70	40.30	1.70	0.90
D (P-CV)	12.80	95.80	83.30	40.30	3.20	0.91

D-H = distancia hiomental. P-CV = piel a cuerdas vocales. P-E = piel a epiglotis. P-H = piel a hueso hioideo. RVS- = razones de verosimilitud negativa. RVS+ = razones de verosimilitud positiva. VPN = valor predictivo negativo. VPP = valor predictivo positivo.

Tabla 4: Medición ultrasonográfica versus circunferencia de cuello.

Prueba USG	Sensibilidad (%)	Especificidad (%)	VPP (%)	VPN (%)	RVS+ (%)	RVS- (%)
D-H	45.40	95.10	83.30	76.40	9.20	0.57
D (P-H)	27.20	100.00	100.00	71.90	-	-
D (P-E)	50.00	100.00	100.00	78.80	-	-
D (P-CV)	27.20	100.00	100.00	71.90	-	-

D-H = distancia hiomental. P-CV = piel a cuerdas vocales. P-E = piel a epiglotis. P-H = piel a hueso hioideo. RVS- = razones de verosimilitud negativa. RVS+ = razones de verosimilitud positiva. VPN = valor predictivo negativo. VPP = valor predictivo positivo.

cidad de 91%, con un valor predictivo positivo de 25% y valor predictivo negativo de 60%, con una predicción evidentemente baja de ambos estudios.

En el estudio de Demet y colaboradores,⁹ en 2020, realizaron un estudio observacional y retrospectivo preoperatorio de 140 pacientes, tomando en cuenta escalas convencionales como la clasificación de Mallampati y mediciones ultrasonográficas como distancia de piel a epiglotis y distancia piel a hueso hioideo. Obteniendo una mejoría de combinación de la medición de Mallampati, distancia de piel a epiglotis y distancia de piel a hueso hioideo con una sensibilidad de 91%, especificidad de 97% y un valor predictivo positivo de 88%, lo cual parece que incrementa la predicción, pero a diferencia de nuestro estudio cuando comparamos Mallampati versus todas las pruebas ultrasonográficas la sensibilidad fue de 6.15% y una especificidad de 82%, por lo que no mejoró el rendimiento predictivo, aunque claramente nuestro número de pacientes fue menor.

Esto nos indica que la valoración de la vía aérea convencional y por ultrasonido es aérea que aún requiere más investigación. La incorporación de ultrasonido en la evaluación clínica puede ofrecer beneficios significativos, como una mejor visualización de estructuras anatómicas y la capacidad de realizar evaluaciones

en tiempo real. Sin embargo es fundamental contar estudios multicéntricos y una muestra más amplia de pacientes para llevar para poder establecer protocolos más claros para su uso. Esto permitirá que el ultrasonido se considere una herramienta complementaria muy importante en la valoración de la vía aérea.

CONCLUSIONES

La sensibilidad de las pruebas de ultrasonido en detectar vía aérea difícil en relación con las pruebas clínicas estándar de referencia es muy baja, por lo que, si bien son menos subjetivas con una especificidad más alta, su evidencia es baja para predecir vía aérea difícil. Por lo que recomendamos que éstas no sustituyan, pero sí se integren a la valoración clínica tradicional, ya que la suma de ambas aumentará el poder de predicción de vía aérea difícil.

REFERENCIAS

1. Santer PP, Wachtendorf LJ. Mechanical power during general anesthesia and postoperative respiratory failure: a multicenter retrospective cohort study. *Anaesthesia*. 2022;137:41-54.
2. Elizondo-Zapien RM. Actualidades en el manejo anestésico de la cirugía de cabeza y cuello en el paciente oncológico. *Rev Mex Anestesiol*. 2010;33(Supl):156-162.

3. Bhure A, Wasnik A, Deshmukh PP, Tiwari Y. Comparative study of airway assessment tests to predict difficult laryngoscopy & intubation. *Indian J Clin Anaesth.* 2019;6(2):172-179.
4. Soltani SM, Saliminia A, Nejatifar N, Azma R. Usefulness of ultrasound view of larynx in pre-anesthetic airway assessment: a comparison with cormack-lehane classification during direct laryngoscopy. *Anesth Pain Med.* 2016;6(6):e39566. doi: 10.5812/aapm.39566.
5. Hui CM, Tsui BC. Sublingual ultrasound as an assessment method for predicting difficult intubation: a pilot study. *Anaesthesia.* 2014;69(4):314-319. doi: 10.1111/anae.12598.
6. Pinto J, Cordeiro L, Pereira G, Fernandes J. Predicting difficult laryngoscopy using ultrasound measurement of distance from skin to epiglottis. *J Crit Care.* 2016;33:26-31. doi: 10.1016/j.jcrc.2016.02.015.
7. Vasudevan A, Badhe A. Predictors of difficult intubation: a simple approach. *Internet J Anesthesiol.* 2009;20. doi: 10.5580/13aa.
8. Cruz M, Guerrero-Ledesma R. Utilidad diagnóstica de la razón de distancia hiomental como predictor de intubación difícil en UMAE 25, departamento de anestesiología y Unidad Médica de Especialidad, Hospital de Especialidades número 25, Centro Médico Nacional Noreste Instituto Mexicano del Seguro Social Monterrey Nuevo León México. *Gac Med Mex.* 2015;151(5):599.
9. Altun D, Kara H, Bozbora E, Ali A, Dinc T, Sonmez S, et al. The role of indirect laryngoscopy, clinical and ultrasonographic assessment in prediction of difficult airway. *Laryngoscope.* 2021;131(2):E555-E560. doi: 10.1002/lary.28849.

Conflictos de intereses: los autores declaran que no hay conflicto de intereses.

Correspondencia:

Hernán Abi Reyes Mendoza

E-mail: reymirat@hotmail.com



Relación de la hiperreflexia con los biomarcadores antiangiogénicos y proangiogénicos (sFlt-1, PIgf) en preeclampsia con criterios de severidad y eclampsia

Relationship of hyperreflexia with antiangiogenic and proangiogenic biomarkers

(sFlt-1, PIgf) in preeclampsia with severity criteria and eclampsia

Relação da hiperreflexia com os biomarcadores antiangiogénicos e proangiogénicos

(sFlt-1, PIgf) na pré-eclâmpsia com critérios de gravidade e eclâmpsia

Aldo Zúñiga Ramírez,* Felipe de Jesús Montelongo,*[†] Araceli Suárez Suárez,* Jonathan Galindo Ayala,* Blanca Estela Herrera Morales,[§] Nancy Mariana Calderón Magallán^{||}

RESUMEN

Introducción: la preeclampsia es un síndrome que se presenta después de la semana 20 de gestación y se caracteriza por hipertensión arterial y proteinuria, o hipertensión con disfunción orgánica. Los síntomas incluyen alteraciones visuales, cefalea, dolor abdominal, trombocitopenia y disfunción hepática, resultantes de una microangiopatía en órganos como el cerebro, hígado, riñones y placenta. La disfunción endotelial generalizada causa estos signos y en el ámbito neurológico, la hiperreflexia puede indicar daño neuronal en la corteza cerebral debido a edema citotóxico, lo que puede llevar a *clonus* y crisis convulsivas. La «Escala del Hospital General Las Américas y Terapia Intensiva» ayuda a evaluar los reflejos osteotendinosos profundos en estas pacientes. Durante el embarazo, la placentación requiere angiogénesis para una adecuada red vascular. Un desequilibrio entre factores proangiogénicos (como VEGF y PIgf) y antiangiogénicos (como sFlt-1) puede causar disfunción endotelial y preeclampsia. Aunque estos biomarcadores son útiles para predecir la enfermedad, no se ha estudiado su relación con las manifestaciones neurológicas como la hiperreflexia en la preeclampsia severa o eclampsia.

Objetivo: determinar si existe asociación con la presencia de hiperreflexia y sus grados con niveles de sFlt-1, PIgf y la relación sFlt-1/PIgf en preeclampsia con criterios de severidad y eclampsia.

Material y métodos: se realizó un estudio prospectivo y analítico en la unidad de cuidados intensivos del Hospital General Las Américas, el cual se llevó a cabo del 31 de agosto de 2023 al 05 de abril de 2024, incluyó la medición de niveles séricos de sFlt-1 y PIgf, y la evaluación de reflejos osteotendinosos mediante una escala validada. Las muestras sanguíneas fueron procesadas en un laboratorio central y los resultados se obtuvieron en aproximadamente 48 horas. Los datos se analizaron con SPSS utilizando medianas y pruebas estadísticas, como Kruskal-Wallis, para determinar la relación entre los biomarcadores y la hiperreflexia.

Resultados: se incluyeron a 96 pacientes, de las cuales 63 tenían preeclampsia con criterios de severidad, todas recibieron tratamiento con sulfato de magnesio, 88.5% mostró niveles elevados de sFlt-1 y 84.2% presentó hiperreflexia aumentada o severa. La mediana de sFlt-1 en pacientes con hiperreflexia severa fue de 2,186 pg/ml, indicando una relación positiva entre sFlt-1 y la hiperreflexia. Aunque el valor de corte para la relación sFlt-1/PIgf varió con las semanas de gestación, no se encontró significancia en los valores medidos en el estudio. La prueba de Kruskal-Wallis mostró una diferencia significativa ($p = 0.018$) entre los niveles de sFlt-1 y el grado de hiperreflexia, confirmando que mayores niveles de sFlt-1 están asociados con mayor grado de hiperreflexia.

Conclusiones: la hiperreflexia en la preeclampsia está asociada con la disfunción endotelial, problemas en la perfusión cerebral y altos niveles de sFlt-1. Conocer esta relación puede ayudar a mejorar la evaluación y el manejo de la preeclampsia, haciendo que la exploración de reflejos osteotendinosos sea una herramienta útil en cualquier nivel de atención médica.

Palabras clave: preeclampsia, preeclampsia con criterios de severidad, eclampsia, sFlt-1, PIgf, relación sFlt-1/PIgf, hiperreflexia.

ABSTRACT

Introduction: preeclampsia is a syndrome that presents after the 20th week of gestation and is characterized by arterial hypertension and proteinuria, or hypertension with organ dysfunction. Symptoms include visual disturbances, headache, abdominal pain, thrombocytopenia and liver dysfunction, resulting from microangiopathy in organs such as the brain, liver, kidneys and placenta. Widespread endothelial dysfunction causes these signs and in the neurological setting, hyperreflexia may indicate neuronal damage in the cerebral cortex due to cytotoxic edema, which can lead to clonus and seizures. The «Las Americas General Hospital and Intensive Care Scale» helps to assess deep osteotendinous reflexes in these patients. During pregnancy, placentation requires angiogenesis for an adequate vascular network. An imbalance between proangiogenic factors (such as VEGF and PIgf) and antiangiogenic factors (such as sFlt-1) can cause endothelial dysfunction and preeclampsia. Although these biomarkers are useful in predicting disease, their relationship with neurological manifestations such as hyperreflexia in severe preeclampsia or eclampsia has not been studied.

Objective: to determine whether there is association with the presence of hyperreflexia and its degrees with levels of sFlt-1, PIgf and sFlt-1/PIgf ratio in preeclampsia with severity criteria and eclampsia.

Material and methods: a prospective and analytical study was performed in the intensive care unit of Hospital General «Las Americas» which was carried out from August 31, 2023 to April 5, 2024, included the measurement of serum levels of sFlt-1 and PIgf, and the evaluation of osteotendinous reflexes using a validated scale. Blood samples were processed in a central laboratory and results were obtained in approximately 48 hours. Data were analyzed with SPSS using medians and statistical tests, such as Kruskal-Wallis, to determine the relationship between biomarkers and hyperreflexia.

Results: ninety-six patients were included, of whom 63 had preeclampsia with severity criteria; all received magnesium sulfate treatment. 88.5% showed elevated sFlt-1 levels and 84.2% had increased or severe hyperreflexia. The median sFlt-1 in patients with severe hyperreflexia was 2186 pg/ml, indicating a positive relationship between sFlt-1 and hyperreflexia. Although the cutoff value for the sFlt-1/PIgf ratio varied with gestational weeks, no significance was found in the values measured in the study. The Kruskal-Wallis test showed a significant difference ($p = 0.018$) between sFlt-1 levels and degree of hyperreflexia, confirming that higher sFlt-1 levels are associated with higher degree of hyperreflexia.

Conclusions: hyperreflexia in preeclampsia is associated with endothelial dysfunction, cerebral perfusion problems, and high sFlt-1 levels. Knowing this relationship may help to improve the evaluation and management of preeclampsia, making osteotendinous reflex scanning a useful tool at any level of medical care.

Keywords: preeclampsia, preeclampsia with severity criteria, eclampsia, sFlt-1, PIgf, sFlt-1/PIgf ratio, hyperreflexia.

RESUMO

Introdução: a pré-eclâmpsia é uma síndrome que ocorre após a 20^a semana de gestação e se caracteriza por hipertensão arterial e proteinúria, ou hipertensão com disfunção orgânica.

* Hospital General Las Américas. Instituto de Salud del Estado de México. IMSS-Bienestar.

[†] Universidad Autónoma del Estado de México, Hospital General de Zona 197 Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) México.

[§] Hospital General Regional No. 196. Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). México.

^{||} Laboratorio Estatal de Salud Pública. Instituto de Salud del Estado de México (ISEM).

Recibido: 17/09/2024. Aceptado: 24/09/2024.

Citar como: Zúñiga RA, Montelongo FJ, Suárez SA, Galindo AJ, Herrera MBE, Calderón MNM. Relación de la hiperreflexia con los biomarcadores antiangiogénicos y proangiogénicos (sFlt-1, PIgf) en preeclampsia con criterios de severidad y eclampsia. Med Crit. 2024;38(8):664-668. <https://dx.doi.org/10.35366/120013>

www.medigraphic.com/medicinacritica

Os sintomas incluem distúrbios visuais, cefaleia, dor abdominal, trombocitopenia e disfunção hepática, resultantes de microangiopatia em órgãos como cérebro, fígado, rins e placenta. A disfunção endotelial generalizada causa esses sinais e, no quadro neurológico, a hiperreflexia pode indicar dano neuronal no córtex cerebral devido ao edema citotóxico, que pode levar a clônus e convulsões. A «Escala do Hospital Geral Las Américas e Terapia Intensiva» ajuda a avaliar os reflexos osteotendinosos profundos nesses pacientes. Durante a gravidez, a placenta requer angiogéneses para uma rede vascular adequada. Um desequilíbrio entre fatores pró-angiogénicos (como VEGF e PIGF) e fatores antiangiogénicos (como sFlt-1) pode causar disfunção endotelial e pré-eclâmpsia. Embora estes biomarcadores sejam úteis para prever a doença, a sua relação com manifestações neurológicas como a hiperreflexia na pré-eclâmpsia grave ou na eclâmpsia não foi estudada.

Objetivo: determinar se existe uma associação entre a presença de hiperreflexia e os seus graus com os níveis de sFlt-1, PIGF e o rácio sFlt-1/PIGF na pré-eclâmpsia com critérios de gravidade e na eclâmpsia.

Material e métodos: foi realizado um estudo prospectivo e analítico na unidade de terapia intensivos do Hospital Geral «Las Américas» de 31 de agosto de 2023 a 5 de abril de 2024, incluindo a medição dos níveis séricos de sFlt-1 e PIGF, e a avaliação dos reflexos osteotendinosos utilizando uma escala validada. As amostras de sangue foram processadas em laboratório central e os resultados foram obtidos em aproximadamente 48 horas. Os dados foram analisados no SPSS por meio de medianas e testes estatísticos, como Kruskal-Wallis, para determinar a relação entre biomarcadores e hiperreflexia.

Resultados: foram incluídas 96 pacientes, das quais 63 apresentavam pré-eclâmpsia com critérios de gravidade, todas recebendo tratamento com sulfato de magnésio. 88.5% apresentaram níveis elevados de sFlt-1 e 84.2% apresentaram hiperreflexia aumentada ou grave. A mediana do sFlt-1 em pacientes com hiperreflexia grave foi de 2186 pg/ml, indicando uma relação positiva entre sFlt-1 e hiperreflexia. Embora o valor de corte para a relação sFlt-1/PIGF tenha variado com as semanas de gestação, não foi encontrada significância nos valores medidos no estudo. O teste de Kruskal-Wallis mostrou diferença significativa ($p = 0.018$) entre os níveis de sFlt-1 e o grau de hiperreflexia, confirmando que níveis mais elevados de sFlt-1 estão associados a um maior grau de hiperreflexia.

Conclusão: a hiperreflexia na pré-eclâmpsia está associada à disfunção endotelial, problemas de perfusão cerebral e níveis elevados de sFlt-1. Conhecer essa relação pode ajudar a melhorar a avaliação e o manejo de pré-eclâmpsia, tornando o exame dos reflexos tendinosos profundos uma ferramenta útil em qualquer nível de atendimento médico.

Palavras-chave: pré-eclâmpsia, pré-eclâmpsia com critérios de gravidade, eclâmpsia, sFlt-1, PIGF, relação sFlt-1/PIGF, hiperreflexia.

Abreviaturas:

VEGF = factor de crecimiento vascular endotelial

PIGF = factor de crecimiento placentario

sFlt-1= tirosin cinasa 1 soluble tipo fms

UCI = unidad de cuidados intensivos

INTRODUCCIÓN

La preeclampsia es un síndrome caracterizado por la aparición de hipertensión arterial sistémica y proteinuria o hipertensión arterial sistémica y disfunción de órganos blanco con o sin proteinuria posterior a las 20 semanas de gestación.¹ Los signos y síntomas que se pueden presentar en la preeclampsia incluyen alteraciones visuales, cefalea, dolor en epigastrio, trombocitopenia y disfunción hepática. Estas manifestaciones son resultado de una microangiopatía de leve a grave de los órganos blanco; incluidos el cerebro, hígado, riñones y placenta. Todas las características clínicas de la preeclampsia pueden explicarse como respuesta a la disfunción endotelial generalizada.^{1,2} Dentro de las manifestaciones neurológicas, la hiperreflexia es relativamente frecuente y ésta se define como los reflejos hiperactivos o repetitivos (clónicos) del sistema osteotendinoso profundo. Estos suelen indicar una interrup-

ción de las vías corticoespinales y otras vías descendentes que influyen en el arco reflejo debido a una lesión suprasegmentaria, es decir, una lesión por encima del nivel de las vías reflejas espinales o cortical. Este signo en la preeclampsia se considera una lesión neuronal en la corteza cerebral, que se manifiesta fisiopatológicamente por edema cerebral, principalmente de origen citotóxico. Este edema puede causar una incapacidad para producir neurotransmisores en el citoplasma y en las placas neuromusculares, especialmente el ácido gama-aminobutírico (GABA), que tiene un efecto inhibitorio hacia la médula espinal y modula los reflejos, por lo tanto, la hiperexcitación neuronal cortical persiste, puede intensificarse, manifestándose como clonus, fasciculaciones musculares y, finalmente crisis convulsivas. En la actualidad hay una escala de evaluación de los reflejos de estiramiento muscular patelar (cuádriceps femoral) para paciente obstétrica, la cual se le domina la «Escala del Hospital General Las Américas y Terapia Intensiva», que permite con base en la exploración clínica darle una significancia y establecer el riesgo de incluso presentar una crisis convulsiva (eclampsia).

Por otra parte, la placentación en mamíferos durante el embarazo requiere de una angiogénesis extensa para el establecimiento de una red vascular adecuada para suministrar oxígeno y nutrientes al feto. La placenta en desarrollo elabora una variedad de factores proangiogénicos (factor de crecimiento vascular endotelial [VEGF], factor de crecimiento placentario [PIGF]) y antiangiogénicos (tirosin cinasa 1 soluble tipo fms [sFlt-1]) y el equilibrio entre estos factores es importante para el desarrollo normal de la placenta. El aumento de los factores antiangiogénicos altera este equilibrio y produce la disfunción endotelial sistémica que se encuentra presente en la preeclampsia. Las alteraciones en los valores séricos del sFlt-1 como en PIGF se correlacionan con resultados maternos y neonatales adversos asociados a la preeclampsia.³⁻⁹ El estudio *Preeclampsia Risk Assessment: Evaluation of Cut-offs to Improve Stratification* (PRAECIS) reclutó a 1,014 pacientes hospitalizadas con un trastorno hipertensivo del embarazo entre las semanas 23 y 34 de gestación y obtuvo niveles iniciales de sFlt-1 y PIGF, así como la relación que guardan entre sí para determinar si esta prueba podría predecir con precisión desarrollo de preeclampsia con criterios de severidad o predecir resultados adversos en dos semanas. La sensibilidad y especificidad para desarrollar preeclampsia con criterios de severidad fueron: sensibilidad 94%, IC95% 89-96; especificidad 75%, IC95% 70-79. Por lo que, según este estudio, la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA por sus siglas en inglés) aprobó el uso de estos factores en pacientes hospitalizadas para predecir la progresión a preeclampsia con criterios

de severidad.⁴ Si bien los biomarcadores angiogénicos y antiangiogénicos demuestran la presencia de la enfermedad de preeclampsia, éstos no se han estudiado en las manifestaciones neurológicas de esta enfermedad. Por lo tanto, actualmente no hay evidencia científica que sustente la asociación de dichos biomarcadores con la presencia y los grados de hiperreflexia en la preeclampsia con criterios de severidad y eclampsia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio prospectivo, descriptivo, transversal y analítico para determinar la asociación de la hiperreflexia por medio de la exploración física con los factores antiangiogénicos y proangiogénicos (sFlt-1, PIGF y su relación de ambos marcadores, Thermo scientific BRAHMS, KRYPTOR) en la preeclampsia con criterios de severidad y eclampsia, en la unidad de cuidados intensivos (UCI) del Hospital General Las Américas de Instituto de Salud del Estado de México. Llevado a cabo a partir de 31 de agosto de 2023 al 05 abril de 2024. Con el fin de establecer esta asociación, se midieron los niveles séricos de dichos biomarcadores y se evaluaron los reflejos osteotendinosos de las pacientes por medio de la exploración física.

La toma de los biomarcadores se llevó a cabo con previo consentimiento informado de la paciente o del familiar, por medio de punción directa y también por medio de un catéter venoso central. Se tomaron las muestras sanguíneas en un tubo rojo y se procesaron en el laboratorio local. Posteriormente se trasladaron las muestras al laboratorio clínico central estatal del Instituto de Salud del Estado de México localizado en el municipio de Toluca en el Estado de México. Las muestras fueron procesadas y posteriormente los resultados fueron entregados a nuestra UCI por medio del laboratorio clínico de nuestra unidad en un promedio de 48 horas.

Se utilizó la escala de evaluación de los reflejos de estiramiento muscular patelar (cuádriceps femoral) validada para paciente obstétrica^{10,11} para estandarizar la exploración y la respuesta clínica, utilizando para ello un martillo de reflejos calibrado de Taylor. La clasificación de esta escala se muestra en la *Tabla 1*.

Tabla 1: Escala de evaluación de los reflejos osteotendinosos de estiramiento muscular patelar (cuádriceps femoral).

Sitio de estímulo y respuesta	Puntaje
Tendón rotuliano por debajo de la rótula	0
Arreflexia, ausente o abolido	0
Hiperreflexia o disminuido	1 o una cruz (+)
Normal	2 o dos cruces (++)
Hiperreflexia o aumentado	3 o tres cruces (+++)
Tendón rotuliano por arriba de la rótula o masa muscular	4 o cuatro cruces (****)
Hiperreflexia severa o incrementado <i>clonus</i> y/o fasciculaciones	

Tabla 2: Variables demográficas, de diagnóstico y de severidad.

Variable	n (%)
Edad, años*	27.0 [19-31]
Semanas de gestación*	36.3 [32.0-38.3]
Gestas*	1.0 [1-2]
Preeclampsia con criterios de severidad	63 (65.6)
Síndrome de HELLP	22 (22.9)
Eclampsia	5 (5.2)
Hipertensión crónica con preeclampsia severa sobreagregada	6 (6.25)
Puerperio	95 (98.7)
Diabetes gestacional	1 (1.04)
Hipertensión arterial	6 (6.25)
Preeclampsia previa	4 (4.16)
Severidad neurológica (no incluye hiperreflexia)	8 (8.3)
Hemodinámica	68 (70.8)
Gastrometabólica	18 (18.75)
Renal	5 (5.2)
Hematológica	18 (18.75)

HELLP = *Hemolysis, Elevated Liver enzymes and Low Platelets* (hemólisis, enzimas hepáticas elevadas y plaquetopenia).

* Los datos se presentan en mediana y [rango intercuartílico].

Se llevó el registro de la clasificación por medio de la exploración física de los reflejos osteotendinosos y los valores reportados de laboratorio del sFlt-1, PIGF y relación sFlt-1/PIGF en una hoja de recolección de datos. Los criterios de inclusión para este estudio fueron pacientes diagnosticadas con preeclampsia con criterios de severidad o eclampsia que fueron admitidas en la UCI. Por otro lado, los criterios de exclusión fueron pacientes con alteraciones previas de reflejos osteotendinosos, pacientes con ausencia de extremidades inferiores, pacientes incapaces de someterse a la determinación de biomarcadores y pacientes bajo el efecto de fármacos que modificaran los reflejos osteotendinosos. Finalmente, los criterios de eliminación abarcaron a pacientes con registros incompletos en la hoja de recolección de datos, así como pacientes que no firmaron el consentimiento informado. Se realizó el cálculo de muestra por una estimación por proporción con un nivel de confianza de 95%, una precisión de 3% y proporción de 5%, dando como resultado una muestra de 78 pacientes, la cual ajustada por pérdidas de 18% se obtiene un tamaño muestral de 96 pacientes. La base de datos se llevó a cabo en un programa de Windows Excel 2019 y los resultados se procesaron en el paquete estadístico SPSS para Windows versión 26, en donde se elaboraron las tablas y pruebas estadísticas. Para la estadística descriptiva las variables cuantitativas se representaron en medianas y rangos intercuartiles. Para las variables cualitativas se expresaron en frecuencias y porcentajes y finalmente, para mostrar diferencia entre los reflejos y los factores angiogénicos y antiangiogénicos se utilizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

RESULTADOS

Se incluyeron 96 pacientes, de las cuales 63 contaban con diagnóstico de preeclampsia con criterios de severidad como el diagnóstico más frecuente, recibiendo una impregnación con esquema de Zuspan en 100% de los casos, en el cual se administran 4 gramos de sulfato de magnesio intravenoso en 30 minutos y posteriormente se administró una dosis de mantenimiento con infusión continua de 1 gramo por hora al inicio con niveles séricos de magnesio medidos normales en toda la serie de pacientes. El promedio de dosis de mantenimiento del sulfato de magnesio fue de 1.4 gramos por hora y la duración promedio de la dosis de mantenimiento fue de 36 horas continuas (*Tabla 2*), 88.5% de nuestra muestra de población de estudio tuvo una elevación de sFlt1 por arriba de los puntos de corte séricos, de los cuales 84.2% tuvo hiperreflexia aumentada o severa, encontrando además que todos los pacientes con reflejos osteotendinosos normales tuvieron niveles de sFlt1 anormales en 15.6% (15 pacientes de la muestra). Se obtuvo una mediana de 67 pacientes que cursaron con hiperreflexia severa o incrementada y una mediana de 2,186 pg/mL para los valores séricos de sFlt-1, por lo que la relación es positiva entre ambos fenómenos (*Tabla 3*).

El valor de corte superior para la relación sFlt-1/PIGF fue dependiendo de las semanas de gestación de la paciente, teniendo en cuenta que nuestra mediana de semanas de gestación fue de 36.3; el valor corte reportado

Tabla 3: Reflejos de estiramiento muscular y biomarcadores séricos.

Variable	n (%)
Reflejos de estiramiento muscular	
Normal	15 (15.6)
Hiperreflexia o aumentado	14 (14.5)
Hiperreflexia severa o incrementado	67 (69.7)
Mg sérico*	3.2 [2.1-3.9]
Relación sFlt-1/PIGF*	89 [46.6-89.7]
sFlt-1*	2,186 [1,207-6,963]
PIGF*	18.50 [7.80-34.00]

PIGF = factor de crecimiento placentario (*Placental Growth Factor*). sFlt-1 = tirosina cinasa 1 soluble tipo fms.

* Los datos se presentan en mediana y [rango intercuartílico].

tado por laboratorio clínico fue de 17 pg/mL. En nuestro estudio se observó que la mediana del valor para esta variable fue de 89 pg/mL con un rango intercuantil de 46.6 a 897 pg/mL pero no fue significativo.

Se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis como prueba no paramétrica que demostró que existe una diferencia significativa entre las categorías de la variable independiente: *reflejos osteotendinosos* con respecto a la variable dependiente: sFlt- 1, de $p = 0.018$, para hiperreflexia severa o grado 4. Por lo que se demostró que hay una significancia estadística en la población de estudio, en la cual a mayor nivel sérico de sFlt1 mayor grado de hiperreflexia en la evaluación clínica (*Tabla 4*).

DISCUSIÓN

La hiperreflexia, caracterizada por un aumento exagerado de los reflejos osteotendinosos profundos, es un signo relevante en la evaluación clínica de la preeclampsia con criterios de severidad y eclampsia, además del síndrome de HELLP como se demostró en nuestro estudio, con una alta asociación de 80.3%. En la preeclampsia, la disfunción endotelial y la disminución del flujo sanguíneo uteroplacentario conducen a una serie de cambios bioquímicos en la circulación materna, incluyendo la liberación de factores antiangiogénicos como el sFlt-1 y la disminución de factores proangiogénicos como el PIGF. La relación entre la hiperreflexia y los niveles séricos de sFlt-1 y PIGF no se ha investigado hasta este momento y nuestro estudio es el primero en hacerlo. Se observó que los niveles elevados de sFlt-1 y la disminución de PIGF (aunque el PIGF no se demostró en nuestro estudio) están asociados con la patogénesis de la preeclampsia y sus manifestaciones clínicas neurológicas, incluyendo la hiperreflexia, lo cual se demostró en nuestro estudio, con una alta asociación del incremento del sFlt-1.

La disfunción endotelial es un componente central en la fisiopatología de la preeclampsia. Se cree que la placenta preeclámptica libera grandes cantidades de sFlt-1, un receptor soluble de VEGF que actúa como un antagonista del VEGF y del PIGF. Esto conduce a una disminución de la angiogénesis y a la disfunción endotelial sistémica, lo que podría contribuir a un signo como la hiperreflexia y la progresión de ellos, en nuestro estudio se demostró la correlación de los grados de hiper-

Tabla 4: Relación de rangos.

Valores	Reflejos			p
	Normales	Aumentados	Hiperreflexia severa	
Relación sFlt-1/PIGF*	48.3 [19.9-152.3]	148.3 [62.80-405.60]	89 [48.01-156.50]	0.171
sFlt-1*	862.30 [256.40-2,148.00]	3,854.00 [1,441.00-8,738.00]	2,480.00 [1,264.00-8,097.00]	0.018
PIGF*	10.90 [5.60-24.10]	26.00 [11.30-30.70]	19.60 [7.55-37.35]	0.470

PIGF = factor de crecimiento placentario [*Placental Growth Factor*]. sFlt-1 = tirosina cinasa 1 soluble tipo fms.

* Los datos se presentan en mediana y [rango intercuartílico].

flexia, con la gradación de la escala de los reflejos con una $p = 0.018$, encontrando niveles altos de sFlt-1 en el grado más severo de la enfermedad de hiperreflexia, estado que se conoce como inminencia de eclampsia.

Se ha observado que la relación sFlt-1/PIGF se asocia con formas más graves de la enfermedad, que pueden presentar síntomas neurológicos, incluyendo la hiperreflexia; sin embargo, esto no se demostró en nuestro estudio.

La detección temprana de cambios en los niveles de sFlt-1 y PIGF puede tener implicaciones importantes para la monitorización y el manejo de la preeclampsia. La identificación de pacientes con niveles elevados de sFlt-1 y bajos niveles de PIGF puede ayudar a estratificar el riesgo de complicaciones maternas y fetales, incluyendo los signos neurológicos como la hiperreflexia, probablemente la progresión a un estado de eclampsia. Principalmente la monitorización de los reflejos osteotendinosos en una paciente embarazada se asocia fuertemente con un estado de preeclampsia cuando estos se encuentran anormales, como fuertemente lo sugiere este estudio, por lo que un tamizaje precoz de los reflejos osteotendinosos ayudará al clínico a detectar en forma temprana a la enfermedad de preeclampsia.

CONCLUSIONES

La hiperreflexia en el contexto de la preeclampsia está relacionada con la disfunción endotelial, la alteración en la perfusión cerebral y los cambios en los niveles séricos de sFlt-1. La comprensión de esta relación puede tener implicaciones importantes para la evaluación clínica y el manejo de las pacientes con preeclampsia de una forma redituable, reproducible, factible y disponible en todos los niveles de atención médica al sólo explorar los reflejos osteotendinosos.

REFERENCIAS

- Redman CW, Sacks GP, Sargent IL. Preeclampsia: an excessive maternal inflammatory response to pregnancy. *Am J Obstet Gynecol.* 1999;180(2 Pt 1):499-506.
- Roberts JM, Taylor RN, Goldfien A. Clinical and biochemical evidence of endothelial cell dysfunction in the pregnancy syndrome preeclampsia. *Am J Hypertens.* 1991;4(8):700-708.
- Kim MY, Buyon JP, Guerra MM, Rana S, Zhang D, Laskin CA, et al. Angiogenic factor imbalance early in pregnancy predicts adverse outcomes in patients with lupus and antiphospholipid antibodies: results of the PROMISSE study. *Am J Obstet Gynecol.* 2016;214(1):108.e1-108.e14.
- Rana S, Powe CE, Salahuddin S, Verloren S, Perschel FH, Levine RJ, et al. Angiogenic factors and the risk of adverse outcomes in women with suspected preeclampsia. *Circulation.* 2012;125(7):911-919.
- Moore AG, Young H, Keller JM, Ojo LR, Yan J, Simas TA, et al. Angiogenic biomarkers for prediction of maternal and neonatal complications in suspected preeclampsia. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2012;25(12):2651-2657.
- Chaiworapongsa T, Romero R, Korzeniewski SJ, Cortez JM, Pappas A, Tarca AL, et al. Plasma concentrations of angiogenic/anti-angiogenic factors have prognostic value in women presenting with suspected preeclampsia to the obstetrical triage area: a prospective study. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2014;27(2):132-144.
- March MI, Geaghan C, Wenger J, Raghuraman N, Berg A, Haddow H, McKeon BA, et al. Circulating angiogenic factors and the risk of adverse outcomes among haitian women with preeclampsia. *PLoS One.* 2015;10(5):e0126815.
- Rana S, Salahuddin S, Mueller A, Berg AH, Thadhani RI, Karumanchi SA. Angiogenic biomarkers in triage and risk for preeclampsia with severe features. *Pregnancy Hypertens.* 2018;13:100-106.
- Salahuddin S, Wenger JB, Zhang D, Thadhani R, Karumanchi SA, Rana S. KRYPTOR-automated angiogenic factor assays and risk of preeclampsia-related adverse outcomes. *Hypertens Pregnancy.* 2016;35(3):330-345.
- Sierra UA. Terapéutica en medicina crítica (Cap 27 Montelongo FJ). McGraw Hill/UNAM, ISBN 978-607-30-2441-9. 2020, p. 366-375.
- Montelongo FJ, Canedo NAC. Regresando a nuestras bases clínicas de formación académica para salvar vidas: la exploración de los reflejos osteotendinosos para abatir la muerte materna por preeclampsia en México. *Certeza CONACEM.* 2022; 3-4: 29-31.

Financiamiento: ninguno.

Conflictos de intereses: ninguno.

Correspondencia:

Aldo Zúñiga Ramírez

E-mail: aldozunigaramirez@gmail.com



Posición anatómica de grandes vasos en pacientes obstétricas y su relación con el embarazo

Anatomical position of large vessels in obstetric patients and its relationship with pregnancy

Posição anatómica dos grandes vasos em pacientes obstétricas e sua relação com a gravidez

Verónica Molina Reyes,* Felipe de Jesús Montelongo,*‡§ Rafael Tapia Velasco,* Jonathan Galindo Ayala,* Blanca Estela Herrera Morales,§ Alfonso Salazar Mendoza*

RESUMEN

Introducción: la colocación de un catéter venoso central es uno de los procedimientos más habituales en los hospitales, la mayoría están relacionados con la asistencia sanitaria o los cuidados de la salud con indicaciones específicas y, rutinariamente, se realiza guiado por referencias anatómicas; no obstante, hay pocos reportes de pacientes embarazadas en la literatura mundial. Existen factores relacionados con el acceso vascular con referencias anatómicas conocidas. Sin embargo, se sabe poco sobre esta asociación en el embarazo. El propósito de la investigación es ampliar el conocimiento actual de la anatomía vascular en pacientes obstétricas y, con la ayuda de la ecografía de cabecera, identificar variaciones anatómicas en comparación con las registradas en la población general. Además, documentar si la presencia de estas variaciones se asocia con la progresión del embarazo. Esto es de gran importancia para la salud pública y la seguridad del paciente, ya que los Comités de Morbilidad y Mortalidad Materna y Perinatal registran muertes maternas debidas al acceso vascular central.

Objetivo: describir las relaciones venosas y arteriales de los principales sitios de punción que se utilizan para los accesos vasculares centrales, en pacientes del primero, segundo y tercer trimestre del embarazo y puerperio.

Material y métodos: se realizó un estudio prospectivo, transversal y descriptivo, las variables fueron expresadas en frecuencia y porcentaje, realizado en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital General de Ecatepec «Las Américas» del Instituto de Salud del Estado de México.

Resultados: se determinó un 27.5% de variación anatómica en el primer trimestre del embarazo, 32.5% de variación en el segundo trimestre del embarazo, un total de 29.46% de variación en el tercer trimestre del embarazo y 28.57% de variación en el puerperio. Así como un global de todos los casos en el embarazo y puerperio de 28.75%.

Conclusión: la variación anatómica encontrada es muy alta a lo esperado en la paciente obstétrica, se identificó que 3 de cada 10 pacientes obstétricas pueden tener una amenaza a la vida si éstas se sometieran a un acceso venoso central guiado por referencias anatómicas, un punto a considerar en relación con la morbilidad y mortalidad materna en el país.

Palabras clave: anatomía vascular, ultrasonografía point-of-care, embarazo, acceso vascular, muerte materna.

ABSTRACT

Introduction: the placement of a central venous catheter is one of the most common procedures in hospitals, and most are related to health care or health care with specific indications and are routinely performed guided by anatomical references. Although there are few reports of pregnant patients in the world literature. There are factors related to vascular access with known anatomical references. However, little is known about this association in pregnancy. The purpose of the research is to expand the current knowledge of vascular anatomy in obstetric patients and, with the help of bedside ultrasound, to identify anatomical variations compared to those recorded in the general population. In addition, document whether the presence of these variations is associated with pregnancy progression. This is of great importance for public health and patient safety, as the Maternal and Perinatal Morbidity and Mortality Committees record maternal deaths due to central vascular access.

Objective: to describe the venous and arterial relationships of the main puncture sites, which are used for central vascular access, in patients in the first, second and third trimesters of pregnancy and puerperium.

Material and methods: a prospective, cross-sectional and descriptive study was carried out, the variables were expressed in frequency and percentage, carried out in the Intensive Care Unit of the General Hospital of Ecatepec «Las Américas» of the Health Institute of the State of Mexico.

Results: a total of 27.5% of anatomical variation was determined in the first trimester of pregnancy; a 32.5% variation in the second trimester of pregnancy, a total of 29.46% variation in the third trimester of pregnancy; and a 28.57% variation in the puerperium. A total of all cases in pregnancy and puerperium was 28.75%.

Conclusion: the anatomical variation found is very high than expected in obstetric patients, identifying that 3 out of 10 obstetric patients may have a threat to life if they undergo a central venous access guided by anatomical references, a point to consider in relation to maternal morbidity and mortality in the country.

Keywords: vascular anatomy, point-of-care ultrasonography, pregnancy, vascular access, maternal death.

RESUMO

Introdução: a colocação de cateter venoso central é um dos procedimentos mais comuns em hospitais, e a maioria está relacionada à cuidados de saúde ou à cuidados de saúde com indicações específicas e é realizada rotineiramente orientada por referências anatómicas.

Embora existam poucos relatos de pacientes grávidas na literatura mundial. Existem fatores relacionados ao acesso vascular com referências anatómicas conhecidas. No entanto, pouco se sabe sobre esta associação na gravidez. O objetivo da pesquisa é ampliar o conhecimento atual da anatomia vascular em pacientes obstétricas e, com a ajuda da ultrassonografia à beira do leito, identificar variações anatómicas em comparação com aquelas registradas na população geral. Além disso, documentar se a presença destas variações está associada à progressão da gravidez. Este aspecto é de grande importância para a saúde pública e a segurança dos pacientes, uma vez que os Comitês de Morbilidade e Mortalidade Materna e Perinatal registra mortes maternas devidas ao acesso vascular central.

Objetivo: descrever as relações venosas e arteriais dos principais sítios de punção utilizados para acesso vascular central em pacientes no primeiro, segundo e terceiro trimestres de gestação e puerpério.

Materiais e métodos: foi realizado um estudo prospectivo, transversal, descriptivo, as variáveis foram expressas em frequência e percentagem, realizado na Unidade de Terapia Intensiva do Hospital Geral de Ecatepec «Las Américas» do Instituto de Saúde do Estado do México.

Resultados: foi determinado um total de 27.5% de variação anatómica no primeiro trimestre de gravidez; 32.5% de variação no segundo trimestre gestacional; um total de 29.46% de variação no terceiro trimestre gestacional; e 28.57% de variação no puerpério. Uma taxa global de todos os casos na gravidez e no puerpério de 28.75%.

Conclusão: a variação anatómica encontrada é muito maior que o esperado na paciente obstétrica, identificando que 3 em cada 10 pacientes obstétricas podem ter risco de vida se forem submetidas a acesso venoso central guiado por referências anatómicas, um ponto a ser considerado em relação à morbilidade e mortalidade materna no país.

Palavras-chave: anatomia vascular, ultrassonografia point of care, gravidez, acesso vascular, morte materna.

INTRODUCCIÓN

La instalación de un catéter venoso central es uno de los procedimientos más frecuentes en los hospitales, generalmente relacionados con los cuidados de la sa-

* Hospital General Las Américas. ISEM, IMSS-Bienestar, Ecatepec, Estado de México, México.

† Hospital General de Zona 197, IMSS, Texcoco, Estado de México, México.

‡ Hospital General Regional 196, IMSS, Ecatepec, Estado de México, México.

Recibido: 19/09/2024. Aceptado: 26/09/2024.

Citar como: Molina RV, Montelongo FJ, Tapia VR, Galindo AJ, Herrera MBE, Salazar MA. Posición anatómica de grandes vasos en pacientes obstétricas y su relación con el embarazo. Med Crit. 2024;38(8):669-673. <https://dx.doi.org/10.35366/120014>

lud o la atención médica con sus indicaciones específicas. Comúnmente se coloca por referencias anatómicas con una tasa muy variable de complicaciones, con escasos reportes en la literatura mundial en pacientes embarazadas. Hay factores relacionados con los accesos vasculares por referencia anatómicas muy conocidas, como la relación entre la arteria carótida y la vena yugular interna que varía con la posición de la cabeza y con la dominancia de la vena.¹ En el caso de la arteria femoral se recomienda realizar medial a la arteria, cerca del ligamento inguinal y evitar los segmentos más altos de la vena por mayor riesgo de daño vascular, pero poco se conoce de esta relación en el embarazo.²

El embarazo es una situación «fisiológica» que se asocia a cambios morfológicos o incluso corporales. Se conocen muy bien los cambios adaptativos cardiovasculares y hemodinámicos durante la gestación y el trabajo de parto³ con un aumento significativo de la volumen e incremento del gasto cardíaco, que puede alcanzar hasta 35% al finalizar el primer trimestre, 50% en la gestante a término y hasta un máximo de 80% en el postparto inmediato. La presión arterial suele disminuir al inicio de la gestación por decrecimiento de las resistencias vasculares sistémicas. Así como un aumento de la presión venosa en pelvis y extremidades inferiores por compresión directa del útero grávido a las venas y arterias iliacas y vena cava inferior, consideraciones importantes para que se desarrolle el síndrome de compresión aortocava, especialmente desde la semana 20 de gestación,⁴ sin embargo, no se hace mención qué sucede con el sistema arteriovenoso central y periférico. Además, en los libros de anatomía que se consultan desde nuestra formación en las facultades de medicina e incluso en las diferentes especialidades, las estructuras vasculares se presentan como inalterables y no hay referencias bibliográficas hasta el momento actual que mencionen si estas referencias vasculares cambian con el embarazo.

Con intenciones descriptivas para ampliar el conocimiento actual en la anatomía vascular en la paciente obstétrica y con el apoyo de la ultrasonografía a la cabecera del paciente (ultrasonografía *point-of-care*), buscamos determinar variantes anatómicas con respecto a las documentadas en la población general. Además, documentar si la presencia de dichas variaciones está asociada con la evolución del embarazo, entendiendo que esto tiene un impacto significativo en la toma de decisiones en búsqueda de un acceso vascular seguro y en el caso de la mujer embarazada sobre la morbilidad y mortalidad materna. Esto cobra gran relevancia en la salud pública y la seguridad del paciente, ya que se han documentado muertes maternas por accesos vasculares centrales en los comités de morbilidad materna y perinatal.

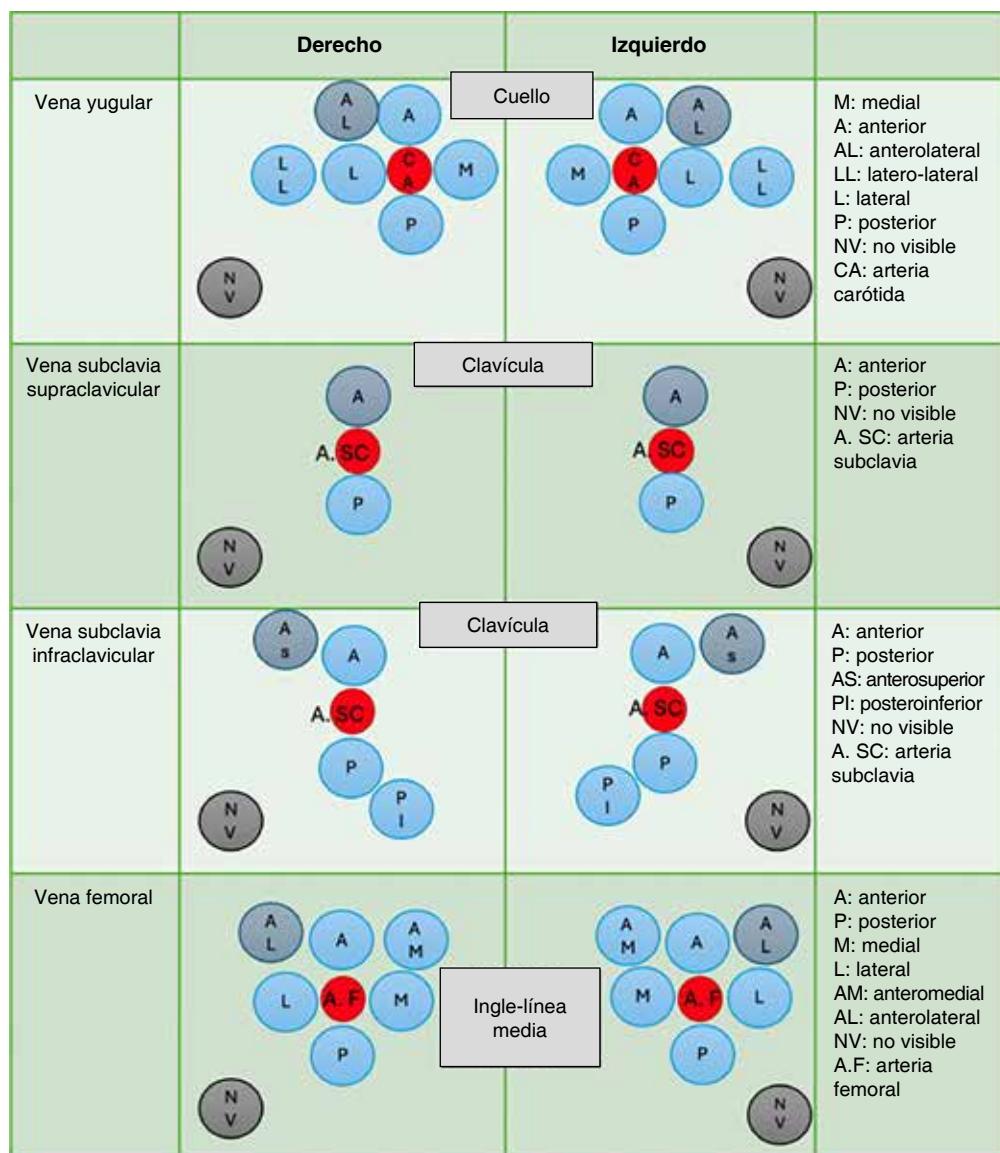
MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio prospectivo, descriptivo y transversal con la finalidad de documentar la posición anatómica de la relación venoarterial mediante ultrasonografía, en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) del Hospital General de Ecatepec «Las Américas» del Instituto de Salud del Estado de México. Se incluyeron a pacientes obstétricas de 12 a 60 años de edad que ingresaron al área de tocoquirúrgica, consulta externa y hospitalización, así como en la UCI, durante el periodo del 1 de mayo de 2023 al 1 de mayo de 2024, que aceptaron formar parte del estudio y firmaron el consentimiento informado. Se excluyeron a aquellas pacientes que tenían documentadas enfermedades vasculares congénitas o adquiridas, diagnóstico previo de alguna malformación vascular, osteoarticular congénita o que hubieran tenido el antecedente de punción vascular central en los últimos tres meses. Se eliminó a toda aquella paciente en la cual no se logró completar la evaluación de todas las venas y arterias centrales por ultrasonido o que sus registros quedaron incompletos en la hoja de recolección de datos.

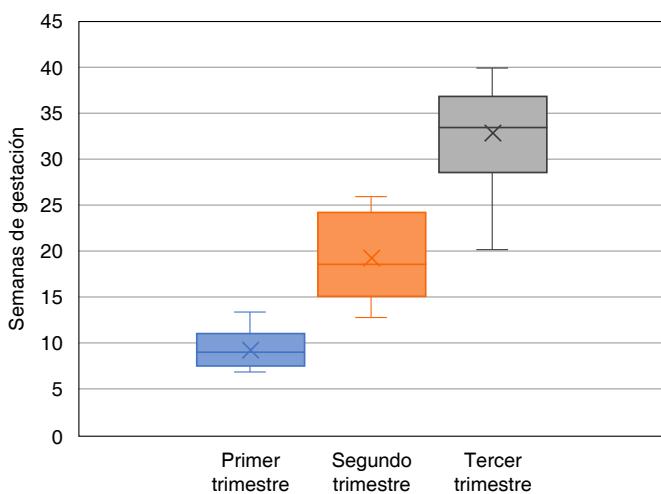
Se llevó a cabo bajo insonación directa en modo B de la vena y arteria a nivel yugular, subclavio en su posición supra e infraclavicular y femoral, de ambos lados del cuerpo (derecha e izquierda), se utilizó un ultrasonido SIEMENS Freestyle con un transductor lineal de 13 MHz y un ultrasonido SonoStar inalámbrico de 10 MHz para la evaluación anatómica. Para estandarizar la recolección de la muestra se estableció el nivel a insonar de acuerdo con el indicador del transductor, la dirección espacial del transductor y la posición de la paciente, según las referencias anatómicas documentadas en la literatura.

Como postura inicial se estableció la posición decúbito supino, posición neutra con cabecera a 30 grados y el transductor de acuerdo con la vena a estudiar, siendo para la vena yugular izquierda, derecha y subclavia, indicador del transductor en dirección ventral, para la región supraclavicular izquierda y derecha el indicador del transductor fue en dirección hacia la cabeza del paciente e igual para la región infraclavicular derecha e izquierda y el acceso femoral derecho e izquierdo el indicador del transductor hacia medial, en dirección a la línea media del paciente.

Los datos obtenidos se registraron en una tabla prediseñada en la cual se consideraron las relaciones anatómicas establecidas en la población general, la cual fue llenada por el investigador que realizó la insonación directa (*Figura 1*), en apoyo de paquetería Excel para el concentrado final de los datos recolectados. Las pacientes fueron seleccionadas por muestreo no probabilístico. Se utilizó estadística descriptiva para variables cuantitativas, se utilizaron medidas de tendencia central



Esquematización de la asociación venoarterial en los principales vasos centrales (corte transversal).



y para variables categóricas, frecuencia absoluta y porcentaje. Todas las mediciones fueron validadas por un experto en ultrasonografía de la red *World Interactive Network Focused On Critical UltraSound* (WINFOCUS).

RESULTADOS

Se estudió a un total de 103 pacientes (20 pacientes de primer trimestre, 20 pacientes en segundo trimestre, 28 pacientes en tercer trimestre y 35 pacientes en puerperio en el área de Unidad de Cuidados Intensivos, tococirugía y piso de hospitalización), con un rango de edad 17 a 40 años.

Para el primer trimestre se tuvo una mediana de 9.2 semanas de gestación (SDG), para el segundo trimestre una mediana del 18.7 SDG y para el tercer trimestre una mediana de 33.5 SDG (Figura 2).

Durante el primer trimestre del embarazo se obtuvo un total de 27.5% y en el segundo trimestre del embarazo un total de 32.5% de variación anatómica, a continuación, la *Tabla 1* describe los hallazgos de la posición derecha e izquierda de los vasos del cuello, región subclavia y femoral.

Durante el tercer trimestre del embarazo se obtuvo un total de 29.46% y en el puerperio inmediato un total de 28.57% de variación anatómica, la *Tabla 2* describe los hallazgos de la posición derecha e izquierda de los vasos del cuello, región subclavia y femoral.

Finalmente, se obtuvo un porcentaje de variación global encontrado de 28.75% en toda la población estudiada.

DISCUSIÓN

La exploración con apoyo ecográfico permite visualizar las variantes anatómicas de las estructuras vasculares, además se distinguen venas y arterias para evitar punción, canulación accidental o incluso lesión o desgarro arterial. Permite verificar la presencia y permeabilidad de los vasos y, en consecuencia, es una técnica que permite visualizar y guiar la punta de la aguja en tiempo real durante la punción de la pared vascular.⁵

De la información disponible en pacientes obstétricas, sólo se cuenta con un estudio de simulación de acceso vascular central colocado por referencias anatómicas hacia la vena yugular interna, en el que resultó como complicación la punción de la arteria carótida en 19% de las mujeres embarazadas en comparación con 10% de las mujeres no embarazadas.⁶ Menciona que sí están presentes las variaciones anatómicas, pero no fueron descritas en dicho estudio; sin embargo, coinciden en

que existen modificaciones anatómicas asociadas con las variantes de posición en relación al estado de embarazo, ya que aún se sigue estrictamente las estructuras de referencia anatómica para la punción en una anatomía normal, por lo que se presentó mayor tasa de fallo con respecto al que se mostró en la simulación de la población general. Esto coincide con los datos obtenidos en nuestro estudio donde encontramos que el acceso vascular con mayor tasa de variación anatómica fue la vena yugular interna para cada trimestre del embarazo y con un porcentaje global mucho mayor de 86.25% para este vaso, lo cual resulta muy por arriba de lo esperado.

Además, nuestro estudio es el primero en reportar las variantes anatómicas en este tipo de población especial, mostrando que existe una alta variación anatómica en las pacientes embarazadas y en el puerperio inmediato con 28.75%, y que parece no estar relacionada con su edad gestacional, por lo que se sugiere realizar un estudio con mayor población e incluso multicéntrico, esto es muy importante porque impacta en la atención de los cuidados de la salud cuando se atiende a una paciente obstétrica grave.

CONCLUSIÓN

La variación anatómica reportada en nuestro estudio es muy alta a lo esperado en la paciente obstétrica, por lo que, para evitar el incremento de la morbilidad y mortalidad relacionado a la atención de los cuidados de la salud, sugerimos que los accesos vasculares sean obligatoriamente realizados con guía ultrasónica hasta no realizar estudios de gran tamaño en los que se demuestre lo contrario.

Tabla 1: Distribución de la relación arteria-vena en el primer y segundo trimestre del embarazo.

	Primer trimestre		Segundo trimestre	
	Vena derecha n (%)	Vena izquierda n (%)	Vena derecha n (%)	Vena izquierda n (%)
Vena yugular derecha				
Anteromedial	13 (65)	13 (65)	17 (85)	15 (75)
Anterolateral	5 (25)	7 (35)	—	—
Lateral	2 (10)	—	3 (15)	3 (15)
No visible	—	—	—	2 (10)
Total	20 (100)	20 (100)	20 (100)	20 (100)
Vena subclavia supraclavicular				
Anterior	18 (90)	19 (95)	19 (95)	18 (90)
No visible	2 (10)	1 (5)	1 (5)	2 (10)
Total	20 (100)	20 (100)	20 (100)	20 (100)
Vena subclavia infraclavicular				
Anterosuperior	17 (85)	14 (70)	19 (95)	17 (85)
Anterior	3 (15)	6 (30)	1 (5)	3 (15)
Total	20 (100)	20 (100)	20 (100)	20 (100)
Vena femoral				
Anterior-lateral	18 (90)	18 (90)	17 (85)	18 (90)
Lateral	2 (10)	2 (10)	3 (15)	2 (10)
Total	20 (100)	20 (100)	20 (100)	20 (100)

Tabla 2: Distribución de la relación arteria-vena en el tercer trimestre del embarazo y puerperio.

	Tercer trimestre		Puerperio inmediato	
	Vena derecha n (%)	Vena izquierda n (%)	Vena derecha n (%)	Vena izquierda n (%)
Vena yugular derecha				
Anteromedial	22 (79)	23 (82)	29 (83)	31 (89)
Anterolateral	4 (14)	2 (7)	6 (17)	—
Lateral	2 (7)	3 (11)	—	4 (11)
No visible	—	—	—	—
Total	28 (100)	28 (100)	35 (100)	35 (100)
Vena subclavia supraclavicular				
Anterior	28 (100)	26 (93)	33 (94)	31 (89)
No visible	—	2 (7)	2 (6)	4 (11)
Total	28 (100)	28 (100)	35 (100)	35 (100)
Vena subclavia infraclavicular				
Anterosuperior	25 (89)	26 (93)	32 (91)	34 (97)
Anterior	3 (11)	2 (7)	—	—
No visible	—	—	3 (9)	1 (3)
Total	28 (100)	28 (100)	35 (100)	35 (100)
Vena femoral				
Anterolateral	22 (79)	25 (89)	30 (86)	30 (86)
Anteromedial	1 (3)	1 (3)	—	—
Posterior	3 (11)	1 (3)	—	—
Lateral	2 (7)	1 (3)	4 (11)	2 (6)
No visible	—	—	1 (3)	3 (8)
Total	28 (100)	28 (100)	35 (100)	35 (100)

REFERENCIAS

1. Bodenham A. Acceso vascular. *Rev Med Clin Condes*. 2017;28(5):713-726. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmclc.2017.10.002>
2. Trabelsi B, Hajjej Z, Drira D, Yedes A, Labbene I, Ferjani M, et al. Comparison of ultrasound-guided internal jugular vein and supraclavicular subclavian vein catheterization in critically ill patients: a prospective, randomized clinical trial. *Ann Intensive Care* [Internet]. 2022;12(1):91. Available in: <http://dx.doi.org/10.1186/s13613-022-01065-x>
3. Montelongo FJ. Cap. 14. Ecocardiografía en la paciente obstétrica grave. En: Rincón-Salas JJ. Ecocardiografía clínica en el paciente crítico. Zarpra; 2014. pp. 225-231.
4. Feito Sancho J, Pérez Sahagún P, Feito Sancho L. Cambios fisiológicos en el embarazo y sus implicaciones anestésicas. *Rev Elect Anestesiari* [Internet]. 2021;13(5). Disponible en: <https://anestesiari.org/2020/cambios-fisiologicos-en-el-embarazo-y-sus-implicaciones-anestesicas-esquema-parte-i/>
5. Baique-Sánchez PM. Aspectos básicos de acceso venoso central con guía ecográfica. *Rev Hisp Cienc Salud*. 2016;2(1):62-70.
6. Khetarpal R, Kaur P, Borle A, Trikha A. Ultrasound in obstetric anaesthesia and critical care. *J Obstet Anaesth Crit Care*. 2020;10(2):75-86.

Patrocinios: no se dispone de patrocinadores.**Conflictos de intereses:** no se tiene conflicto de intereses.**Correspondencia:****Verónica Molina Reyes****E-mail:** vero_nica.morv@hotmail.com



Protocolo LUS ultrasonográfico como predictor para retiro de la ventilación mecánica asistida en la Unidad de Cuidados Intensivos de una Unidad de Especialidades Médicas de un hospital público

Ultrasonographic LUS protocol as a predictor for withdrawal of assisted mechanical ventilation in the Intensive Care Unit of a Medical Specialties Unit of a public hospital

Protocolo LUS ultrassonográfico como preditor para retirada da ventilação mecânica assistida na Unidade de Terapia Intensiva de uma Unidade de Especialidades Médicas de um hospital público

Edgardo Gutiérrez Ceballos,* Hugo Benjamín Gurrola García,* José Salvador Guzmán Casas,* Iran Arce Chavez,* Elida Moran Guel,* Javier Adrián Reyes Rodríguez*

RESUMEN

Introducción: el fracaso a la extubación es una de las entidades presentes en la unidad de cuidados intensivos, con la existencia de pruebas diagnósticas, la incidencia de fracaso va de 3 a 30% con pruebas para extubación que no logran una sensibilidad y especificidad ideal.

Objetivo: se evaluó la utilidad del protocolo LUS como predictor de retiro de la ventilación mecánica en pacientes de UCIA de la UMAE 71.

Material y métodos: en este estudio de prueba diagnóstica, retrospectivo, transversal, se tomaron pacientes ingresados a la UCI adultos durante el 01 de abril del 2023 al 01 de julio de 2024 dentro de la que hayan requerido de ventilación mecánica mayor 48 horas y menor 7 días. Se recolectaron variables demográficas y el puntaje LUS obtenido previo a la extubación.

Resultados: se incluyeron 198 pacientes, 99 sexo masculino y 99 sexo femenino, la media de edad de 44 años, 49 tuvieron fracaso a la extubación con un puntaje de 16 ± 2 puntos. Un total de 148 con extubación exitosa con el puntaje de LUS de 10 ± 1.5 .

Conclusiones: presentando una sensibilidad de 98%, especificidad del 99%, Valor predictivo positivo de 98% y valor predictivo negativo del 99%, lo cual nos infiere que el uso del protocolo LUS nos ayuda elegir el momento ideal para la extubación.

Palabras clave: ultrasonido pulmonar, Unidad de Cuidados Intensivos, puntaje LUS, fracaso a la extubación, extubación exitosa.

ABSTRACT

Introduction: extubation failure is a common condition in intensive care units. Despite the availability of diagnostic tests, the incidence of failure ranges from 3% to 30%, with extubation tests that do not achieve ideal sensitivity and specificity.

Objective: the usefulness of the LUS protocol as a predictor of weaning from mechanical ventilation in ICU patients at UMAE 71 was evaluated.

Material and methods: in this retrospective, cross-sectional diagnostic test study, patients admitted to the adult ICU from April 1, 2023, to July 1, 2024, who required mechanical ventilation for at least 48 hours and at least 7 days, were included. Demographic variables and the LUS score obtained prior to extubation were collected.

Results: a total of 198 patients were included: 99 males and 99 females. The mean age was 44 years. 49 had extubation failure, with a score of 16 ± 2 points. A total of 148 had successful extubation, with a LUS score of 10 ± 1.5 .

Conclusions: the sensitivity was 98%, the specificity was 99%, the positive predictive value was 98%, and the negative predictive value was 99%. This suggests that using the LUS protocol helps us choose the optimal time for extubation.

Keywords: lung ultrasound, Intensive Care Unit, LUS score, extubation failure, extubation success.

RESUMO

Introdução: a falha de extubação é uma das entidades presentes na unidade de terapia intensiva, com a existência de testes diagnósticos, a incidência de falha varia de 3 a 30% com testes de extubação que não atingem sensibilidade e especificidade ideais.

Objetivo: foi avaliada a utilidade do protocolo LUS como preditor de retirada da ventilação mecânica em pacientes da UTI da UMAE 71.

Material e métodos: neste estudo de teste diagnóstico, retrospectivo, transversal, foram incluídos pacientes internados na UTI de adultos no período de 1º de abril de 2023 a 1º de julho de 2024, que necessitaram de ventilação mecânica por mais de 48 horas e menos de 7 dias. Foram coletados as variáveis demográficas e o escore LUS obtido antes da extubação.

Resultados: foram incluídos 198 pacientes, 99 do sexo masculino e 99 do sexo feminino, com média de idade de 44 anos, 49 apresentaram falha de extubação com escore de 16 ± 2 pontos. Um total de 148 com extubação bem-sucedida com pontuação de LUS de 10 ± 1.5 .

Conclusões: apresentando sensibilidade de 98%, especificidade de 99%, valor predictivo positivo de 98% e valor predictivo negativo de 99%, infere-se que a utilização do protocolo LUS auxilia na escolha do momento ideal para extubação.

Palavras-chave: ultrassom pulmonar, Unidade de Terapia Intensiva, pontuação LUS, falha de extubação, extubação bem-sucedida.

INTRODUCCIÓN

Retiro de la ventilación mecánica en UCI

Se ha demostrado que los protocolos de destete del respirador reducen la duración de la ventilación mecánica, la duración de la estancia en unidad de cuidados intensivos y, por consiguiente, el uso de recursos.¹⁻³ Aun así, los protocolos de destete no han afectado significativamente las tasas de mortalidad o reintubación.⁴⁻⁶

La insuficiencia respiratoria postextubación es un evento común asociado con una mortalidad y morbilidad significativa causada por múltiples causas como la obstrucción de las vías aéreas superiores o la incapacidad de proteger las vías respiratorias y eliminar secreciones, por lo tanto, la decisión de extubar requiere de una evaluación adicional de la capacidad del paciente para evitar la insuficiencia respiratoria postextubación.⁷⁻⁹

El protocolo integral para la retirada gradual de la ventilación mecánica y, en su caso, extubación regularmente consta de cuatro listas de verificación evaluando riesgos:¹⁰⁻¹²

* Unidad Médica de Alta Especialidad 71. Torreón, Coahuila, México.

Recibido: 20/09/2024. Aceptado: 26/09/2024.

Citar como: Gutiérrez CE, Gurrola GHB, Guzmán CJS, Arce CI, Moran GE, Reyes RJA. Protocolo LUS ultrasonográfico como predictor para retiro de la ventilación mecánica asistida en la Unidad de Cuidados Intensivos de una Unidad de Especialidades Médicas de un hospital público. Med Crit. 2024;38(8):674-679. <https://dx.doi.org/10.35366/120015>

www.medigraphic.com/medicinacritica

1. Tolerancia a la prueba de ventilación espontánea.
2. Elegibilidad para la extubación.
3. Elegibilidad para el uso de ventilación mecánica no invasiva después de la extubación.
4. Evaluación 48 horas después de la extubación.

Para poder definir el retiro de la ventilación mecánica de manera inicial, es la transferencia gradual del trabajo respiratorio del paciente al ventilador, es en este momento en el que el paciente toma por si solo de nueva cuenta la respiración espontánea, donde se constará de dos procesos subyacentes por así decirlo que es el destete del soporte ventilatorio mecánico evaluado de manera directa al realizar una prueba de ventilación espontánea y el retiro de la liberación de la vía aérea artificial, evaluando la capacidad del paciente para mantener protegida su vía aérea. Este destete se lleva a cabo sólo en pacientes que hayan estado por más de 48 horas con soporte ventilatorio.¹³⁻¹⁵

Existen diversas pruebas e índices para evaluar la función respiratoria del paciente muy bien descritos en la literatura, los cuales nos pueden dar una orientación y grado de seguridad para evaluar el esfuerzo y la capacidad del sistema respiratorio del paciente.¹⁶⁻¹⁸

Fuerza inspiratoria negativa (NIF): se utiliza la presión máxima generada en un esfuerzo inspiratorio realizado desde la capacidad funcional residual funcional para evaluar la fuerza de los músculos de la respiración para predecir un destete satisfactorio, se usa un umbral de presión entre -20 y -30 cmH₂O y requiere del esfuerzo y participación del paciente; esta maniobra se realiza con una oclusión de 20 segundos con una válvula unidireccional que permite al paciente exhalar pero no inhalar, obligándolo a realizar un gran esfuerzo inspiratorio.^{19,20}

Presión de oclusión de la vía aérea (p = 0.1): durante 100 milisegundos de iniciarse un esfuerzo inspiratorio frente a una vía ocluida, se realiza el registro de la presión en tiempo a pesar de ser una presión negativa, este parámetro se mide en valores positivos, su valor suele ser menor a 2 cmH₂O, un desequilibrio de un estímulo elevado durante la respiración espontánea podría dar lugar a un desequilibrio entre la carga mecánica y la función muscular con una sensibilidad de 76%, especificidad de 70%, valor predictivo positivo de 93% y valor predictivo negativo de 35%.²¹

Índice de respiración superficial o índice de Yang y Tobin: este es el más preciso de los índices predictivos, estima la probabilidad de fracaso del destete, considerada como valor predictivo positivo para fracaso con una especificidad menor de 73%, sensibilidad de 81%, valor predictivo positivo de 94% y valor predictivo negativo de 41%. Es fácil de calcular, es el cociente entre la frecuencia respiratoria por minuto y el volumen corriente en litros, pacientes con un índice mayor de 106 tie-

nen alto riesgo de fracaso al destete, una zona gris de 60 a 106 y bajo riesgo de fracaso menor de 60 rpm/L, por lo que es el más preciso de los índices predictivos.²²

Prueba de ventilación espontánea: una vez obtenidas las características mencionadas, esto nos hace asumir que el paciente se encuentra en condiciones para realizar esta prueba, se describe que 80% de los pacientes va a tolerarla y podrá ser extubado, y 20% no la tolerará; los criterios para realizar esta prueba es una PaO₂/FiO₂ mayor de 200 o saturación mayor de 90% con un FiO₂ menor de 40% y PEEP menor de 5 cmH₂O y una presión soporte menor de 5 a 8, estabilidad hemodinámica, ausencia de hipotensión clínica o con requerimientos bajos de fármacos vasoactivos, temperatura menor de 38 grados, nivel de conciencia adecuado y que la causa que lo llevó a la intubación está resuelta. Si el paciente tolera de manera adecuada de 30 minutos a 1 hora, está listo para liberarse de la ventilación mecánica.²³

Criterios de fracaso a la extubación y de prueba de ventilación espontánea fallida:

1. Frecuencia respiratoria mayor de 35 rpm más de cinco minutos.
2. Saturación de oxígeno menor de 90%.
3. Frecuencia cardíaca mayor de 120 lpm o un aumento de 20 lpm de la frecuencia basal por más de cinco minutos.
4. Presión sistólica menor de 90 mmHg o disminución de 30 mmHg de la sistólica basal por más de cinco minutos.
5. Dolor precordial, anormalidades electrocardiográficas cambios isquémicos o arritmias.
6. Disnea, ansiedad y diaforesis.^{24,25}

Sin embargo, a pesar de todas estas maniobras aún siguen presentando fracasos a la extubación en 3 a 30%, por lo que la evaluación estructural pulmonar nos podría ayudar a disminuir la incidencia de fracaso.

LUS en retiro de la ventilación mecánica

La ecografía pulmonar es una herramienta útil para la evaluación de la aireación pulmonar en pacientes en estado crítico, este sistema de puntuación, basado en la cuantificación de aireación pulmonar no permite cambios en las zonas aireadas a nivel de las 12 regiones pulmonares monitorizadas por ultrasonido.²⁶⁻²⁸

La realización del puntaje se evalúa insonando 12 áreas con un puntaje de 36 como máximo y de 0 como mínimo, LUS asigna 0 puntos a las líneas A o < 2 líneas B separadas más deslizamiento regular; 1 punto con líneas B ≥ 3 o puntos focales espaciados más deslizamiento regular; 2 puntos con coalescencia de líneas B y 3 puntos con consolidaciones pulmonares

con una puntuación que va de 0 (pulmones normales) a 36 (escenario más desfavorable) (*Figura 1*). La evaluación LUS se ha integrado posteriormente con los siguientes cuatro parámetros.²⁹⁻³¹

El LUS se debe realizar utilizando una sonda de 2 a 4 MHz, examinando todos los espacios intercostales de las partes superior e inferior de las regiones anterior, lateral y posterior de la pared torácica izquierda y derecha; regularmente se tarda un aproximado de 10 minutos en realizar el protocolo completo de LUS.³²⁻³⁴

Soummers y colaboradores es el único estudio realizado con LUS que se recomienda en la última actualización de *weaning* de ventilación mecánica de 2022, el cual documentó en un estudio prospectivo y observacional mediante protocolo LUS la presencia del desreclutamiento pulmonar, el cual se produjo en los primeros 60 minutos de la prueba de ventilación espontánea, además encontraron que los pacientes que completaron con éxito sus prueba de ventilación espontánea tenían una puntuación menor de 13 en comparación con los pacientes que fracasaron que tenían puntuaciones de 17 o más, con una $R = 0.86$; $p < 0.001$.³⁵⁻³⁷

Durante este estudio se observó que los pacientes con un puntaje mayor a 17 evolucionaron hacia el fracaso postextubación y los pacientes con puntaje menor de 13 presentaron una extubación de manera satisfactoria. Se calculó una base de datos total de 100 pacientes, 86 pacientes pasaron la prueba de ventilación espontánea, los 14 pacientes que no pasaron la prueba de ventilación espontánea presentaron un puntaje de LUS mayor de 13 al final de la prueba, lo cual demuestra adecuada eficacia para predecir fracaso y éxito del retiro de la ventilación mecánica.³⁸

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño y tipo de estudio. Tipo de investigación: clínica, estudio de prueba diagnóstica. Búsqueda de causalidad: analítico. Diseño: descriptivo. Captación de la

información: retrolectivo. Medición del fenómeno: transversal. Direccionalidad: retrospectivo.

Universo de estudio. Expedientes de pacientes hospitalizados en la UCI de la UMAE 71 durante abril de 2023 a julio de 2024.

Población de estudio. Expedientes de pacientes adultos que requirieron de ventilación mecánica asistida que se extubaron 48 h después de ser intubados y previo a siete días de ventilación mecánica asistida a los que se les realizó protocolo LUS posterior a la aprobación de la prueba de respiración espontánea, ingresados a la UCI durante el 01 de abril de 2023 al 01 de julio de 2024 dentro de la UCI en la UMAE 71.

Tamaño de muestra. Para probar nuestra hipótesis alterna, el protocolo LUS como predictor de retiro de la ventilación mecánica tendrá una sensibilidad de 85%. Para esta prueba diagnóstica se busca una sensibilidad de 85%, por lo que empleamos la fórmula para prueba diagnóstica, con una significancia $1 - \alpha = 0.95$ y poder $d1 - \beta = 0.80$, donde se obtiene un tamaño de muestra de 220 pacientes.

$$\text{Desviación normal estandarizada} = 1.96$$

$$p = \text{proporción esperada} = 85\% = 0.85$$

$$q = 1 - p = 1 - 0.85 = 0.15$$

$$IC^2 = \text{amplitud máxima permitida del intervalo de confianza } 5\% = 0.05$$

$$n = 4 [(1.96)^2 (0.85) (0.15)] \\ 0.01^2$$

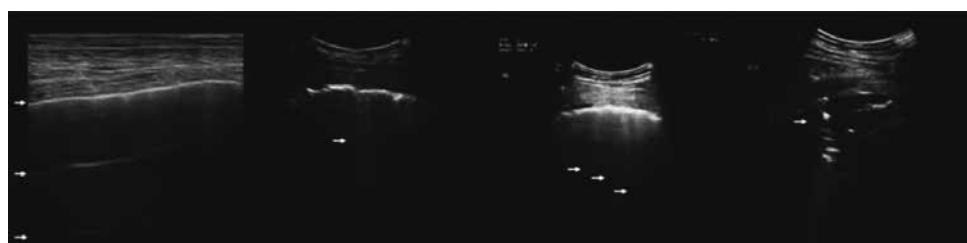
$$4(3.84) (0.1275) / 0.1 \\ (15.3664) (0.1275) / 0.01$$

$$1.95 / 0.01$$

$$n = 195$$

Muestreo. Se realizará muestreo no probabilístico por casos consecutivos hasta completar el tamaño de muestra mínimo.

Criterios de inclusión: ambos sexos, edad igual o mayor de 18 años menor de 75 años, ingresados a la



Marcador

Marcador

Marcador 2

Marcador 3

DETERIORO

Figura 1:

Puntaje de LUS.

Marcador 0: patrón normal

Marcador 1: al menos 3 líneas B solas o juntas cubriendo menos de 50% de la pantalla sin alteraciones subpleurales claras.

Marcador 2: líneas B cubriendo más de 50% de la pantalla sin alteraciones subpleurales claras.

Marcador 3: consolidación (Patrón parecido a un tejido), con broncogramas de aire arborescentes poco dinámicos.

UCI durante el 01 de abril de 2023 al 01 de julio de 2024, pacientes oro intubados y sometidos a apoyo ventilatorio mayor de 48 hrs y menor de siete días, pacientes con prueba de respiración espontánea aprobada de una hora, paciente al que se le haya realizado protocolo LUS previo a la extubación.

Criterios de exclusión: pacientes con falla cardiaca, pacientes con EPOC, paciente con más de siete días con ventilación mecánica asistida, pacientes con bulas y fistulas pulmonares, pacientes con traqueostomía, pacientes con lesión medular superior, paciente con neuro miopatía grave, pacientes con un fracaso previo de la prueba de ventilación espontánea.

Análisis estadístico. Todos los cálculos estadísticos serán ejecutados mediante el software IBM SPSS versión 25 para Windows.

Se utilizará estadística descriptiva con determinación de proporciones para las variables cualitativas, así como medidas de tendencia central cuando se agrupen y resuman variables cuantitativas continuas; la distribución normal de los datos será evaluada mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S).

Se integrarán dos grupos para su análisis un grupo conformado por los pacientes que tuvieron éxito a la extubación y el otro grupo por los pacientes en los que se observe tuvieron fracaso a la extubación, las variables cualitativas se compararán mediante la prueba de χ^2 o exacta de Fisher y las cuantitativas mediante la prueba de t de Student para inferencia de medias o la prueba de U de Mann-Whitney dependiente de la normalidad de la distribución.

Se evaluarán las características analíticas del protocolo LUS ultrasonográfico como predictor para retiro de la ventilación mecánica, así como su sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo, valor predictivo negativo y área bajo la curva.

El nivel de significación estadística mínimo a considerar en todas las pruebas será del $p < 0.05$.

RESULTADOS

Se incluyeron 198 pacientes que cumplieron con los criterios para el estudio, se obtuvieron un total de 50 pacientes con presencia de fracaso a la extubación y 148 pacientes con extubación exitosa donde podemos observar que 25% de los pacientes presentaron fracaso a la extubación y 75% presentaron una extubación exitosa, 74% de los pacientes tuvieron un puntaje de

Tabla 1: Extubación exitosa.

	n (%)
Sí	149 (75.3)
No	49 (24.7)
Total	198 (100.0)

Tabla 2: Puntaje LUS.

Fracaso extubación	N	Media ± desviación estándar
Sí	50	16.68 ± 2.142
No	148	10.33 ± 1.571
Total	198	11.93 ± 3.260

Tabla 3: Comparación de puntaje menor a 13 con presencia de extubación exitosa y mayor de 13 con fracaso a la extubación.

Puntaje	χ^2	RR	IC95%	p
< 13	192.738		0.001-0.047	0.000
> 13	187.546	145.04	20.5-1,023.2	0.000

LUS menor de 13 puntos y 25% mayor de 13 puntos (*Tabla 1*).

En el caso de las causas de intubación se observó que los pacientes neurocríticos fueron 41% de la muestra seguido de los pacientes con neumonía. La media de puntaje para los pacientes con fracaso a la extubación fue de 16 puntos de LUS con una desviación estándar de 2.1 y para los pacientes con extubación exitosa fue de 10 puntos con una desviación estándar de 1.571 puntos (*Tabla 2*).

En el caso de los pacientes con un puntaje menor de 13 puntos se obtuvo una p de 0.000 con una significancia alta rechazando nuestra hipótesis nula, con una χ^2 de 192.73 el cual nos habla de una alta significancia en el caso de los pacientes con un puntaje menor de 13, un total de 148 pacientes tuvieron una extubación exitosa estos mismos con un puntaje menor de 13 puntos.

En el caso de los pacientes con puntaje de LUS mayor de 13 puntos presentaron una $p = 0.000$ con una χ^2 de 187.5 con alta significancia estadística con un total de 49 pacientes con fracaso a la extubación con una RR (145.04) para riesgo de fracaso a la extubación con puntajes por arriba de 13 puntos en protocolo LUS (*Tabla 3*).

DISCUSIÓN

La interpretación de la ultrasonografía pulmonar es operador dependiente, sin embargo, el tener un protocolo esquematizado de patrones pulmonares nos ayuda a optimizar el momento exacto para la extubación del paciente, Por lo tanto, es razonable plantear la hipótesis de que un cambio en la aireación pulmonar resultante de un esfuerzo ineficiente del paciente durante la prueba de ventilación espontánea o de presencia de sobrecarga hídrica, alguna atelectasia agregada o proceso neumónico el cual puede ser. Sin embargo, la experiencia de uso de LUS como prueba para retiro de la ventilación mecánica asistida, se limita a algunos re-

portes de caso y estudios prospectivos a baja escala el más reciente de Soummers y colaboradores, ninguno efectuado en México o Latinoamérica.

CONCLUSIONES

Una vez obtenida nuestra significancia estadística con una $p = 0.000$ con un total de población de estudio de 198 pacientes se obtiene para el presente estudio de prueba diagnóstica una sensibilidad de 98%, especificidad de 99%, Valor predictivo positivo de 98% y valor predictivo negativo de 99%, lo cual no infiere que en el caso de nuestra población de estudio el uso del protocolo LUS nos ayuda a orientar de manera adecuada el momento idóneo para realizar la extubación del paciente una vez aprobada la prueba de ventilación espontánea con una puntuación de LUS en el presente estudio para fracaso a la extubación de 16 ± 2 y para una extubación exitosa de 10 ± 1.5 .

REFERENCIAS

- Asenjo CA, Pinto RA. Características anatómo-funcional del aparato respiratorio durante la infancia. *Rev Médica Clín Las Condes*. 2017;28(1):7-19.
- Chaudhry R, Bordoni B. Anatomy, thorax, lungs. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021.
- Kenhub. 2022. Lung: Anatomy, blood supply, innervation, functions. Available from: <https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/the-lung>
- Leslie KO, Wick MR. Lung anatomy. Practical pulmonary pathology: a diagnostic approach a volume in the pattern recognition series. 2018: 1-14.e2, p.
- Patwa A, Shah A. Anatomy and physiology of respiratory system relevant to anaesthesia. *Indian J Anaesth*. 2015;59(9):533.
- Powers KA, Dhamoon AS. Physiology, pulmonary ventilation and perfusion. StatPearls; 2021.
- DeCato TW, Hegewald MJ. Breathing red: physiology of an elevated single-breath diffusing capacity of carbon monoxide. *Ann Am Thorac Soc*. 2016;13(11):2087-2092.
- Metersky ML, Kalil AC. Management of ventilator-associated pneumonia. *Clin Chest Med*. 2018;39(4):797-808.
- Hyzy RC, McSparron JI. UpToDate. 2023. Overview of initiating invasive mechanical ventilation in adults in the intensive care unit. Available from: <https://www.uptodate.com/contents/overview-of-initiating-invasive-mechanical-ventilation-in-adults-in-the-intensive-care-unit>
- Mora-Carpio A, Mora JI. Ventilator Management. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK448186/>
- Alviar CL, Miller PE, McAreavey D, Katz JN, Lee B, Moriyama B, et al. Positive pressure ventilation in the Cardiac Intensive Care Unit. *J Am Coll Cardiol*. 2018;72(13):1532-1553.
- Marini JJ, Rocco PRM, Gattinoni L. Static and dynamic contributors to ventilator-induced lung injury in clinical practice. Pressure, energy, and power. *Am J Respir Crit Care Med*. 2020;201(7):767-774.
- Navalesi P, Frigerio P, Moretti MP, Sommariva M, Vesconi S, Baiardi P, et al. Rate of reintubation in mechanically ventilated neurosurgical and neurologic patients: evaluation of a systematic approach to weaning and extubation. *Crit Care Med*. 2008;36(11):2986-2992.
- Namen AM, Ely EW, Tatter SB, Case LD, Lucia MA, Smith A, et al. Predictors of successful extubation in neurosurgical patients. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001;163(3 Pt 1):658-664.
- Tobin MJ, Laghi F. Extubation. In: Tobin MJ, editor. *Principles and practice of mechanical ventilation*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill; 2004. p. 1221-1237.
- MacIntyre NR, Cook DJ, Ely EW Jr, Epstein SK, Fink JB, Heffner JE, et al. Evidence-based guidelines for weaning and discontinuing ventilatory support: a collective task force facilitated by the American College of Chest Physicians; the American Association for Respiratory Care; and the American College of Critical Care Medicine. *Chest*. 2001;120(6 Suppl):375S-95S.
- Godet T, Chabanne R, Marin J, Kauffmann S, Futier E, Pereira B, et al. Extubation failure in brain-injured patients: risk factors and development of a prediction score in a preliminary prospective cohort study. *Anesthesiology*. 2017;126(1):104-114.
- Chockalingam T. Weaning and extubation. *J Lung Pulm Respir Res*. 2015;2(3):59-60.
- McConville FJ, Kress PJ. Weaning patients from the ventilator. *N Engl J Med*. 2012;367(23):2233-2239.
- Guillermo D, Raul C. Retiro de la ventilación mecánica. *Med Crit*. 2017;31(4) 238-245.
- Nemer SN, Barbas CS, Caldeira JB, Cárias TC, Santos RG, Almeida LC, et al. A new integrative weaning index of discontinuation from mechanical ventilation. *Critical Care*. 2009;13(5):R152.
- Girard TD, Alhazzani W, Kress JP, Ouellette DR, Schmidt GA, Truwit JD, et al. An official American Thoracic Society/American College of Chest Physicians clinical practice guideline: liberation from mechanical ventilation in critically ill adults: rehabilitation protocols, ventilator liberation protocols, and cuff leak tests. *Am J Respir Crit Care Med*. 2017;195(1):120-133.
- Zhang B, Qin YZ. Comparison of pressure support ventilation and T-piece in determining rapid shallow breathing index in spontaneous breathing trials. *Am J Med Sci*. 2014;348(4):300-305.
- Connors M, Bion J. Weaning from mechanical ventilation. *Euro Resp J*. 2007;29(5):1033-1056.
- Wells M, Goldstein L, Beringer C, Farham B. Emergency Medicine Society of South Africa guidelines for the training and credentialing in emergency point-of-care ultrasound. *S Afr Med J*. 2021;111(5b):13296.
- Khoche S, Hashmi N, Bronshteyn YS, Choi C, Poorsattar S, Maus TM. The year in perioperative echocardiography: selected highlights from 2020. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2021;S1053(21):280-289.
- Marini TJ, Rubens DJ, Zhao YT, Weis J, O'Connor TP, Novak WH, et al. Lung ultrasound: the essentials. *Radiol Cardiothorac Imaging*. 2021;3(2):e200564.
- Cho S, Oh HW, Choi MH, Lee HJ, Woo JH. Effects of intraoperative ventilation strategy on perioperative atelectasis assessed by lung ultrasonography in patients undergoing open abdominal surgery: a prospective randomized controlled study. *J Korean Med Sci*. 2020;35(39):e327.
- Tusman G, Acosta CM, Bohm SH, Waldmann AD, Ferrando C, Marquez MP, et al. Postural lung recruitment assessed by lung ultrasound in mechanically ventilated children. *Crit Ultrasound J*. 2017;9(1):22.
- Yu X, Zhai Z, Zhao Y, Zhu Z, Tong J, Yan J, et al. Performance of lung ultrasound in detecting peri-operative atelectasis after general anesthesia. *Ultrasound Med Biol*. 2016;42(12):2775-2784.
- Amaya-Gómez A, Rojas-Velasco G, Velasco-Salas N de M, Carrillo-Rodríguez AE, Alvarez-Alvarez RJ, Ramos-Enríquez Á. Ultrasonido pulmonar en Medicina, su utilidad en la práctica clínica. *Rev Fac Med (Méx)*. 2020;63(2):36-45.
- Radzina M, Biederer J. Ultrasonography of the lung. *Rofo*. 2019;191(10):909-923.
- Yang J-X, Zhang M, Liu Z-H, Ba L, Gan J-X, Xu S-W. Detection of lung atelectasis/consolidation by ultrasound in multiple trauma patients with mechanical ventilation. *Crit Ultrasound J*. 2009;1(1):13-16.
- Bouhemad B, Liu ZH, Arbelot C, Zhang M, Ferri F, Le-Guen M, et al. Ultrasound assessment of antibiotic-induced pulmonary reaeration in ventilator-associated pneumonia*. *Crit Care Med*. 2010;38(1):84-92.

35. Kajimoto K, Madeen K, Nakayama T, Tsudo H, Kuroda T, Abe T. Evaluación rápida mediante ecografía integrada pulmón-cardio-vena cava inferior (LCI) para diferenciar la insuficiencia cardíaca de la enfermedad pulmonar como causa de disnea aguda en el contexto de emergencia. *Cardiovasc Ultrasound*. 2012;10(1):49. doi: 10.1186/1476-7120-10-49.
36. Paola D, Pasquale R. Integrated lung ultrasound score for early clinical decision-making in patients with COVID-19: results and implications. *Ultrasound J*. 2022;14(1):21.
37. Alexis S, Sébastien P. Ultrasound assessment of lung aeration loss during a successful weaning trial predicts postextubation distress. *Crit Care Med*. 2012;40(7):2064-2072.
38. Erminio S, Silvia M. The weaning from mechanical ventilation: a comprehensive ultrasound approach. *Curr Opin Crit Care*. 2022;28(3):322-330.

Patrocinios: no se recibió ningún apoyo de patrocinadores para la realización del estudio.

Relación de conflicto de intereses: los autores se declaran sin conflicto de intereses.

Correspondencia:

Edgardo Gutiérrez Ceballos

E-mail: edgardo.gc_@hotmail.com



Correlación de la presión intracranal a través del Doppler transcraneal y el catéter intraparenquimatoso en lesión neurológica aguda

Correlation of intracranial pressure through transcranial Doppler and intraparenchymal catheter in acute neurological injury

Correlação da pressão intracraniana por Doppler transcraniano e cateter intraparenquimatoso na lesão neurológica aguda

Erick Alán Mercado Aragón,* Felipe de Jesús Montelongo,† Araceli Suárez Suárez,§ Jonathan Galindo Ayala,§ Blanca Estela Herrera Morales,† Martín Eduardo Mendoza Herrera§

RESUMEN

Los pacientes neurocríticos requieren de monitoreo estrecho de la presión intracraniana para garantizar una adecuada presión de perfusión cerebral y así poder prevenir la presentación de lesiones secundarias, disminuir el impacto en la morbimortalidad de los pacientes, por lo que se realiza una evaluación a la cabecera del paciente neurocrítico en la unidad de cuidados intensivos con Doppler transcraneal, un método no invasivo con el que se identifica el índice de pulsatilidad de la arteria cerebral media en la porción M1, utilizando un ultrasonido Vinn05 con transductor sectorial G1-4P de 1.35-4.3 mHz y al mismo tiempo se realiza medición de la presión intracraniana por medio de un catéter de silicio intraparenquimatoso tipo Codman ICP Express colocado por medio de una craniotomía y un tornillo subdural, con la finalidad de correlacionar entre el método invasivo y no invasivo, realizando 948 mediciones con una correlación positiva de 100% entre el índice de pulsatilidad normal y la presión intracraniana por catéter intraparenquimatoso y a nivel mundial se ha encontrado una sola referencia similar a nuestro estudio por parte del doctor Johan Bellner en 2004 en el que se incluyeron 81 pacientes con distintas lesiones neurológicas que producían elevación de la presión intracranial evaluada con catéter de presión intraventricular versus el índice de pulsatilidad, encontrando una correlación de $p = 0.0001$ similar a nuestro estudio el cual fue muy sensible (100%) para detectar la hipertensión endocraneana, además nosotros pudimos establecer un punto de corte para predecirla con un índice de pulsatilidad de 1.32.

Palabras clave: presión intracranial, hipertensión endocraneana, índice de pulsatilidad, arteria cerebral media, Doppler transcraneal.

ABSTRACT

Neurocritical patients require close monitoring of intracranial pressure to ensure adequate cerebral perfusion pressure and thus be able to prevent the presentation of secondary lesions, reduce the impact on the morbidity and mortality of patients, so through the evaluation at the bedside of the neurocritical patient in the intensive care unit and it is through transcranial Doppler a non-invasive **method** with which the index is identified pulsatility of the middle cerebral artery in the M1 portion using a Vinn05 ultrasound with a 1.35-4.3 mHz G1-4P sectoral transducer and at the same time intracranial pressure measurement is performed by means of an intraparenchymal silicon catheter type Codman ICP Express placed by means of a craniotomy and a subdural screw, in order to correlate between the invasive and non-invasive **method**. Performing 948 measurements with a positive correlation of 100% between the normal pulsatility index and intracranial pressure per intraparenchymal catheter and worldwide a single reference similar to our study by Dr. Johan Bellner in 2004 has been found, in which 81 patients with different neurological lesions were included that produced elevation of intracranial pressure evaluated with intraventricular pressure catheter versus pulsatility index, finding a correlation of $p = 0.0001$ similar to our study, however we were able to establish a cut-off point to predict tracranial hypertension with a pulsatility index of 1.32.

Keywords: intracranial pressure, intracranial hypertension, pulsatility index, middle cerebral artery, transcranial Doppler.

RESUMO

Os pacientes neurocríticos requerem uma monitorização rigorosa da pressão intracraniana para garantir uma pressão de perfusão cerebral adequada e, assim, evitar o desenvolvimento de lesões secundárias e reduzir o impacto na morbidade e mortalidade dos pacientes, por conseguinte, através da avaliação à cabeceira do paciente neurocrítico na unidade de terapia intensiva e através do Doppler transcraniano, um método não invasivo com o qual se identifica o índice de pulsatilidade da artéria cerebral média na porção M1, utilizando um ultrassom Vinn05 com um transdutor setorial G1-4P de 1.35-4.3 mHz e, simultaneamente, foi medida a pressão intracraniana através de um cateter de silicone intraparenquimatoso Codman ICP express colocado através de uma craniotomia e de um parafuso subdural, de modo a correlacionar os métodos invasivos e não invasivos, tendo-se efetuado 948 medições com uma correlação positiva de 100% entre o índice de pulsatilidade normal e a frequência de pulso normal e pressão intracraniana por cateter intraparenquimatoso e, a nível mundial, apenas foi encontrada uma referência semelhante no nosso estudo do Dr. Johan Bellner em 2004, no qual foram incluídos 81 pacientes com diferentes lesões neurológicas que produziam pressão intracraniana elevada avaliada por cateter de pressão intraventricular versus índice de pulsatilidade, encontrando uma correlação de $p = 0.0001$ semelhante à do nosso estudo, que foi muito sensível (100%) para detectar a hipertensão endocraniana, e conseguimos também estabelecer um ponto de corte para a sua previsão com um índice de pulsatilidade de 1.32.

Palavras-chave: pressão intracraniana, hipertensão endocraniana, índice de pulsatilidade, artéria cerebral média, Doppler transcraniano.

Abreviaturas:

HE = hipertensión endocraneana

PIC = presión intracranial

IP = índice de pulsatilidad

INTRODUCCIÓN

La hipertensión endocraneana (HE) es el mayor determinante en la evolución desfavorable en los enfermos neurocríticos.¹ La determinación y control de la presión intracranial (PIC) toma una gran importancia con el objetivo de optimizar la presión de perfusión cerebral y esto se traduce en el equilibrio en la homeostasis cerebral.^{2,3} El estudio de las ondas de PIC y de la misma presión y su monitorización nos permite identificar la existencia de procesos que tienen como común denominador el desarrollo de HE como una lesión secundaria.^{4,5} Entre las causas de la HE se encuentran el traumatismo craneoencefálico grave, la enfermedad vascular cerebral incluyendo el hematoma intraparenquimatoso, hemorragia subaracnoidea espontánea, infarto maligno de la arteria cerebral media, malformación vascular, la enfermedad tumoral intracranial, entre otros.^{6,7}

* Médico residente de segundo año de la especialidad de Medicina del Enfermo en Estado Crítico.

† Hospital General Las Américas. ISEM, IMSS-Bienestar, Ecatepec, Estado de México. Universidad Autónoma del Estado de México. Estado de México, México. Hospital de Zona 197, IMSS. Texcoco, Estado de México, México.

§ Hospital General Las Américas. ISEM, IMSS-Bienestar, Ecatepec, Estado de México.

¶ Hospital General Regional No. 196, Instituto Mexicano del Seguro Social.

Recibido: 20/09/2024. Aceptado: 26/09/2024.

Citar como: Mercado AEA, Montelongo FJ, Suárez SA, Galindo AJ, Herrera MBE, Mendoza HME. Correlación de la presión intracranal a través del Doppler transcraneal y el catéter intraparenquimatoso en lesión neurológica aguda. Med Crit. 2024;38(8):680-683. <https://dx.doi.org/10.35366/120016>

En pacientes neurocríticos, la monitorización multimodal cobra una importancia fundamental derivada de que el examen clínico por sí solo es poco sensible para detectar deterioro clínico.^{8,9} Mientras que la evaluación invasiva de la presión intracranal se considera una herramienta estándar (catéter intraventricular, parenquimatoso o epi/subdural), el procedimiento requiere recursos, personal entrenado y no está exento de riesgos como eventos hemorrágicos, así como infecciones, sin descartar la posibilidad de lecturas erróneas, lo cual deriva en tratamientos inadecuados.^{10,11}

Otros métodos no invasivos cobran especial interés por ser subrogados de los métodos invasivos y complementan la neuromonitorización, Rune Aaslid en 1982 introduce un recurso denominado Doppler transcraneal como tecnología no invasiva a la cabecera del paciente obteniendo la medición del flujo de las arterias intracraeales, empleando una sonda de ultrasonido de baja frecuencia sobre ventanas en el cráneo de insonación específicas, accediendo así a las arterias que dan forma al polígono de Willis.¹²⁻¹⁴ Actualmente ha mejorado la facilidad y disponibilidad de los equipos de ultrasonido haciéndolo muy accesible a los pacientes neurocríticos.¹⁵ El síndrome de HE se caracteriza por un aumento mantenido durante > 5-10 minutos de la PIC por arriba de 22 milímetros de mercurio.¹⁶

La ultrasonografía transcraneal se puede utilizar en una amplia gama de aplicaciones clínicas.¹⁷ En general, aunque se recomienda la implementación de esta técnica en la práctica clínica, al no estar validada aún, se sugiere que no debe reemplazar las técnicas invasivas de neuromonitorización.^{18,19} La técnica a través de Doppler transcraneal permite la visualización directa e identificación de las arterias cerebrales.²⁰ Es una herramienta de utilidad para el escaneo en tiempo real del cerebro.²¹ Proporciona información básica sobre la velocidad del flujo sanguíneo (valores sistólicos, diastólicos y medios) en una arteria insonada y algorítmicamente obteniendo el índice de pulsatilidad (IP).²²⁻²⁴

El valor de los índices de velocidad de flujo, sobre todo del IP se relaciona con varios estados patológicos, su valor normal de baja resistencia es entre 0.6-1.1.²⁵ Una muy baja pulsatilidad (IP < 0.6) se asocia con vasoespasio, hiperemia o estenosis de grado alto.²⁶ La alta pulsatilidad (IP entre 1.2-1.6) se asocia con HE moderada o microangiopatía.²⁷ Y muy alta pulsatilidad (IP entre 1.7-3) testifica HE intensa.²⁸ Sin embargo, hay escasa información en la literatura mundial que asocien el fenómeno de HE con el comportamiento del IP, por lo que se decide realizar este estudio.²⁹

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio prospectivo, longitudinal, experimental y analítico en el que se incluyeron todos los

pacientes mayores de 16 años de ambos sexos, que ingresaron a la neurointensiva, por cualquier causa de lesión neurológica, realizado del 01 de octubre de 2023 al 01 de agosto de 2024.

Se utilizó por uno de los investigadores un ultrasonido portátil VinnoA5 con transductor Sectorial G1-4P de 1.35-4.3 mHz para las mediciones del índice de pulsatilidad, obtenida en la ventana temporal ubicada por encima del arco cigomático, inmediatamente por delante y levemente arriba del trago del pabellón auricular, colocando el transductor a 0 grados con la marca en dirección anterior en modo bidimensional (técnica dúplex) con ubicación del mesencéfalo y posterior aplicación de Doppler color y pulsado en la porción M1 de la arteria cerebral media, una vez obtenido el espectro de dicha arteria y verificar la profundidad de 40 a 60 milímetros, se obtiene el índice de pulsatilidad de forma manual identificando el pico sistólico, velocidad media y la velocidad diastólica final con el cursor, siendo procesado por la fórmula de Gosling integrado en los cálculos del software transcraneal. La cabecera del paciente se colocó a 30 grados y en posición neutro. Todas las mediciones fueron validadas por un experto en ultrasonografía de la red *World Interactive Network Focused On Critical Ultra Sound (WINFOCUS)*.

La técnica de colocación del catéter intraparenquimatoso se realizó en la región anterior del cráneo en el punto de Kocher por otro de los investigadores, localizando el punto de inserción desde nación de 11-13 cm, posterior 3 cm lateral a la línea media, de 1 a 2 cm anterior a la sutura coronal, lateral al seno sagital superior y anterior a la corteza motora primaria. Con uso de material estéril se realiza técnica de asepsia y antisepsia en la zona elegida, con infiltración de lidocaína a 2% con 10 mililitros. Se realizó incisión con bisturí de 2 a 3 centímetros de longitud, con posterior disección por planos hasta la tabla externa del cráneo. En ese punto se realiza trepano de 1 centímetro de profundidad con craneótomos manual y broca de 2.7 milímetros con paro manual, se insertó el tornillo en orificio del trepano hasta su tope para la introducción del catéter de presión intracranal con sensor de silicio CODMAN Microsensor Skull Bolt Kit de 5 a 6 centímetros en ángulo perpendicular entre las líneas del canto interno ipsilateral y meato auditivo externo ipsilateral. Se conectó previa calibración al monitor tipo ICP Express de CODMAN y el CranialAccess Kit de CODMAN de Johnson y Johnson, dando un valor digital de la presión intracranal en el monitor Codman.

El registro de la presión intracranal fue cegado para ambos investigadores, al investigador que realizó el Doppler transcraneal se le colocó una etiqueta en la pantalla del monitor CODMAN, de forma que no podía ver los registros de presión digital y viceversa.

Se realizó el cálculo de muestra por estimación de proporción con un intervalo de confianza de 95% y una precisión de 3%, obteniendo un tamaño muestral de

800, la cual ajustada a pérdidas de 15% fue de 942. La base de datos se realizó en un programa Windows Excel 2019 y los resultados se procesaron en el paquete estadístico SPSS para Windows versión 26. El análisis se realizó mediante estadística descriptiva donde las variables cuantitativas se representaron en medianas y rangos intercuartiles. Se utilizó la prueba de Spearman para correlacionar las variables de estudio y curvas ROC para punto de corte.

RESULTADOS

Se incluyeron 12 pacientes con lesión cerebral aguda, tres de género femenino, de los cuales nueve pacientes tenían diagnóstico de traumatismo craneoencefálico (TCE) severo y tres evento vascular cerebral hemorrágico por crisis hipertensiva, de los cuales la media de edad fue 32.75 ± 15.02 , con índice de masa corporal con un rango intercuartil (RIQ) de 26.49 ± 4.79 , la media de la escala de Glasgow de los pacientes fue de 7 puntos y todos se encontraban intubados y con ventilación mecánica, con una escala de sedación de RAAS-5. Se realizaron 948 maniobras de medición en total cada hora, que dependieron de los días en que estuvo colocado el catéter con un valor de presión intracranal por este método invasivo con una media de 9 mmHg con rango intercuartil de 8.14 y finalmente un índice de pulsatilidad con una media de 0.84 (0.78-0.88).

Se utilizó la prueba de Spearman para correlacionar la PIC por método invasivo y no invasivo IP en la que se evidencia una correlación significativa bilateral (*Tabla 1*).

La curva ROC es significativa para demostrar un punto de corte de IP de 1.32 valores igual o mayores para predecir hipertensión endocraneal, mostrando que este método no invasivo es capaz de detectar la enfermedad en los pacientes de estudio (*Figura 1*).

DISCUSIÓN

La monitorización de la PIC, considerada como estándar de oro, deriva de un método invasivo y la colocación

Tabla 1: Correlaciones entre índice de pulsatilidad y presión intracranal.

Rho de Spearman	IP	PIC
IP		
Coeficiente de correlación	1.000	0.756*
Sig. (bilateral)	0.000	0.000
Total	478	478
PIC		
Coeficiente de correlación	0.756*	1.000
Sig. (bilateral)	0.000	0.000
Total	478	478

IP = índice de pulsatilidad. PIC = presión intracranal.

* La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

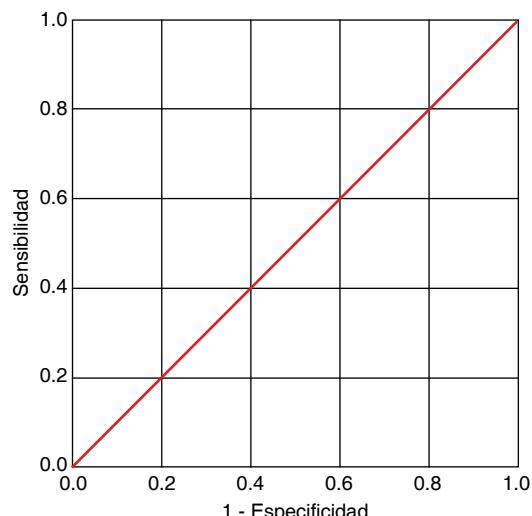


Figura 1: Gráfico de área bajo la curva (ROC) para la sensibilidad y especificidad de la prueba entre IP vs PIC, $R^2 = 0.100$ (100%) de correlación. IP = índice de pulsatilidad. PIC = presión intracranal. Tiene una sensibilidad y especificidad de 100%, tanto el valor predictivo positivo como el negativo son de 100%

de un catéter dentro del parénquima cerebral no se encuentra disponible en la mayor parte de las unidades de nuestro país e implica un alto costo y requiere personal altamente entrenado.³⁰ Es por eso que la adquisición de nuevas técnicas, en especial las no invasivas, tiene un gran auge para el monitoreo de las lesiones cerebrales y el Doppler transcraneal se ha convertido en un método de monitoreo frecuente, reproducible y de bajo costo.³¹

En esta comparación de los valores de la presión intracranal invasiva y el índice de Goslin encontramos una relación significativa. Nuestro estudio describe un punto de corte sobre el índice de pulsatilidad (IP 1.32) que predice hipertensión endocraneana con un alto valor positivo y negativo.

El estudio de Bellner en 2004 concluye que, independientemente del tipo de patología intracranal, existe una fuerte correlación entre la presión intracranal medida por catéter intraventricular versus IP con significancia estadística de $p = 0.0001$, que en nuestro estudio realizamos con catéter intraparenquimatoso, en el cual obtuvimos una sensibilidad de 100% y una especificidad de 100% para detectar la enfermedad de hipertensión endocraneal por IP, resultados muy parecidos entre ambos estudios. Nosotros también pudimos establecer un punto de corte de IP para predecir la hipertensión endocraneana de 1.32 con una PIC de ≥ 22 mmHg.

La detección temprana de cambios en la presión intracranal durante la monitorización del paciente críticamente enfermo que presenta una lesión cerebral aguda, mejora el pronóstico y secuelas neurológicas, al realizar intervenciones para contrarrestar

dicha elevación de forma farmacológica, no farmacológica o quirúrgica.³²

CONCLUSIONES

El Doppler transcraneal a través de la medición de IP es una herramienta alternativa para predecir hipertensión endocraneana en forma no invasiva.

REFERENCIAS

1. Bellner J, Romner B, Reinstrup P, Kristiansson KA, Ryding E, Brandt L. Transcranial Doppler sonography pulsatility index (PI) reflects intracranial pressure (ICP). *Surg Neurol.* 2004;62(1):45-51; discussion 51.
2. Oswal A, Toma AK. Intracranial pressure and cerebral haemodynamics. *Anaesth Intensive Care Med.* 2017;18(5):259-263.
3. Kim DJ, Czosnyka Z, Kasprowicz M, Smieleweski P, Baledent O, Guerguerian AM, et al. Continuous monitoring of the Monro-Kellie doctrine: is it possible? *J Neurotrauma.* 2012;29(7):1354-1363.
4. Czosnyka M, Smieleweski P, Piechnik S, Steiner LA, Pickard JD. Cerebral autoregulation following head injury. *J Neurosurg.* 2001;95(5):756-763.
5. Godoy DA, Brasil S, Iaccarino C, Paiva W, Rubiano AM. The intracranial compartmental syndrome: a proposed model for acute brain injury monitoring and management. *Crit Care.* 2023;27(1):137.
6. Ursino M, Lodi CA. A simple mathematical model of the interaction between intracranial pressure and cerebral hemodynamics. *J Appl Physiol (1985).* 1997;82(4):1256-1269.
7. Schmidt EA, Despas F, Pavly-Le Traon A, Czosnyka Z, Pickard JD, Rahmouni K, et al. Intracranial pressure is a determinant of sympathetic activity. *Front Physiol.* 2018;9:11.
8. Mokri B. The Monro-Kellie hypothesis: applications in CSF volume depletion. *Neurology.* 2001;56(12):1746-1748.
9. McBryde FD, Malpas SC, Paton JF. Intracranial mechanisms for preserving brain blood flow in health and disease. *Acta Physiol (Oxf).* 2017;219(1):274-287.
10. Canac N, Jalaleddin K, Thorpe SG, Thibeault CM, Hamilton RB. Review: pathophysiology of intracranial hypertension and noninvasive intracranial pressure monitoring. *Fluids Barriers CNS.* 2020;17(1):40.
11. Nehring SM, Tadi P, Tenny S. *Cerebral edema.* 2023 Jul 3. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-.
12. Sawicki K, Placek MM, Lyson T, Mariak Z, Chrzanowski R, Czosnyka M. Change in blood flow velocity pulse waveform during plateau waves of intracranial pressure. *Brain Sci.* 2021;11(8):1000.
13. Varsos GV, de Riva N, Smielewski P, Pickard JD, Brady KM, Reinhard M, et al. Critical closing pressure during intracranial pressure plateau waves. *Neurocrit Care.* 2013;18(3):341-348.
14. Tymko MM, Donnelly J, Smielewski P, Zeiler FA, Sykora M, Haubrich C, et al. Changes in cardiac autonomic activity during intracranial pressure plateau waves in patients with traumatic brain injury. *Clin Auton Res.* 2019;29(1):123-126.
15. Czosnyka M, Pickard JD. Monitoring and interpretation of intracranial pressure. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2004;75(6):813-821
16. Torbey MT, Bhardwaj A. Cerebral blood flow physiology and monitoring. *Critical Care Neurology and Neurosurgery.* 2004; 23-37.
17. Lescot T, Reina V, Le Manach Y, Boroli F, Chauvet D, Boch AL, et al. *In vivo* accuracy of two intraparenchymal intracranial pressure monitors. *Intensive Care Med.* 2011;37(5):875-879.
18. Helmke K, Burdelski M, Hansen HC. Detection and monitoring of intracranial pressure dysregulation in liver failure by ultrasound. *Transplantation.* 2000;70(2):392-395.
19. Steiner LA, Andrews PJ. Monitoring the injured brain: ICP and CBF. *Br J Anaesth.* 2006;97(1):26-38.
20. Andrews PJ, Citerio G, Longhi L, Polderman K, Sahuquillo J, Vajkoczy P, et al. NICEM consensus on neurological monitoring in acute neurological disease. *Intensive Care Med.* 2008;34(8):1362-1370.
21. Yuan Q, Wu X, Sun Y, Yu J, Li Z, Du Z, et al. Impact of intracranial pressure monitoring on mortality in patients with traumatic brain injury: a systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg.* 2015;122(3):574-587.
22. Balestreri M, Czosnyka M, Steiner LA, Schmidt E, Smielewski P, Matta B, et al. Intracranial hypertension: what additional information can be derived from ICP waveform after head injury? *Acta Neurochir (Wien).* 2004;146(2):131-141.
23. Lau VI, Arntfield RT. Point-of-care transcranial doppler by intensivists. *Crit Ultrasound J.* 2017;9(1):21. doi: 10.1186/s13089-017-0077-9.
24. Blanco P, Abdo-Cuza A. Transcranial doppler ultrasound in neurocritical care. *J Ultrasound.* 2018;21(1):1-16. doi: 10.1007/s40477-018-0282-9.
25. D'Andrea A, Conte M, Scarafale R, Riegler L, Cocchia R, Pezzullo E, et al. Transcranial doppler ultrasound: physical principles and principal applications in neurocritical care unit. *J Cardiovasc Echogr.* 2016;26(2):28-41. doi: 10.4103/2211-4122.183746.
26. Cardim D, Robba C, Bohdanowicz M, Donnelly J, Cabella B, Liu X, et al. Non-invasive monitoring of intracranial pressure using transcranial doppler ultrasonography: is it possible? *Neurocrit Care.* 2016;25(3):473-491.
27. Kim DJ, Kasprowicz M, Carrera E, Castellani G, Zweifel C, Lavinio A, et al. The monitoring of relative changes in compartmental compliances of brain. *Physiol Meas.* 2009;30(7):647-659.
28. Kim MO, Adji A, O'Rourke MF, Avolio AP, Smielewski P, Pickard JD, et al. Change in pulsatile cerebral arterial pressure and flow waves as a therapeutic strategy? *Acta Neurochir Suppl.* 2016;122:167-170.
29. Sloan MA, Alexandrov AV, Tegeler CH, Spencer MP, Caplan LR, Feldmann E, et al. Assessment: transcranial doppler ultrasonography: report of the therapeutics and technology assessment subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology.* 2004;62(9):1468-1481.
30. White H, Venkatesh B. Applications of transcranial doppler in the ICU: a review. *Intensive Care Med.* 2006;32(7):981-994.
31. Motuel J, Biette I, Srairi M, Mrozek S, Kurrek MM, Chaynes P, et al. Assessment of brain midline shift using sonography in neurosurgical ICU patients. *Crit Care.* 2014;18(6):676.
32. Moppett IK, Mahajan RP. Transcranial doppler ultrasonography in anaesthesia and intensive care. *Br J Anaesth.* 2004;93(5):710-724.

Financiamiento: ninguno.

Conflictos de intereses: ninguno.

Correspondencia:

Erick Alán Mercado Aragón

E-mail: erickalanmercado@hotmail.com



Predicción no invasiva de hipertensión pulmonar en pacientes de la UCI usando elevación pasiva de piernas y ecografía Doppler

Non-invasive prediction of pulmonary hypertension in ICU patients using passive leg elevation and Doppler ultrasound

Previsão não invasiva da hipertensão pulmonar em pacientes internados na UTI utilizando a elevação passiva das pernas e a ultrassonografia Doppler

Andrés Gibrán Salcedo Malagón,* Alejandro Pizaña Dávila,* Agustín Eduardo Jaramillo Solís†

RESUMEN

Se realizó un trabajo de investigación prospectivo y comparativo utilizando la ecografía Doppler para observar los componentes de la ecuación de Bernoulli y sus cambios al realizar la maniobra de levantamiento pasivo de piernas, fueron incluidos 39 pacientes de ambos sexos, de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión del diseño de este estudio, se observó que los pacientes con velocidad de regurgitación tricuspídea mayor a 2.7 m/seg se correlaciona con pacientes no respondedores a volumen modificando los parámetros que componen la ecuación de Bernoulli, que orienta a probable desenlace de derrame pleural e insuficiencia cardiaca.

Palabras clave: diámetro de la vena cava, ultrasonido, hipertensión arterial pulmonar, regurgitación tricuspídea, ecuación de Bernoulli.

ABSTRACT

A prospective and comparative research work was carried out using doppler ultrasound to observe the components of the Bernoulli equation and its changes when performing the passive leg lift maneuver, 39 patients of both sexes were included, according to the inclusion and exclusion criteria of the design of this study, it was observed that patients with tricuspid regurgitation velocity greater than 2.7 m/sec correlates with non-responders to volume modifying the parameters that make up the Bernoulli equation, which points to the probable outcome of pleural effusion and heart failure.

Keywords: diameter of the vena cava, ultrasound, pulmonary arterial hypertension, tricuspid regurgitation, Bernoulli equation.

RESUMO

Foi realizado um estudo de investigação prospectivo e comparativo através do ultrassom Doppler para observar os componentes da equação de Bernoulli e suas alterações durante a realização da manobra de elevação passiva das pernas, foram incluídos 39 pacientes de ambos os sexos, de acordo com os critérios de inclusão e exclusão do desenho deste estudo, observou-se que pacientes com velocidade de regurgitação tricúspide maior que 2.7 m/segundo está correlacionado com pacientes que não respondem ao volume, modificando os parâmetros que compõem a equação de Bernoulli, o que orienta para provável desfecho de derrame pleural e insuficiência cardíaca.

Palavras-chave: diâmetro da veia cava, ultrassonografia, hipertensão arterial pulmonar, regurgitação tricúspide, equação de Bernoulli.

Abreviaturas:

PSAP = presión sistólica de la arteria pulmonar

DMAX = diámetro máximo de la vena cava inferior medido por ultrasonido

DMIN = diámetro mínimo de la vena cava inferior medido por ultrasonido

HAP = hipertensión arterial pulmonar

VRT = velocidad de regurgitación tricuspídea

PAD = presión auricular derecha

INTRODUCCIÓN

Dada la limitación logística y de costos en torno al cateterismo cardíaco,¹ la ecocardiografía se convierte en la herramienta de cribado y diagnóstico más utilizada en la práctica clínica global.² La ecocardiografía transtorácica se utiliza para cuantificar la hipertensión pulmonar, utilizando la velocidad de regurgitación tricuspídea y la ecuación de Bernoulli modificada ($PSAP = 4V^2 + PAD$) para obtener la presión sistólica de la arteria pulmonar (PSAP), que se estima mediante una evaluación cualitativa de la presión auricular derecha (PAD) (típicamente 5 o 10 mmHg).^{3,4}

Recientemente en la revista indexada *Nature Reviews* se publicó un artículo interesante de hipertensión arterial pulmonar en enero de 2024,⁵ donde se propone a la ecografía Doppler como un método seguro y preciso para el diagnóstico indirecto de hipertensión arterial pulmonar;⁶ sin embargo, hay poca evidencia bibliográfica que correlacione la velocidad de regurgitación tricuspídea, la respuesta a volumen y la medición de la presión sistólica de la arteria pulmonar.

MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio longitudinal, prospectivo y comparativo que analizó pacientes en terapia intensiva ingresados entre enero y junio de 2024.

Criterios de inclusión: pacientes mayores de 18 años, de cualquier sexo, con patologías quirúrgicas y no quirúrgicas, con y sin ventilación mecánica, ingresados en la unidad de terapia intensiva (UTI).⁷

Criterios de exclusión: ausencia de miembros inferiores, vértigo o disautonomía, prótesis inmediata de cadera, fractura inestable de pelvis, embarazo, superficie quemada profunda en el tórax. Pacientes que no desean participar en el estudio.

Criterios de eliminación: pacientes con fatiga, incomodidad o molestia durante la maniobra de levantamiento pasivo de piernas. Sujetos con elevación de la

* Unidad de Terapia Intensiva, Hospital Ángeles Mocel, Ciudad de México, México.

† Profesor titular de la especialidad en Medicina Crítica, Hospital Ángeles Mocel, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

Recibido: 25/09/2024. Aceptado: 10/10/2024.

Citar como: Salcedo MAG, Pizaña DA, Jaramillo SAE. Predicción no invasiva de hipertensión pulmonar en pacientes de la UCI usando elevación pasiva de piernas y ecografía Doppler. Med Crit. 2024;38(8):684-687. <https://dx.doi.org/10.35366/120017>

www.medigraphic.com/medicinacritica

presión intraabdominal. Personas con patología neurológica que imposibilita realizar la maniobra de levantamiento pasivo de piernas. Casos con alguna o varias de las siguientes condiciones: abdomen abierto, patología ósea, necrosis digital, síndrome compartimental o ausencia de pulso en alguna extremidad inferior, mala ventana ecográfica.

Muestra: el tipo de muestreo utilizado en este estudio fue no probabilístico, intencional. El tamaño de muestra se determinó con base en el número de variables que componen el método de Bernoulli, asignando un mínimo de 10 pacientes por cada variable. En total se incluyeron 38 pacientes, los cuales fueron distribuidos aleatoriamente en dos grupos.

Datos: se obtuvieron de la información proveniente de las ecografías Doppler, las cuales estuvieron supervisadas por médicos con experiencia en ultrasonografía en el paciente crítico.⁸ Se registraron los valores de: velocidad de regurgitación tricuspídea, presión de la aurícula derecha y colapsabilidad o distensibilidad de la vena cava inferior antes y después de la maniobra de levantamiento pasivo de piernas.⁹

Variable dependiente: valor de la presión sistólica de la arteria pulmonar (PSAP) por método de Bernoulli. Se obtuvo mediante la aplicación del método de Bernoulli a través de la ecografía Doppler antes y después de la maniobra de levantamiento pasivo de piernas.

Variable independiente: levantamiento pasivo de piernas. Esta maniobra se realizó en los pacientes del grupo expuesto para evaluar su efecto en los parámetros del método de Bernoulli.

Variable de control: adecuada ventana acústica. La calidad de la ventana acústica es esencial para obtener mediciones precisas y fiables mediante la ecografía Doppler. Esta variable se considerará como un factor de control para asegurar la calidad de las mediciones.

Otras variables: también se analizaron edad, sexo, velocidad de regurgitación tricuspídea (VRT), colapsabilidad/distensibilidad de la vena cava inferior, Vmax, presión sistólica aurícula derecha, diagnóstico de ingreso, diagnóstico de egreso.

RESULTADOS

Se ingresaron un total de 39 pacientes, de los cuales la media de edad fue de 58.2 ± 18.4 años. Con relación al sexo, 25 pacientes (64.1%) eran masculinos y 14 (35.9%) femeninos. Los valores previos a la maniobra de elevación pasiva de piernas fueron medidos por el mismo operador: la media de la VRT fue de 2.3 ± 0.52 m/s, la media de la colapsabilidad de la vena cava inferior fue de $40 \pm 11.2\%$, la media del diámetro máximo de la vena cava inferior (Dmax) fue de 18 ± 3.6 cm/s, la media de la PSAP fue de 34.6 ± 10 mmHg, la media de la PAPm fue de 18.79 ± 6.8 mmHg, y la media de

la presión de la aurícula derecha (PAPD) fue de 10.9 ± 4.3 mmHg.

Después de la maniobra de elevación pasiva de piernas, los valores medidos fueron: la media de la VRT fue de 2.7 ± 0.72 m/s, la media de la colapsabilidad de la vena cava inferior fue de $36.7\% \pm 11.7\%$, la media de la Dmax fue de 20.2 ± 6.7 cm/s, la media de la PAPm fue de 23.93 ± 6.3 mmHg, y la media de la PAD fue de 13.7 ± 5.2 mmHg. Los diagnósticos de ingreso y egreso se encuentran en la *Tabla 1*.

Posteriormente, se realizó un análisis bivariado de la maniobra previa y posterior a la elevación de piernas, midiendo los valores.

La PSAP previa y posterior alcanzó una diferencia de medias de 9.9 con un valor de $p = 0.034$. De igual manera, la PSAPm presentó una diferencia de medias de 5.14 con un valor de $p = 0.010$. El resto de las variables no mostraron significancia estadística.

DISCUSIÓN

Los resultados arrojados por este trabajo se correlacionan con el estudio realizado por Menezes y colaboradores,¹⁰ en el cual concluyen que la velocidad de regurgitación tricuspídea se relaciona significativamente con la presión arterial pulmonar media y la respuesta a volumen cuando los valores de la VRT fueron de 2.5 m/s, en nuestro estudio la VRT fue de 2.7 m/s; sin embargo, no presentó adecuada respuesta a líquidos con una colapsabilidad media de 36% considerándose como no respondedores; lo cual nos hace suponer que un valor superior a 2.5 m/s probablemente sí sea respondedor a volumen, mientras que un valor superior a éste sea deletéreo para los pacientes. Por otro lado, en el trabajo original de Guazzi y su equipo,¹¹ se correla-

Tabla 1: Características generales de la población (n = 39).

Características	Media \pm DE
Género masculino, n (%)	25 (64.1%)
Género femenino, n (%)	14 (35.9%)
Edad (años)	58.2 ± 18.4
VRT pre (m/s)	2.3 ± 0.52
Colapsabilidad VCI pre (%)	40 ± 11.2
DMAX pre (cm)	18 ± 3.6
PSAP pre (mmHg)	34.6 ± 10
PAPm pre (mmHg)	18.79 ± 6.8
PAD pre (mmHg)	10.9 ± 4.3
VRT post (m/s)	2.7 ± 0.72
Colapsabilidad VCI post (%)	36.7 ± 11.7
DMAX post (cm)	20.2 ± 6.7
PSAP post (mmHg)	44.5 ± 12
PAPm post (mmHg)	23.93 ± 6.3
PAD post (mmHg)	13.7 ± 5.2

DMAX = diámetro máximo de la vena cava inferior medido por ultrasonido. PAD = presión auricular derecha. PSAP = presión sistólica de la arteria pulmonar. VRT = velocidad de regurgitación tricuspídea.

Tabla 2: Diagnósticos de ingreso y egreso de los pacientes agrupados por aparatos y sistemas.

Categoría	Diagnósticos	n (%)
Cardiovasculares	ICC/AHA, SICA, miocardiopatía, angina, bradicardia, choque cardiogénico	11 (28.2)
Respiratorios	NAC, SIRA, edema pulmonar, derrame pleural, neumopatía	9 (23.1)
Renales/urinarios	ERC, LRA, pielonefritis, IVU	5 (12.8)
Infecciosos/sistémicos	Sepsis, sepsis AB	3 (7.7)
Neurológicos	EVC isquémico, hemorrágico, secuela EVC	3 (7.7)
Quirúrgicos/PO	PO cateterismo, PO marcapasos, PO tumor, cambio valvular	5 (12.8)
Neoplásicos	Tumor cara, tumor cuello, tumor cardiaco	3 (7.7)

ERC = enfermedad renal crónica. EVC = enfermedad vascular cerebral. ICC/AHA = insuficiencia cardiaca congestiva / American Heart Association. IVU = infección de vías urinarias. LRA = lesión renal aguda. NAC = neumonía adquirida en la comunidad. PO = postoperatorio. SICA = síndrome isquémico coronario agudo. SIRA = síndrome de insuficiencia respiratoria aguda.

Tabla 3: Análisis bivariado pre y postmanobra.

Variable	Pre (media ± DE)	Post (media ± DE)	Diferencia de medias	p
VRT (m/s)	2.3 ± 0.52	2.7 ± 0.72	0.4	0.880
Colapsabilidad VCI (%)	40 ± 11.2	36.7 ± 11.7	-3.3	0.414
DMAX (cm/s)	18 ± 3.6	20.2 ± 6.7	2.2	0.225
PSAP (mmHg)	34.6 ± 10	44.5 ± 12	9.9	0.034
PAPm (mmHg)	18.79 ± 6.8	23.93 ± 6.3	5.1	0.010
PAD (mmHg)	10.9 ± 4.3	13.7 ± 5.2	2.8	0.051

DMAX = diámetro máximo de la vena cava inferior medido por ultrasonido. PAD = presión auricular derecha. PSAP = presión sistólica de la arteria pulmonar. VRT = velocidad de regurgitación tricuspídea.

cionaron la función ventricular derecha y la presión arterial pulmonar, los pacientes con VRT > 2.8 m/s tuvieron una mayor probabilidad de desarrollar insuficiencia cardiaca, en nuestro trabajo los pacientes con VRT > 2.7 m/s fueron diagnosticados con insuficiencia cardiaca al egreso de la UTI (*Tabla 2*), lo que nos hace pensar que valores incluso más bajos como los reportados en la publicación de Chang y su grupo,¹² donde estudiaron a la VRT con la sobrecarga de volumen y función ventricular izquierda en los pacientes con VRT > 2.2 m/s, tuvieron una mayor probabilidad de desarrollar insuficiencia cardiaca. Esto hace pensar que probablemente la VRT en un futuro podría considerarse como un valor de predicción no sólo como de respuesta a volumen,¹³ sino como un parámetro hemodinámico en pacientes con riesgo de desarrollar hipertensión arterial pulmonar,¹⁴ ya que éste es un valor directo al método de Bernoulli y otras complicaciones derivadas de la función ventricular cardiaca^{15,16} (*Tabla 3*).

CONCLUSIÓN

Con base en los resultados obtenidos en este estudio, concluimos que la velocidad de regurgitación tricuspídea pudiera considerarse como un parámetro de respuesta a volumen, siendo deletéreo cuando estos valores son superiores a 2.7 m/s; con resultados negativos como mala respuesta a volumen, derrame pleural e insuficiencia cardiaca.

Derivado de una muestra pequeña de pacientes incluidos en este estudio, los resultados deben ser

interpretados a cautela, por lo que se necesitan más estudios para confirmar si el método de Bernoulli es eficaz para predecir el riesgo de hipertensión arterial pulmonar y respuesta a volumen en pacientes críticamente enfermos.¹⁷

A pesar de las dificultades logísticas del presente trabajo, podría considerarse como un estudio piloto y probablemente estudio base para nuevas investigaciones a futuras generaciones de médicos involucrados en la atención del paciente críticamente enfermo.

REFERENCIAS

- Hooper MM, Lee SH, Voswinckel R, Palazzini M, Jais X, Marinelli A, et al. Complications of right heart catheterization procedures in patients with pulmonary hypertension in experienced centers. *J Am Coll Cardiol.* 2006;48(12):2546-2552.
- Olivencia Peña L, Fernández Carmona A, Rodríguez C. Diagnóstico diferencial y manejo de shock. España: Elsevier; 2022.
- Fox et al. Tricuspid regurgitation velocity and response to exercise in patients with pulmonary hypertension. *J Card Fail.* 2017;23(10):731-738.
- Rodríguez DA, Sancho-Muñoz A, Rodó-Pin A, Herranz A, Gea J, Bruguera J, et al. Right ventricular response during exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Heart Lung Circ.* 2017;26(6):631-634.
- Mocumbi A, Humbert M, Saxena A, Jing ZC, Sliwa K, Thienemann F, et al. Pulmonary hypertension. *Nat Rev Dis Primers.* 2024;10(1):1.
- Janda S, Shahidi N, Gin K, Swiston J. Diagnostic accuracy of echocardiography for pulmonary hypertension: a systematic review and meta-analysis. *Heart.* 2011;97(8):612-622.
- Liang Y, Nozari A, Kumar AB. Reanimación cardiopulmonar y soporte vital cardiaco avanzado. España: Elsevier; 2021.
- Tamagnone F, Previgliano I, Merlo PM, Benay CG. POCUS: Manual práctico ultrasonografía crítica. Argentina: Editorial Corpus Libros Médicos y Científicos; 2018.

9. Carrillo Esper R, Tapia Velasco R, Galván Talamantes Y, Garrido Aguirre E. Evaluación de la precarga y respuesta a volumen mediante ultrasonografía de la vena cava. *Rev Asoc Mex Med Crít Ter Intensiva*. 2015;29(2):105-112.
10. Menezes TCF, Lee MH, Fonseca Balladares DC, Nolan K, Sharma S, Kumar R, et al. Skeletal muscle pathology in pulmonary arterial hypertension and its contribution to exercise intolerance. *J Am Heart Assoc*. 2025;14(4):e036952.
11. Guazzi M, Ghio S, Adir Y. Pulmonary hypertension in HFpEF and HFrEF: JACC review topic of the week. *J Am Coll Cardiol*. 2020;76(9):1102-1111.
12. Chang WT, Weng SF, Hsu CH, Shih JY, Wang JJ, Wu CY, et al. Prognostic factors in patients with pulmonary hypertension-a nationwide cohort study. *J Am Heart Assoc*. 2016;5(9):e003579.
13. Gupta G, Pinsky MR. ¿Cuáles son las mejores herramientas para optimizar la circulación? España: Elsevier; 2021.
14. Milan A, Magnino C, Veglio F. Echocardiographic indexes for the non-invasive evaluation of pulmonary hemodynamics. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010;23(3):225-239; quiz 332-334.
15. De la Espriella R, Cobo M, Santas E. Evaluación de las presiones de llenado y la sobrecarga de volumen en la insuficiencia cardiaca: una visión actualizada. España: Sociedad Española de Cardiología, Elsevier; 2022.
16. Sabatier C, Monge I, Maynar J, Ochagavia A. Valoración de la precarga y la respuesta cardiovascular al aporte de volumen. *Med Intensiva*. 2012; 36 (1): 45-55.
17. Escrivano Subias P, Barberá Mir JA, Suberviela V. Evaluación diagnostica y pronóstica actual de la hipertensión pulmonar. *Rev Esp Cardiol*. 2010;63(5):583-596.

Aspectos éticos: se obtuvo consentimiento informado de los pacientes participantes.

Conflictos de intereses: este trabajo no contiene conflicto de intereses.

Correspondencia:

Andrés Gibrán Salcedo Malagón

E-mail: asalcedomalagon@gmail.com



Eficacia clínica del tratamiento antihipertensivo intravenoso con labetalol versus hidralazina en preeclampsia severa en la unidad de terapia intensiva obstétrica

Clinical efficacy of intravenous antihypertensive treatment with labetalol versus hydralazine in severe preeclampsia in obstetric intensive care unit

Eficácia clínica do tratamento anti-hipertensivo intravenoso com labetalol versus hidralazina na pré-eclâmpsia grave na unidade de terapia intensiva obstétrica

Abad Quetzalcóatl Ortega Pérez,* Raúl Palacios Pacheco,† Gerardo Efraín Téllez Becerril,‡ Priscila Magaly Jiménez Castellanos,‡ Laura Soraya Gaona Valle*

RESUMEN

Introducción: la preeclampsia afecta entre 7-10% de los embarazos y se asocia a mayores tasas de mortalidad materna y neonatal; el tratamiento médico es el control se las cifras tensionales; el labetalol es un beta-bloqueante competitivo no selectivo y con actividad bloqueante frente a los receptores postsinápticos alfa-1 en los músculos lisos vasculares que ocasiona una vasodilatación.

Material y métodos: ensayo clínico aleatorizado, abierto, de grupos paralelos y no doble ciego, en pacientes con preeclampsia severa.

Resultados: se incluyeron 111 casos, 54 pacientes en el grupo de labetalol y 57 al de hidralazina. En el grupo de hidralazina hubo eventos de atonía uterina ($p = 0.016$) y mayor incidencia de hemorragia > 500 mL ($p = 0.094$). Al minuto 40 entre ambos grupos se obtuvieron desenlaces similares con valores de TAS en 140 mmHg ($p = 0.222$), TAD de 90 mmHg ($p = 0.563$) y TAM de 106 mmHg ($p = 0.729$); hubo mayor porcentaje de neonatos con Apgar < 8 al minuto en el grupo de hidralazina ($p = 0.067$).

Conclusiones: el uso de labetalol en pacientes con preeclampsia severa es igual de efectivo que con hidralazina a los 40 minutos para el control hipertensivo; sin embargo, el tiempo y número de dosis fue menor en el grupo de labetalol; hubo menor hospitalización de neonatos en el grupo de labetalol.

Palabras clave: preeclampsia, labetalol, hidralazina, hipertensión arterial y embarazo.

ABSTRACT

Introduction: preeclampsia affects 7-10% of pregnancies and is associated with higher maternal and neonatal mortality rates; medical treatment is the control of blood pressure levels; labetalol is a non-selective competitive beta-blocker with blocking activity against postsynaptic alpha-1 receptors in vascular smooth muscles that causes vasodilation.

Material and methods: randomized, open, parallel group, non-double-blind clinical trial in patients with severe preeclampsia.

Results: 111 cases were included, 54 patients in the labetalol group and 57 in the hydralazine group. In the hydralazine group there were events of uterine atony ($p = 0.016$) and a higher incidence of bleeding > 500 mL ($p = 0.094$). At minute 40, similar outcomes were obtained between both groups with SBP values of 140 mmHg ($p = 0.222$), diastolic blood pressure (DBP) of 90 mmHg ($p = 0.563$) and mean arterial pressure (MAP) of 106 mmHg ($p = 0.729$); there was a higher percentage of neonates with Apgar < 8 at one minute in the hydralazine group ($p = 0.067$).

Conclusions: the use of labetalol in patients with severe preeclampsia is equally effective as hydralazine at 40 minutes for hypertensive control, however, the time and number of doses was shorter in the labetalol group; there was less hospitalization of neonates in the labetalol group.

Keywords: preeclampsia, labetalol, hydralazine, arterial hypertension and pregnancy.

RESUMO

Introdução: a pré-eclâmpsia afeta entre 7-10% das gestações e está associada a maiores taxas de mortalidade materna e neonatal; o tratamento médico consiste no controle dos níveis de pressão arterial; o labetalol é um betabloqueador competitivo não seletivo com atividade bloqueadora contra os receptores alfa-1 pós-sinápticos na musculatura lisa vascular que causa vasodilação.

Material e métodos: ensaio clínico randomizado, aberto, de grupos paralelos, não duplo-cego em pacientes com pré-eclâmpsia grave.

Resultados: foram incluídos 111 casos, 54 pacientes no grupo labetalol e 57 no grupo hidralazina. No grupo hidralazina ocorreram eventos de atonia uterina ($p = 0.016$) e maior incidência de hemorragia > 500 mL ($p = 0.094$).

No minuto 40, resultados semelhantes foram obtidos entre os dois grupos com valores de PAS de 140 mmHg ($p = 0.222$), PAD de 90 mmHg ($p = 0.563$) e PAM de 106 mmHg ($p = 0.729$); Houve maior percentual de neonatos com Apgar < 8 no primeiro minuto no grupo hidralazina ($p = 0.067$).

Conclusões: o uso de labetalol em pacientes com pré-eclâmpsia grave é tão eficaz quanto a hidralazina aos 40 minutos para controle hipertensivo, porém o tempo e o número de doses foram menores no grupo labetalol; Houve menor internação de neonatos no grupo labetalol.

Palavras-chave: pré-eclâmpsia, labetalol, hidralazina, hipertensão arterial e gestação.

Abreviaturas:

FC = frecuencia cardiaca

TAD = presión arterial diastólica

TAM = presión arterial media

TAS = presión arterial sistólica

INTRODUCCIÓN

La enfermedad hipertensiva del embarazo representa una complicación grave y frecuente que afecta aproximadamente a 7-10% de los embarazos y se asocian con mayores tasas de mortalidad materna, fetal y neonatal.¹

La preeclampsia se presenta en alrededor de 2-3% del total de las gestaciones y sus complicaciones son responsables de 20-25% de las muertes perinatales. Se define como la presencia de hipertensión gestacional asociada a proteinuria significativa (> 300 mg/dL en orina de 24 horas) o aumento de la relación proteína/creatinina > 0.30 ; cabe mencionar que el diagnóstico de preeclampsia también puede existir en ausencia

* Centro Médico «Lic. Adolfo López Mateos». Secretaría de Salud del Estado de México, México.

† Instituto Materno Infantil del Estado de México, México.

Recibido: 20/01/2025. Aceptado: 17/02/2025.

Citar como: Ortega PAQ, Palacios PR, Téllez BGE, Jiménez CPM, Gaona VLS. Eficacia clínica del tratamiento antihipertensivo intravenoso con labetalol versus hidralazina en preeclampsia severa en la unidad de terapia intensiva obstétrica. Med Crit. 2024;38(8):688-693. <https://dx.doi.org/10.35366/120018>

de proteinuria siempre y cuando se presenten signos asociados a la hipertensión como: trombocitopenia < 100,000/ μ L, lesión renal aguda definida por creatinina sérica > 1.1 mg/dL o una elevación del doble del valor basal de creatinina, anomalías en la función hepática con aumento de las concentraciones séricas de las transaminasas hepáticas hasta dos veces los valores normales, edema agudo pulmonar, síntomas neurológicos y visuales.¹⁻⁴

La severidad de la preeclampsia se establece ante la presencia de presión arterial diastólica (TAD) > 110 mmHg y/o presión arterial sistólica (TAS) > 160 mmHg, en dos ocasiones en un intervalo de 4 horas, además de elevación de la creatinina > de 1.1 mg/dL, trombocitopenia < de 100,000, elevación de enzimas hepáticas por arriba del doble o más de su valor normal, dolor abdominal en epigastrio o cuadrante superior derecho, edema agudo pulmonar, cefalea, escotomas, síntomas visuales de nueva aparición y respecto al grado de proteinuria, una cuantificación en orina de 24 horas > 3 g.^{3,4}

El tratamiento médico está enfocado en el soporte de las fallas orgánicas asociadas al trastorno hipertensivo, siendo la piedra angular, el control de las cifras tensionales, para este fin los antihipertensivos más utilizados en el manejo de la preeclampsia severa incluyen betabloqueadores como el labetalol, miorrelajantes de músculo liso como la hidralazina, además de otros fármacos como calcio antagonistas y agonistas alfa 2 adrenérgicos.^{4,5}

La hidralazina relaja directamente el músculo liso arteriolar, a través de la reducción de calcio intracelular inducida por inositol trifosfato en el retículo sarcoplásmico, y con esto reduce la contracción muscular.⁶⁻⁹ También existe evidencia de que la hidralazina promueve la dilatación arterial al estimular la apertura de canales de potasio de alta conductancia activados por calcio, que podrían servir como mecanismo de retroalimentación negativa para controlar el grado de despolarización de membrana y vasoconstricción.^{8,10}

La posología recomendada es administrar inicialmente 5-10 mg en forma de un bolo, repetir según sea necesario cada 20-30 minutos hasta conseguir una TAD de 90-100 mmHg, la vía de administración puede ser oral o parenteral, aunque la absorción intestinal del fármaco es casi completa, la biodisponibilidad oral es menor a la parenteral debido a su extenso metabolismo hepático de primer paso. Este fármaco se debe utilizar con precaución en pacientes con enfermedad coronaria debido a que la taquicardia refleja aumenta el consumo de oxígeno y puede agravar una angina o una isquemia.¹⁰

En cuanto a sus efectos sobre el neonato, la hidralazina se ha relacionado con la disminución súbita del flujo uteroplacentario a consecuencia de la disminución de las resistencias arteriolares periféricas que exacerba

el estado de hipoperfusión crónica del producto. Esta disminución súbita de la tensión arterial en el lecho arterial materno produce alteraciones en la flujometría fetal, perfil biofísico y el trazado cardiotocográfico, observándose un aumento en la frecuencia de desaceleraciones tardías, disminución en la variabilidad a corto y largo plazo, así como disminución en la frecuencia de aceleraciones espontáneas; sin embargo, no existe información sobre su impacto en la tasa de admisión a unidades de cuidados intensivos neonatales.⁸⁻¹⁰

Por otra parte, el labetalol es un beta-bloqueante competitivo no selectivo activo por vía enteral o parenteral que también tiene una actividad bloqueante frente a los receptores postsinápticos alfa-1 en los músculos lisos vasculares, receptores beta-1 en el corazón y los beta-2 en los músculos bronquiales y vasculares, que ocasiona una vasodilatación y por ende una reducción de las resistencias periféricas sin producir grandes cambios en la frecuencia cardiaca, el gasto cardíaco o el volumen-latido.^{8,11,12}

Después de la ingesta vía oral, el labetalol es absorbido en 90-100%; sin embargo, sólo 25% alcanza la circulación sistémica, por lo que la vía de administración sugerida en contextos de emergencia hipertensiva es intravenosa, ya que los efectos hipotensores se observan a los 5-15 minutos y se mantienen durante 2 a 4 horas; en los pacientes con la función renal normal, la semivida de eliminación es de 2.5 a 8 horas y es metabolizado en el hígado por glucuronidación.^{8,13,14}

En presentación intravenosa, se recomienda administrar un bolo lento de 20 a 80 mg, y si fuese necesario se puede repetir la dosis cada 10 min hasta una dosis total de 300 mg y como alternativa, se puede administrar 2 mg/min mediante una infusión intravenosa hasta obtener una respuesta adecuada cuando la TAD sea < 90 mmHg.^{13,14}

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un ensayo clínico aleatorizado, abierto, de grupos paralelos y no doble ciego del 01 de noviembre de 2021 al 28 de febrero de 2023, en el que se incluyeron pacientes con el diagnóstico de preeclampsia severa en el Hospital de Ginecología y Obstetricia del Instituto Materno Infantil del Estado de México (IMIEM).

El protocolo terapéutico empleado tras la asignación de grupo de estudio fue: en el grupo de hidralazina se inició con una dosis intravenosa de 5-10 mg intravenoso cada 20 minutos, hasta un máximo de cinco dosis; por su parte el grupo de labetalol se inició con una dosis de 20 mg intravenoso, con posibilidad de una dosis a los 10 minutos de 40 mg y posteriormente 80 mg cada 10 minutos en los casos que fue necesario hasta una dosis máxima de 300 mg; la vía de interrupción en ambos grupos quedó a criterio de los médicos tratantes y acorde con los protocolos internos del hospital.

En cuanto al diseño estadístico se realizó el análisis de la normalidad de la muestra con prueba de Kolmogorov-Smirnov donde se observó una distribución no paramétrica; para el análisis univariado se aplicó mediana y rango intercuartil (IQR 25-75), así como distribución de frecuencias y porcentajes; en cuanto al análisis bivariado se usó test de Friedmann para establecer las diferencias entre las medidas repetidas de las variables hemodinámicas dentro de cada grupo y la U de Mann-Whitney para establecer las diferencias significativas en el resultado hemodinámico final (minuto 40) entre los grupos; por último se usó χ^2 de Pearson y prueba exacta de Fisher para determinar la asociación entre dos variables cualitativas y se consideró un valor de $p < 0.05$ como significativo.

RESULTADOS

Se obtuvo una muestra de 111 casos, 54 pacientes fueron asignadas al grupo de labetalol y 57 al de hidralazina, las características obstétricas de ambos grupos fueron similares, predominando pacientes con índice de masa corporal (IMC) en rangos de obesidad, embarazos a término y con resolución del embarazo por cesárea (*Tabla 1*).

Dentro de las complicaciones reportadas durante la resolución del embarazo se observaron eventos de atonía uterina sólo en el grupo de hidralazina ($p = 0.016$), así como una mayor incidencia de hemorragia > 500 mL comparado con el grupo de labetalol ($p = 0.094$) (*Tabla 2*).

En cuanto al control de las variables hemodinámicas, ambos fármacos mostraron una reducción de las TAS, TAD, presión arterial media (TAM) y frecuencia cardíaca (FC) ($p \leq 0.001$), comparando los valores iniciales en el servicio de triaje y los registrados al minuto 40 dentro de cada grupo; sin embargo, se observó que el control hipertensivo se lograba en un menor tiempo en el grupo de labetalol.

Tabla 1: Características obstétricas (N = 111).

	Labetalol N = 54 n (%)	Hidralazina N = 57 n (%)	p
Edad materna, años*	26 [21-32]	27 [23-34]	0.115
Semanas de gestación*	38 [35.75-38.6]	38 [35.6-39]	0.716
Índice de masa corporal, n (%)			
Bajo peso	1 (1.9)	0 (0)	0.197
Normal	6 (11.1)	8 (14)	
Sobrepeso	13 (24)	23 (40.4)	
Obesidad	34 (63)	26 (45.6)	
Porcentaje			
Partos, %	41.37	35.36	0.614
Cesárea, %	58.63	64.64	0.007
Paridad			
Primigesta	22 (40.7)	28 (49.1)	0.787
Multigesta	32 (59.3)	29 (50.9)	

* Mediana [mín.-máx.].

Tabla 2: Complicaciones maternas (N = 111).

	Labetalol N = 54 n (%)	Hidralazina N = 57 n (%)	p
Atonía uterina			0.016
Sí	0 (0)	6 (10.5)	0.016
No	54 (100.0)	51 (89.5)	
Sangrado, mL			0.094
< 500	52 (96.3)	50 (87.7)	
500-1,000	2 (3.7)	7 (12.3)	
Promedio	359	378	—

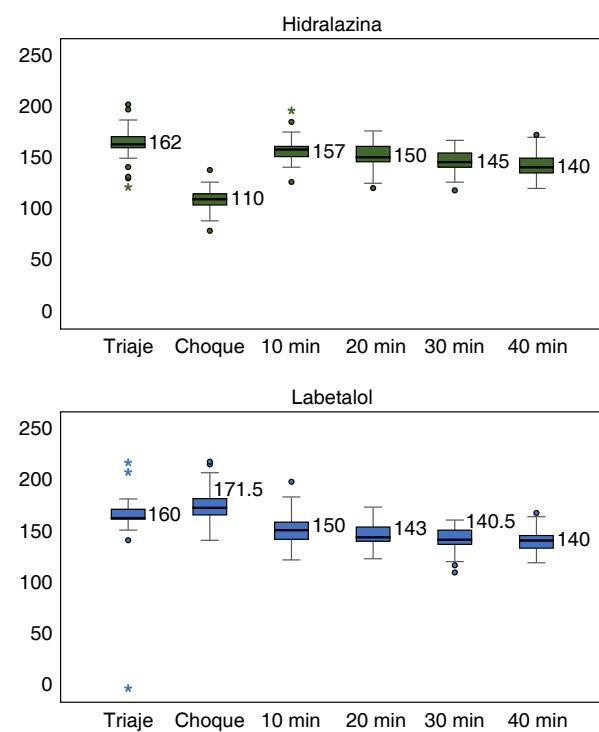


Figura 1: Presión arterial sistólica.

En este contexto, al comparar el resultado final de las variables hemodinámicas al minuto 40 entre ambos grupos se obtuvieron desenlaces similares con valores de TAS en 140 mmHg ($p = 0.222$), TAD de 90 mmHg ($p = 0.563$) y TAM de 106 mmHg ($p = 0.729$) (*Figuras 1-3*); sólo en la variable de frecuencia cardíaca se observó una mayor reducción a favor del grupo de labetalol 77.5 lpm vs hidralazina con 96 lpm ($p \leq 0.001$) (*Figura 4*).

Con respecto a los resultados fetales, se observó un Capurro de 38 semanas en promedio en ambos grupos ($p = 0.372$) con un mayor porcentaje de neonatos con Apgar < 8 al minuto en el grupo de hidralazina ($p = 0.067$), pero sin diferencias a la valoración a los 5 minutos ($p = 0.591$). Por último, en el grupo de hidralazina hubo un porcentaje mayor de neonatos que ameritaron hospitalización incluyendo la unidad de cuidados inten-

sivos neonatales con 40.4%, mientras que en el grupo de labetalol fue de 29.6% (0.237) (*Tabla 3*).

DISCUSIÓN

La muerte materna sigue siendo un problema de salud pública de relevancia en México, acorde con la información de la Dirección General de Epidemiología de la Secretaría de Salud Federal, para la semana epidemiológica 4 de 2024 la razón de mortalidad materna fue de 16.5 por cada 100 mil nacimientos estimados, siendo la enfermedad hipertensiva del embarazo la causa de defunción más frecuente, pues representó 15.3% de los casos.

En este contexto el control óptimo, gradual y monitorizado de la presión arterial es la piedra angular del tratamiento de la preeclampsia severa, aunado a la interrupción urgente del embarazo con la finalidad de evitar la aparición o progresión de las fallas orgánicas asociadas. Si bien a nivel internacional el uso de labetalol intravenoso es parte de los protocolos iniciales de tratamiento, en México su baja disponibilidad en los servicios de obstetricia limita el uso en la práctica clínica diaria, por lo que se cuenta con poca evidencia de la efectividad y desenlaces clínicos tanto de la paciente obstétrica con preeclampsia severa como del neonato.

En el presente estudio no se observó una superioridad del labetalol para el control final de las variables hemodinámicas dentro del periodo de tiempo analizado

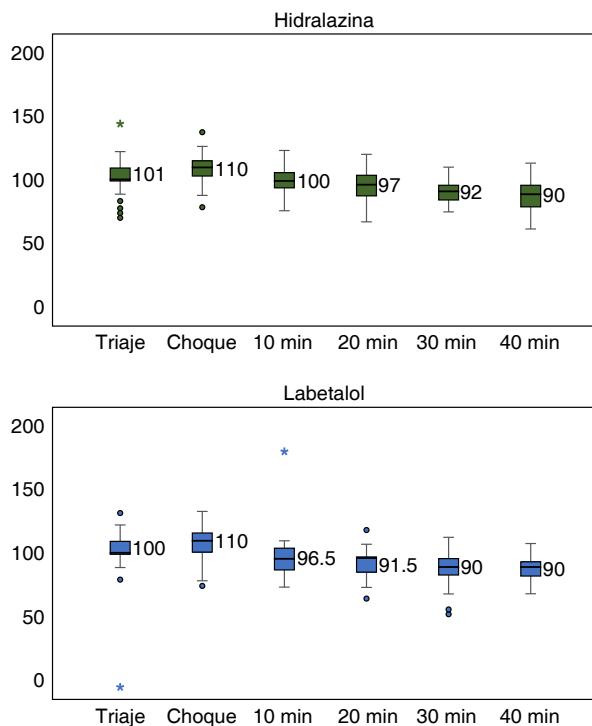


Figura 2: Presión arterial-diastólica.

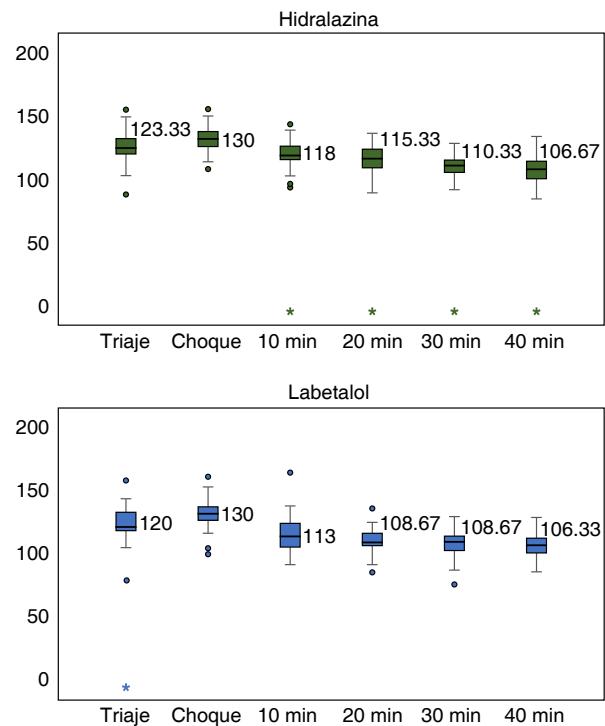


Figura 3: Presión arterial-media.

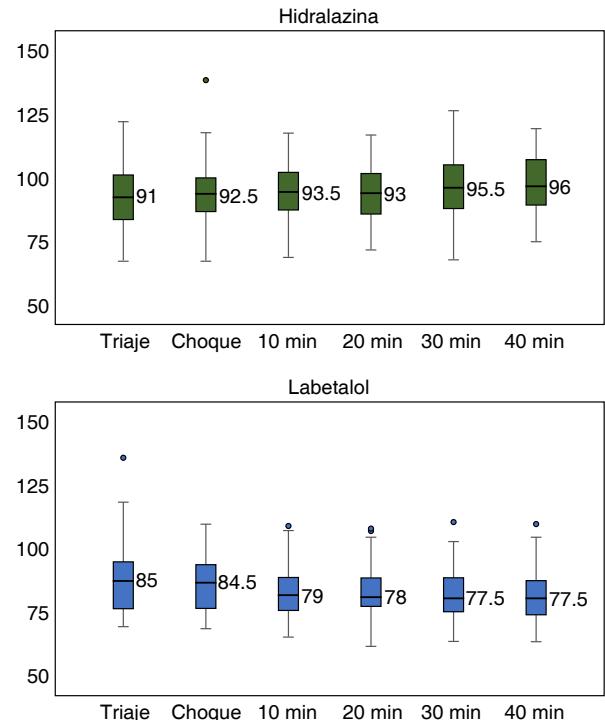


Figura 4: Frecuencia cardiaca.

(40 minutos), pese a que el control se obtuvo con menores dosis comparado con la hidralazina.

Donel y colaboradores realizaron un ensayo clínico en el que compararon nifedipino, labetalol e hidralazina en el control de la presión arterial en pacientes con pree-

clampsia severa; observaron que labetalol tenía efecto sobre la TAS, TAD y TAM, siendo el pico de mayor efecto normotensor a las 6 horas de tratamiento comparado con hidralazina; sin embargo, no hubo superioridad con respecto a nifedipino en cuanto al tiempo de control de la TA con una sola dosis, reportando que la desventaja de este último es la necesidad de dosis repetidas para mantener este efecto y evitar efectos de rebote, fenómeno no observado en el grupo de labetalol.¹⁵

Sin duda, uno de los efectos secundarios del uso de betabloqueadores es el impacto en la frecuencia cardíaca y con ello el posible efecto sobre los mecanismos compensatorios del gasto cardíaco, hecho que puede influir en la elección del tratamiento antihipertensivo; sin embargo, en este estudio no se observó un impacto clínico significativo en la frecuencia cardíaca, siendo el promedio final posterior a 40 minutos de 77 lpm, valor dentro de rango de normalidad y permisible para la perfusión sistémica.

Mowafy SMS y su equipo realizaron un estudio observacional en el que valoraron perfiles de perfusión y flujo cerebral, a través de Doppler transcraneal en pacientes con preeclampsia severa tratadas con labetalol contra sulfato de magnesio; ellos observaron un perfil de seguridad con el mantenimiento de la presión de perfusión cerebral hasta las 6 horas de tratamiento con labetalol, si bien reportan una reducción de 20 mmHg con respecto al inicio del betabloqueador, no observaron alteraciones en los índices de pulsatilidad ni en la velocidad media de arteria cerebral media; tras el análisis de efectos secundarios como crisis convulsivas, hipotensión, bradicardia, náusea o vómito no hubo diferencias significativas comparadas con aquellas pacientes que recibieron sulfato de magnesio, cabe mencionar que en el grupo de labetalol hubo una reducción del requerimiento de un segundo fármaco antihipertensivo siendo sólo 16% comparado con 76% en el grupo de sulfato de magnesio ($p \leq 0.001$).¹⁶

Tabla 3: Resultados neonatales (N = 111).

	Labetalol N = 54 n (%)	Hidralazina N = 57 n (%)	p
Capurro*	38 [36-39]	38 [36-39]	0.372
APGAR (1 minuto)			0.067
< 8	4 (7.4)	11 (19.3)	
> 8	50 (92.6)	46 (80.7)	
APGAR (5 minutos)			0.591
< 8	1 (1.9)	2 (3.5)	
> 8	53 (98.1)	55 (96.5)	
Destino			0.237
No hospitalizado	38 (70.4)	34 (59.6)	
Hospitalización	16 (29.6)	23 (40.4)	

APGAR = aspecto, pulso, irritabilidad (del inglés Grimace), actividad, respiración.

* Mediana [mín.-máx.]

Por último, observamos una menor incidencia de hospitalización de los neonatos del grupo de labetalol, probablemente secundario a un mejor estado clínico y, por ende, mayor puntaje de Apgar al nacimiento, resultados positivos en esta población se han reportado en metaanálisis como el de Bone JN y colaboradores, que reportaron que el uso de labetalol en el tratamiento de la preeclampsia severa tuvo un impacto en la reducción de la incidencia de muerte perinatal (OR 0.54 [IC95%, 0.30-0.98]), además de una reducción de riesgo de parto pretermino (OR 0.85 [IC95%, 0.51-1.38]), pero sin impacto en el ingreso a UCIN (OR 1.22 [IC95%, 0.83-1.80]), comparados contra el uso de calcio antagonistas.¹⁷

CONCLUSIONES

El uso de labetalol en el control de la presión arterial en pacientes con preeclampsia severa es igual de efectivo que con hidralazina a los 40 minutos para el control de la TAS, TAD, TAM y FC; sin embargo, hubo control de cifras tensionales más rápido y con menor número de dosis en el grupo de labetalol, además de una menor incidencia de complicaciones maternas; en cuanto al neonato, el uso de labetalol impacta en la reducción en la necesidad de hospitalización asociado a un mejor puntaje de Apgar al minuto en el grupo de labetalol.

AGRADECIMIENTOS

Al Hospital de la Mujer del Instituto Materno Infantil del Estado de México, por permitir la realización del presente estudio.

REFERENCIAS

1. Hutcheon JA, Lisonkova S, Joseph KS. Epidemiology of preeclampsia and the other hypertensive disorders of pregnancy. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol.* 2011;25(4):391-403.
2. Sinkey RG, Battarbee AN, Bello NA, Ives CW, Oparil S, Tita ATN. Prevention, diagnosis, and management of hypertensive disorders of pregnancy: a comparison of international guidelines. *Curr Hypertens Rep.* 2020;22(9):66.
3. Brown MA, Magee LA, Kenny LC, Karumanchi SA, McCarthy FP, Saito S, et al. Hypertensive disorders of pregnancy: isshp classification, diagnosis, and management recommendations for international practice. *Hypertension.* 2018;72(1):24-43.
4. Dimitriadis E, Rolnik DL, Zhou W, Estrada-Gutierrez G, Koga K, Francisco RPV, et al. Pre-eclampsia. *Nat Rev Dis Primers.* 2023;9(1):8.
5. Gestational Hypertension and Preeclampsia: ACOG Practice Bulletin, Number 222. *Obstet Gynecol.* 2020;135(6):e237-e260.
6. Awaludin A, Rahayu C, Daud NAA, Zakiyah N. Antihypertensive medications for severe hypertension in pregnancy: a systematic review and meta-analysis. *Healthcare (Basel).* 2022;10(2):325.
7. Deng NJ, Xian-Yu CY, Han RZ, Huang CY, Ma YT, Li HJ, et al. Pharmaceutical administration for severe hypertension during pregnancy: Network meta-analysis. *Front Pharmacol.* 2023;13:1092501.
8. Clark MA, Harvey RA, Finkel R, Rey JA, Whalen K. *Pharmacology Lippincott's illustrated reviews.* 5th ed. Lippincott, Williams & Wilkins, 2011.

9. Sridharan K, Sequeira RP. Drugs for treating severe hypertension in pregnancy: a network meta-analysis and trial sequential analysis of randomized clinical trials. *Br J Clin Pharmacol.* 2018;84(9):1906-1916.
10. Knowles HJ, Tian YM, Mole DR, Harris AL. Novel mechanism of action for hydralazine: induction of hypoxia-inducible factor-1alpha, vascular endothelial growth factor, and angiogenesis by inhibition of prolyl hydroxylases. *Circ Res.* 2004;95(2):162-169.
11. Saugel B, Fletcher N, Gan TJ, Grocott MPW, Myles PS, Sessler DI; PeriOperative Quality Initiative XI (POQI XI) Workgroup Members. PeriOperative Quality Initiative (POQI) international consensus statement on perioperative arterial pressure management. *Br J Anaesth.* 2024;133(2):264-276.
12. Miller J, McNaughton C, Joyce K, Binz S, Levy P. Hypertension management in emergency departments. *Am J Hypertens.* 2020;33(10):927-934.
13. Kulkarni S, Glover M, Kapil V, Abrams SML, Partridge S, McCormack T, et al. Management of hypertensive crisis: British and Irish Hypertension Society Position document. *J Hum Hypertens.* 2023;37(10):863-879.
14. McEvoy JW, McCarthy CP, Bruno RM, Brouwers S, Canavan MD, Ceconi C, et al. 2024 ESC Guidelines for the management of elevated blood pressure and hypertension. *Eur Heart J.* 2024;45(38):3912-4018.
15. S D, Novri DA, Hamidy Y, Savira M. Effectiveness of nifedipine, labetalol, and hydralazine as emergency antihypertension in severe preeclampsia: a randomized control trial. *F1000Res.* 2023;11:1287.
16. Mowafy SMS, Medhat MM. Evaluation of intravenous infusion of labetalol versus magnesium sulfate on cerebral hemodynamics of preeclampsia patients with severe features using transcranial doppler. *J Clin Monit Comput.* 2023;37(4):951-961.
17. Bone JN, Sandhu A, Abalos ED, Khalil A, Singer J, Prasad S, et al. Oral antihypertensives for nonsevere pregnancy hypertension: systematic review, network meta- and trial sequential analyses. *Hypertension.* 2022;79(3):614-628.

*Correspondencia:***Dra. Laura Soraya Gaona Valle****E-mail:** gaonav_81@yahoo.com.mx



Coccidioidomycosis en paciente inmunosuprimido por trasplante renal. A propósito de un caso

Coccidioidomycosis in a renal transplant immunosuppressed patient. A case report

Coccidioidomycose em paciente imunossuprimido por transplante renal. Em relação a um caso

Nuvia R Chávez-Sánchez,* Ana K Carballo,* Michel I Ruiz-León*

RESUMEN

La coccidioidomicosis es una infección sistémica producida por hongos dismórficos, *Coccidioides immitis* o *Coccidioides posadasii*, conocida también como reumatismo del desierto o fiebre del valle, asociada a climas áridos y semiáridos. Se presenta el caso clínico de paciente masculino de 44 años de edad con trasplante renal de 11 años de evolución en tratamiento inmunosupresor con presentación atípica de sepsis y desarrollo de síndrome de dificultad respiratoria aguda secundaria a neumonía lobar por *Coccidioides immitis*. Los hallazgos tomográficos más comunes en esta patología incluyen nódulos, consolidaciones, derrame pleural, cavitaciones, etcétera, las cuales se presentaron en este paciente.

Palabras clave: neumonía, coccidioidomicosis, inmunosupresión, trasplante renal, anticuerpos.

ABSTRACT

Coccidioidomycosis is a systemic infection caused by dysmorphic fungi, Coccidioides immitis or Coccidioides posadasii, also known as desert rheumatism or valley fever, associated with arid and semi-arid climates. We present the clinical case of a 44-year-old male patient with renal transplant of 11 years of evolution under immunosuppressive treatment with atypical presentation of sepsis and development of acute respiratory distress syndrome secondary to lobar pneumonia due to Coccidioides immitis. The most common tomographic findings in this pathology include nodules, consolidations, pleural effusion, cavitations, etc., which were present in this patient.

Keywords: pneumonia, coccidioidomycosis, immunosuppression, kidney transplantation, antibodies.

RESUMO

Coccidioidomycose, uma infecção sistêmica causada por fungos dismórficos, Coccidioides immitis ou Coccidioides posadasii, também conhecida como reumatismo do deserto ou febre do vale, associada a climas áridos e semiáridos. Apresentamos o caso clínico de um paciente do sexo masculino, de 44 anos de idade, após transplante renal com 11 anos de evolução, sob tratamento imunossupressor, com apresentação atípica de sepsis e desenvolvimento de síndrome de dificuldade respiratória aguda secundária a pneumonia lobar por Coccidioides immitis. Os achados tomográficos mais comuns nesta patologia incluem nódulos, consolidações, derrame pleural, cavitacões, etc., apresentados neste paciente.

Palavras-chave: pneumonia, coccidioidomycose, imunossupressão, transplante renal, anticorpos.

INTRODUCCIÓN

Coccidioides consta de las especies *C. immitis* y *C. posadasii*. *C. immitis* es endémica dentro del valle central, el sur de California, Baja California, México, siendo su manifestación variable entre los pacientes. Coccidioido-

misis es otro desafío diagnóstico. El método ELISA serológico basado en la detección de IgM e IgG muestra alta especificidad (98.5%) y sensibilidad (95.5%) y se usa comúnmente para el diagnóstico. Algunos estudios han discutido las dificultades en la detección de anticuerpos durante los primeros momentos de la infección, así como en pacientes inmunodeprimidos.^{1,2}

En pacientes con trasplante renal se entiende como supervivencia al tiempo transcurrido desde la fecha del trasplante renal hasta el momento del fallecimiento del receptor, siempre que este suceda hasta el momento del fallecimiento o en los 120 días posteriores al inicio de diálisis. La supervivencia del paciente y del órgano transplantado está determinado por una serie de variables, entre las más estudiadas se encuentran: tiempo de isquemia, edad del donante y receptor, estudio de histocompatibilidad, sexo, tratamiento inmunosupresor, peso, talla, índice de masa corporal, proceso infeccioso, entre otras.^{3,4}

PRESENTACIÓN DEL CASO

Se trata de paciente masculino de 43 años de edad, residente de Mexicali, Baja California. Antecedentes de diabetes mellitus tipo 1, hipertensión arterial sistémica, infarto agudo de miocardio, evento cerebrovascular, COVID-19 en 2020, trasplante renal derecho en 2011 en tratamiento con tacrolimus. Enviado de clínica periférica con descontrol metabólico, glicemia capilar de 400 mg/dL y tensión arterial media de 135 mmHg, permanente en observación para control donde presenta súbitamente deterioro neurológico y crisis convulsiva, por lo que se decide intubación orotraqueal. Durante su estancia presenta pico febril de 39.4 °C, de modo que se decide su ingreso a la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI): paciente con evolución tórpida, presenta lesión renal aguda AKIN III (por lo que requiere terapia de reemplazo renal con hemodiálisis), choque séptico, síndrome de dificultad respiratoria aguda severo (PAFI 55) y ventilación en pronación.

Abordaje

Durante su estancia en la UCI se inicia protocolo de estudio ante deterioro neurológico súbito y fiebre, se rea-

* Hospital General de Zona No. 30 del Instituto Mexicano del Seguro Social. Mexicali, Baja California, México.

Recibido: 22/04/2023. Aceptado: 18/02/2025.

Citar como: Chávez-Sánchez NR, Carballo AK, Ruiz-León MI. Coccidioidomycosis en paciente inmunosuprimido por trasplante renal. A propósito de un caso. Med Crit. 2024;38(8):694-697. <https://dx.doi.org/10.35366/120019>

www.medigraphic.com/medicinacritica

liza punción lumbar con líquido cefalorraquídeo normal, tomografía de cráneo simple a su ingreso y a las 72 horas en las cuales se descarta evento cerebrovascular. PAR y PCR COVID negativos, cultivo de secreción bronquial, urocultivo, hemocultivo central y periférico negativos. La tomografía de tórax (*Figura 1*) muestra neumonía lobar bilateral, por lo que se inicia manejo antimicrobiano para patógenos atípicos ante paciente inmunosuprimido. Panel de neumonía por método RT-PCR FilmArray de secreción bronquial negativo, así como PCR GeneXpert para *Mycobacterium tuberculosis* negativo. Anticuerpos anti-*Coccidioides immitis* IgG e IgM positivos, concordante con cuadro clínico.

Se administra voriconazol, mejorando parámetros ventilatorios y respuesta hemodinámica. Se solicita Doppler de injerto renal con índice de resistencia de 0.9, con recuperación de función renal en su totalidad posterior a cuatro sesiones de hemodiálisis, logrando progresión ventilatoria mediante traqueostomía por intubación prolongada.



Figura 1: Tomografía axial de tórax con neumonía bilateral.

Se egresa de UCI sin apoyo ventilatorio ni datos de respuesta inflamatoria.

Diagnósticos diferenciales

Ante el diagnóstico de síndrome de dificultad respiratoria aguda en paciente inmunosuprimido se deben considerar otros agentes causales como *Mycobacterium tuberculosis*, influenza, neumonía bronquial atípica; sin embargo, se debe enfocar en los antecedentes del paciente, así como en la región endémica. La alta sospecha por parte del personal médico es lo que determina la conducta de estudio de estos pacientes.

Tratamiento

En el tratamiento antimicrobiano empírico inicial, en este paciente se utilizó fluconazol, pese a éste, cursó con deterioro clínico, por lo que se cambió a voriconazol con el cual tuvo mejoría significativa clínica y sintomática, ésta fue reflejada en la condición y estabilidad hemodinámica de nuestro paciente.

En la presentación de este caso clínico uno de los factores extenuantes y que volvían tórrida de forma inicial la evolución clínica fue la presencia de lesión renal aguda desarrollada durante su hospitalización, además del trasplante renal 11 años atrás y el uso de inmunosupresor como mantenimiento antirrechazo, por lo que durante su estancia hospitalaria se realizaron sesiones de hemodiálisis, evitando así el fracaso renal.

Desenlace y seguimiento

Dentro de su abordaje y manejo antimicrobiano empírico no se presentó desarrollo de patógenos típicos, por lo que se tuvo que extender a estudios específicos para patógenos atípicos endémicos de la región, resultando

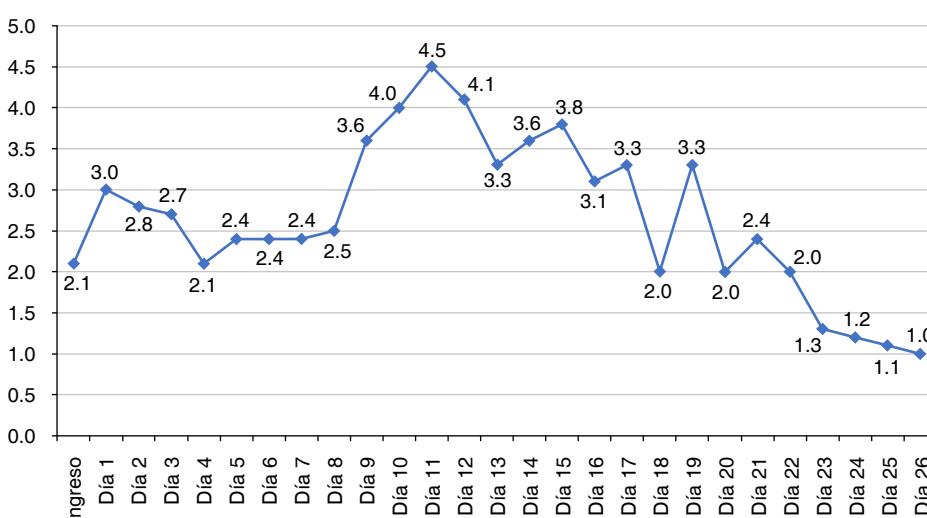


Figura 2:

Progresión de creatinina sérica en la Unidad de Cuidados Intensivos.

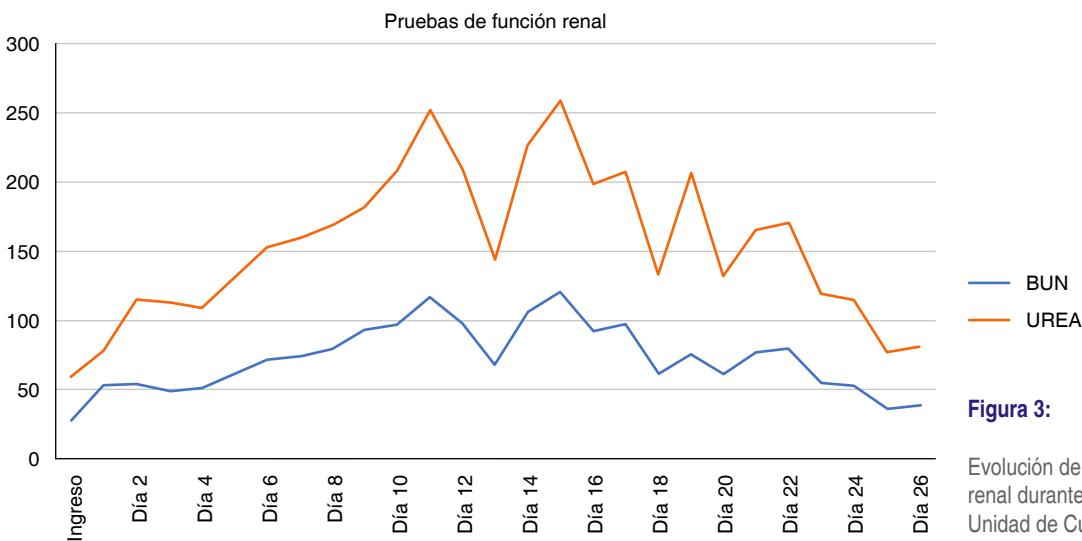


Figura 3:

Evolución de pruebas de función renal durante la estancia en la Unidad de Cuidados Intensivos.

negativo para tuberculosis y anticuerpos positivos para coccidioidomicosis concordante a la respuesta clínica al inicio de voriconazol.

Se realizó ultrasonido renal, el cual reportó un índice de resistencia de 0.9, ante éste y la necesidad de terapia de reemplazo renal, así como el tiempo de evolución del injerto, se sospechó el rechazo del mismo, llamando la atención la evolución hacia la recuperación (*Figura 2*) de la función renal posterior al control del estado séptico sin modificación significativa del índice de resistencia posterior a la resolución de lesión renal aguda (*Figura 3*). Se mantuvo en manejo con esteroide, sin nuevo requerimiento dialítico.

DISCUSIÓN

La coccidioidomicosis es una infección que se presenta en zonas endémicas como la zona norte de Baja California. Los factores de riesgo son pacientes VIH positivos, administración de corticosteroides en altas dosis o prolongados, receptores de trasplantes de órganos sólidos, diabetes mellitus, insuficiencia renal, sexo (predominando en varones mayores a 40 años). La forma infectante de *Coccidioides spp.* es el artroconidio que forma parte de la fase micelial y que, al desplazarse por el aire, es inhalado por el hospedero. No se considera una infección de notificación obligatoria y puede coexistir con tuberculosis en regiones endémicas para ambos, lo que conlleva un alto grado de dificultad diagnóstica.⁴

Para su diagnóstico las pruebas serológicas de detección de anticuerpos IgM o IgG son las que se usan con más frecuencia para hacer el diagnóstico de coccidioidomicosis. Otros métodos incluyen cultivos e histológicos.⁵

El voriconazol se introdujo en el año 2002, y se observó que este fármaco responde a personas con fra-

caso a fluconazol. La dosis aprobada por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) es de 200 mg vía oral cada 12 horas, la cual no resultó ser óptima; por lo tanto, se recomiendan habitualmente 4 mg/kg cada 12 horas. Los azoles más recientes también utilizados ante resistencia a fluconazol son posaconazol e isavuconazonio.^{6,7}

CONCLUSIONES

Cuando los receptores de trasplantes se someten a una evaluación para enfermedad febril, los cultivos bacterianos y fúngicos de sangre, orina y otras muestras se realizan de forma rutinaria.

El control de la coccidioidomicosis en cualquier huésped depende de la inmunidad mediada por células y los receptores de trasplantes cuyos medicamentos anti-rechazo deterioran dicha inmunidad poniéndolos en riesgo de coccidioidomicosis grave y diseminada.

El diagnóstico de lesión renal aguda en el trasplante renal resulta un desafío, dada la variabilidad frecuente de creatinina sérica, vinculada a la titulación de fármacos inmunosupresores y el estado de volemia, asociándose a una peor supervivencia del injerto. La incidencia de rechazo agudo es mayor en los primeros seis meses, mientras que el rechazo crónico aumenta después de un año.⁸

Perspectivas del paciente

Durante la hospitalización de este paciente no existieron limitaciones para su correcto diagnóstico, abordaje y complementación recibiendo el apoyo total por parte de familiares ante cualquier decisión médica mediante consentimiento informado, siendo egresado con tratamiento ambulatorio.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al personal de la Unidad de Cuidados Intensivos por su colaboración durante la atención de este paciente y su facilidad para llevar a cabo nuestro reporte de caso.

REFERENCIAS

1. Kollath DR, Miller KJ, Barker BM. The mysterious desert dwellers: *Coccidioides immitis* and *Coccidioides posadasii*, causative fungal agents of coccidioidomycosis. *Virulence*. 2019;10(1):222-233.
2. Pettingill MA. Clinical microbiology in 2021: my favorite studies about everything except my least favorite virus. *Clin Microbiol News*. 2022;44(8):73-80. doi: 10.1016/j.clinicnews.2022.04.003.
3. Ortiz-Gómez L, Rosado-Alcocer L, Ceballos-Solís G, Salcedo-Parra M, Pool-Cordero M. Enfermedad renal crónica y factores de supervivencia en pacientes con trasplante renal: revisión de la literatura. *Salud y Bienestar Soc*. 2021;5(1):41-48.
4. Silva-Hernández AG, Barbachano-Rodríguez E, Alanís-Miranda PA, González-Martínez M del R. Coexistencia de tuberculosis y coccidioidomycosis en dos pacientes sin síndrome de inmunodeficiencia adquirida. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*. 2010;48(4):448-452.
5. Smith, D. J., Williams, S. L., Endemic Mycoses State Partners Group, Benedict, K. M., Jackson, B. R., & Toda, M. (2022). Surveillance for coccidioidomycosis, histoplasmosis, and blastomycosis - United States, 2019. *MMWR Surveillance Summaries*, 71(7), 1–14. <https://doi.org/10.15585/mmwr.ss7107a1>
6. Johnson RH, Sharma R, Kuran R, Fong I, Heidari A. Coccidioidomycosis: a review. *J Investig Med*. 2021;69(2):316-323.
7. Boughton C, Taylor D, Ghataore L, Taylor N, Whitelaw BC. Mineralocorticoid hypertension and hypokalaemia induced by posaconazole. *Endocrinol Diabetes Metab Case Rep*. 2018;2018:17-157.
8. Phonphok K, Beaird O, Duong T, Datta N, Schaenman J, Bunnapradist S. Screening *Coccidioides* serology in kidney transplant recipients: a 10-year cross-sectional analysis. *Transpl Infect Dis*. 2018;20(5):e12932.

Financiamiento: los autores declaramos no haber recibido financiación para la realización de esta investigación.

Conflictos de intereses: los autores declaramos no tener conflicto de intereses para la publicación y divulgación de este artículo.

Correspondencia:

Ana K. Carballo

E-mail: Akarencarballo@hotmail.com



Implicaciones cardiopulmonares de la ventilación mecánica invasiva en cardiopatía congénita. Reporte de caso y revisión de la bibliografía

Cardiopulmonary implications of invasive mechanical ventilation in congenital cardiopathy. Case report and review of the literature

Implicações cardiopulmonares da ventilação mecânica invasiva em doença cardíaca congênita. Relato de caso e revisão da literatura

Beatriz Cruz Muñoz,* Yaisel Piñeiro Pérez,* Edgar Xavier Martínez Guerrero*

RESUMEN

Introducción: la ventilación con presión positiva se utiliza en múltiples patologías cardíacas como medida de soporte vital para lograr un adecuado intercambio de gases y mejorar la perfusión tisular. El operador debe conocer las interacciones fisiopatológicas que porta el enfermo grave para tener la capacidad de discernir si es oportuno el uso de ventilación mecánica o si su empleo pudiera resultar deletéreo. Una programación de parámetros no acorde con las necesidades del paciente pudiera ocasionar daño pulmonar y deterioro hemodinámico. Es por ello que no entender las interacciones cardiopulmonares en la ventilación mecánica va a cambiar el pronóstico de todo paciente hacia peor. En la cardiopatía congénita que presenta comunicación de la circulación pulmonar y sistémica, este manejo puede aumentar las resistencias vasculares pulmonares, con aparición o empeoramiento de un shunt intracardíaco que puede ocasionar consecuencias importantes.

Caso clínico: paciente portadora de cardiopatía congénita que tras el manejo ventilatorio empeoró hemodinámicamente hasta estado de choque refractario con desaturación persistente, mejorando al bajar las presiones de la vía aérea y extubación temprana. Se mencionan reportes de casos que cursaron con la misma evolución.

Conclusión: entender las interacciones cardiopulmonares mejora el pronóstico de los pacientes bajo ventilación mecánica.

Palabras clave: ventilación con presión positiva, interacciones cardiopulmonares, cardiopatía congénita, shunt intracardíaco, insuficiencia respiratoria.

ABSTRACT

Introduction: positive pressure ventilation is used in multiple cardiac pathologies as a life support measure to achieve adequate gas exchange and improve tissue perfusion. The operator must be aware of the pathophysiological interactions of the critically ill patient in order to be able to discern when the use of mechanical ventilation is appropriate, or its use could be deleterious. A programming of parameters not in accordance with the patient's needs could cause pulmonary damage and hemodynamic deterioration. Not understanding cardiopulmonary interactions in mechanical ventilation will change the prognosis of any patient for the worse. In congenital heart disease with communication between pulmonary and systemic circulation, this management can increase pulmonary vascular resistance, with the appearance or worsening of an intracardiac shunt that can have important consequence.

Case report: patient with congenital heart disease who after ventilatory management worsened hemodynamically to a state of refractory shock with persistent desaturation, improving with lower airway pressures and early extubation. Reports of cases with the same evolution are mentioned.

Conclusion: understanding cardiopulmonary interactions improves the prognosis of patients on mechanical ventilation.

Keywords: positive pressure ventilation, cardiopulmonary interactions, congenital heart disease, intracardiac shunt, respiratory failure.

RESUMO

Introdução: a ventilação com pressão positiva é usada em várias patologias cardíacas como uma medida de suporte à vida para obter trocas gasosas adequadas e melhorar a perfusão dos tecidos. O operador deve estar ciente das interações fisiopatológicas que possui o paciente em estado grave para poder determinar se o uso da ventilação mecânica é apropriado ou se seu uso pode ser prejudicial. Uma programação de parâmetros que não esteja de acordo com as necessidades do paciente podem causar danos aos pulmões e deterioração hemodinâmica. É por isso que não entender as interações cardiopulmonares na ventilação mecânica mudará para pior o prognóstico de qualquer paciente. Nas cardiopatias congênitas que envolvem a comunicação entre a circulação pulmonar e sistêmica, esse manejo pode aumentar as resistências vasculares pulmonares, com o desenvolvimento ou agravamento de um shunt intracardíaco que pode causar consequências significativas.

Caso clínico: paciente portador de cardiopatia congênita que, após manejo ventilatório, apresentou piora hemodinâmica a ponto de choque refratário com desaturação persistente, melhorando com redução da pressão das vias aéreas e extubação precoce.

São mencionados relatos de casos de pacientes com a mesma evolução.

Conclusão: a compreensão das interações cardiopulmonares melhora o prognóstico dos pacientes submetidos à ventilação mecânica.

Palavras-chave: ventilação com pressão positiva, interações cardiopulmonares, cardiopatia congênita, shunt intracardíaco, insuficiência respiratória.

Abreviaturas:

CC = cardiopatías congénitas

FEVI = fracción de eyeccción del ventrículo izquierdo

GC = gasto cardiaco

RVP = resistencias vasculares pulmonares

VD = ventrículo derecho

VPP = ventilación con presión positiva

INTRODUCCIÓN

La ventilación con presión positiva (VPP) se utiliza en múltiples situaciones clínicas, siendo una de sus principales aplicaciones el soporte en patología cardíaca como puente a la recuperación mientras se ofrecen otros tratamientos o en la espera de un trasplante cardíaco. Se ha demostrado que, en entidades como insuficiencia cardíaca, choque cardiogénico y estado posquirúrgico de cirugía cardíaca, su aplicación aumenta la supervivencia al disminuir la demanda de oxígeno y optimizar el gasto cardiaco (GC) mejorando la perfusión tisular.¹ Pese a lo anterior, no todos los pacientes con alguna condición cardíaca se benefician y por el contrario empeoran por las interacciones cardiopulmonares que se llevan a cabo en cada ciclo respiratorio; en este grupo se incluyen pacientes con cardiopatías

* Unidad de Alta Especialidad Materno Infantil Hospital Civil de Guadalajara Dr. Juan I. Menchaca. Guadalajara, Jalisco, México.

Recibido: 31/03/2024. Aceptado: 24/04/2025.

Citar como: Cruz MB, Piñeiro PY, Martínez GEX. Implicaciones cardiopulmonares de la ventilación mecánica invasiva en cardiopatía congénita. Reporte de caso y revisión de la bibliografía. Med Crit. 2024;38(8):698-703. <https://dx.doi.org/10.35366/120020>

www.medigraphic.com/medicinacritica

congénitas (CC) que involucren una comunicación pulmonar-sistémica (defectos septales atriales, ventriculares, canal auriculoventricular y persistencia del conducto arterioso), hipertensión pulmonar y/o disfunción del ventrículo derecho (VD).

En la actualidad se estima que en Estados Unidos 2 millones de adultos viven con una CC y este número aumenta aproximadamente 5% cada año.² En nuestro país no existen cifras oficiales, pero se estiman de 18 a 20 mil nuevos casos al año, siendo la más prevalente la comunicación interauricular (CIA).³ Al aumentar la tasa de personas viviendo con una CC, también aumenta la necesidad de cuidados y consideraciones médicas especiales incluyendo el manejo ventilatorio.

Según reportes de casos y teniendo en consideración las interacciones cardiopulmonares que se llevan a cabo durante la VPP, los pacientes portadores de una CC con comunicación pulmonar-sistémica presentan empeoramiento de la saturación de oxígeno, inestabilidad hemodinámica e hipoperfusión independientemente de la patología de base, esto debido principalmente al aumento de las resistencias vasculares pulmonares (RVP) y la aparición o empeoramiento del cortocircuito derecho-izquierdo.⁴⁻⁷

A continuación, se explica el caso de una paciente que ingresa a la unidad de cuidados intensivos obstétricos sin el conocimiento por parte del personal médico del antecedente de CC, y cómo el entender las interacciones cardiopulmonares en el manejo ventilatorio de este tipo de pacientes pueden cambiar el pronóstico.

PRESENTACIÓN DEL CASO

Mujer de 30 años, quien cursaba con embarazo de 37.6 semanas de gestación, durante su embarazo niega síntomas de relevancia, solo disnea de grandes esfuerzos. Niega antecedentes de importancia como enfermedades crónicas y genéticas. Ingresa a hospital externo en donde diagnostican eclampsia con desaturación de hasta 47% en periodo postictal, por lo que aseguran vía aérea mediante intubación endotraqueal, pasan a cesárea de urgencia sin complicaciones, pero con requerimientos altos de FiO_2 de hasta 80%, por lo que es regulada a nuestra institución.

Se recibe en nuestra unidad con presión arterial 102/64 mmHg, frecuencia cardiaca 82 latidos por minuto, saturando 92% con ventilación continua mandatoria controlada por volumen (VMC-CVs) programada con un volumen tidal (VT) de 360 ml, PEEP 6 cmH₂O, FiO_2 60%, frecuencia respiratoria (FR) de 16. A la exploración física los únicos hallazgos patológicos fueron disminución del murmullo vesicular en base izquierda, con matidez a la auscultación, así como soplo sistólico en foco mitral. Por dichos hallazgos se realiza rastreo pulmonar ultrasonográfico, encontrando sólo atelectasia

de lóbulo inferior izquierdo. Se realiza radiografía de tórax en donde se confirma atelectasia en dicha anatomía y además se evidencia adecuada colocación de tubo endotraqueal. Por la presencia de atelectasia se decide incrementar la PEEP hasta 10 cmH₂O y posterior a 16 cmH₂O por nula respuesta; sin embargo, con empeoramiento del cuadro manifestado por mayor requerimiento de FiO_2 (100%) por desaturación de 70%, inestabilidad hemodinámica con requerimiento de vasopresor por tensión arterial de 70/40 mmHg, y bradicardia de 35 lpm que mejora con la administración de dosis única de atropina. Se sospecha de tromboembolia pulmonar (TEP), por lo que se realiza rastreo ecocardiográfico en búsqueda de hallazgos sugestivos ante una paciente hemodinámicamente inestable. Se encuentra en primer rastreo ultrasonográfico cardíaco patrón hemodinámico hiperdinámico caracterizado por signo del beso papilar del ventrículo izquierdo (VI), pero probable defecto del septum (*Figura 1*), a nivel pulmonar derrame pleural bilateral no evidenciado en radiografía de tórax.

Por el soplo en la exploración física y el probable defecto septal, se sospecha de *shunt* cardiaco, por lo que se baja PEEP a 10 cmH₂O evidenciando mejoría de la saturación logrando disminuir FiO_2 a 70%, y bajar dosis de vasopresor. Se corrobora *shunt* cardiaco tras realizar prueba de burbujas, al evidenciar un gran paso de éstas a cavidades izquierdas (*Figura 2*), por lo que se procede a realizar mediciones más avanzadas; fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) 86%, relación ventrículo derecho (VD) - VI de 0.57, sin datos de insuficiencia del VD, hipertensión pulmonar leve por presión media de la arteria pulmonar de 24.7 mmHg por método de Chemla, presión de la aurícula derecha de 20 mmHg, GC de 6.3 L/min, índice cardiaco (IC) de 3.5



Figura 1: Ecocardiograma transtorácico en donde se evidencia la presencia de probable defecto septal.



Figura 2: Prueba de burbujas con PEEP de 10 cmH₂O. La prueba de burbujas o también conocida como prueba de solución salina agitada, se realiza mediante ecocardiografía con contraste de solución salina agitada para detectar cortocircuitos cardíacos. Implica la inyección de una mezcla de solución salina (8-10 mL) y aire (0.5 mL), a veces con una pequeña cantidad de sangre, a través de un acceso venoso ya sea central o periférico. En esta imagen vemos un paso importante de burbujas de cavidades derechas a izquierdas tanto a nivel ventricular como auricular, lo que confirma la presencia de *shunt* dinámico a este nivel de PEEP. Video al escanear el código QR.

L/min/m², resistencias vasculares pulmonares (RVP) elevadas de 2.7 unidades Wood mediante ultrasonido y fórmula descrita por Abbas.⁸ Por lo anterior, se presume que el deterioro hemodinámico y respiratorio de la paciente era debido a la VPP, y el consecuente aumento o aparición de *shunt* intracardíaco.

Se decide bajar PEEP a 5 cmH₂O con disminución del requerimiento de FiO₂ a 50% y se inicia prueba de ventilación espontánea con presión soporte de 5 cmH₂O, ya que se hipotetiza que el extubaría beneficiaría el intercambio de gases y el estado hemodinámico. Se realiza nuevo rastreo ecocardiográfico, con disminución importante del *shunt* demostrado por un menor paso de burbujas a través del defecto cardíaco (*Figura 3*), normalización de la presión media pulmonar y de las resistencias vasculares pulmonares. Además, mejora la SaO₂ a 94%, y se suspende el apoyo vasopresor. Se decide extubar a la paciente, colocar cánulas nasales de alto flujo, se agrega al manejo fisioterapia para mejoría de atelectasias previniendo la vasoconstricción hipóxica y diurético para mejoría de las presiones del VI.

Paciente con adecuada evolución durante la hospitalización, se descartó TEP por angiotomografía, se le realiza ecocardiograma por parte de cardiología encontrando FEVI normal, y hallazgos compatibles con canal aurículo ventricular (CAV). Solicitan cardiorresonancia donde se evidencia FEVI de 68%, FEVD 63%, con dilatación leve de ambos ventrículos, CAV intermedio con hendidura e insuficiencia mitral severa, QP/QS: 1.5:1 por lo que se cataloga con *shunt* intracardíaco. La paciente es sometida a cirugía de corrección de defecto y actualmente continúa con rehabilitación cardiaca.

DISCUSIÓN

Las interacciones cardiopulmonares durante la VPP pueden ser benéficas como soporte en múltiples patologías; sin embargo, a la fecha no existe información suficiente sobre los efectos y el manejo en pacientes que cursan con CC con conexión de la circulación pulmonar-sistémica.

La mayoría de la información actual se centra en la población pediátrica, y recomienda una estrategia basada en presiones de la vía aérea bajas, minimizando la presión pulmonar para que el flujo sea eficaz, como alternativas se mencionan la ventilación con presión negativa y la ventilación oscilatoria de alta frecuencia (VAFO). A pesar de la recomendación de mantener presiones positivas bajas, se deben prevenir a su vez las atelectasias para evitar la vasoconstricción hipóxica. Por lo anterior, se recomienda la extubación temprana, ya que esto mejora los resultados en esta población.⁹ Algunas otras estrategias estudiadas son el aumento de la FiO₂; sin embargo, el efecto vasodilatador de esta estrategia es nulo en los adultos.¹⁰

Las interacciones cardiopulmonares están dadas por cambios en la presión media de la vía aérea durante la VPP que se transmiten al pulmón y corazón, pudiendo alterar el desempeño cardiovascular. De todos los componentes que influyen en la presión media de la vía aérea, el más estudiado es la PEEP.^{1,10-12}

La fuerza responsable de la conducción del retorno venoso periférico a la circulación central es el gradiente de presión que existe entre el sistema venoso (vena cava superior e inferior) y la aurícula derecha (AD).

Las interacciones cardiopulmonares en respiración espontánea están dadas por la presión negativa pleural, que se hace más negativa con cada inspiración, lo que se traduce a la AD haciendo que su presión disminuya respecto a la sistémica creando un gradiente de presión

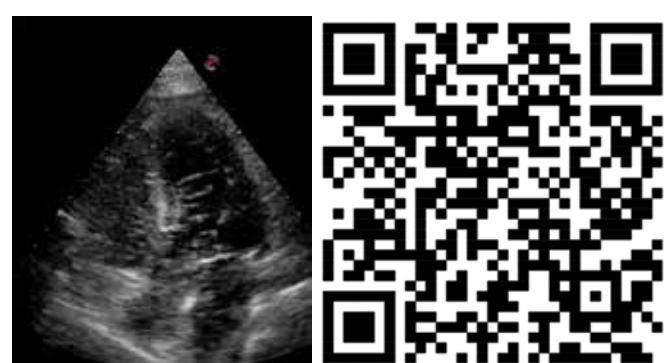


Figura 3: Prueba de burbujas con PEEP de 5 cmH₂O. Se evidencia una mejoría significativa del paso de burbujas de las cavidades derechas a izquierdas, por lo que se confirma de manera objetiva una disminución del *shunt* dinámico. Video al escanear el código QR.

Tabla 1: Resumen de las interacciones cardiopulmonares en diferentes escenarios.

Parámetro	Respiración espontánea	VPP	VPP+ Cardiopatía congénita con comunicación derecha izquierda	VPP + Hipertensión pulmonar o falla del VD	VPP + disfunción sistólica aislada del VI
Precarga del VD	Incrementa por presión inspiratoria negativa	Disminuye por aumento de la presión intratorácica en la inspiración	Disminuye por aumento de la presión intratorácica en la inspiración	Disminuye por aumento de la presión intratorácica en la inspiración	Disminuye por aumento de la presión intratorácica en la inspiración
Postcarga del VD	Pequeños incrementos por aumento de la presión transpulmonar y compresión de pequeños vasos intraalveolares por la expansión alveolar	Incremento por aumento de la presión transpulmonar en inspiración	Incrementa, lo que puede ocasionar aparición de un shunt dinámico	Incrementa, lo que puede ocasionar empeoramiento de la presión pulmonar y <i>cor pulmonale</i> agudo	Incremento por aumento de la presión transpulmonar en inspiración
Precarga del VI	Disminuye comparado con la espiración, pero es algo mínimamente perceptible	Disminuye el llenado y el volumen sistólico	Aumenta por incremento del flujo a cavidades izquierdas en inspiración, esto puede llevar a disfunción diastólica, inestabilidad y desaturación por paso de sangre desaturada a la circulación sistémica	Disminuye	Disminuye, lo que puede mejorar las presiones de llenado del ventrículo izquierdo y la regurgitación mitral
Postcarga del VI	Incremento leve por presión intratorácica inspiratoria negativa	Disminuye por aumento de la presión intratorácica y efecto barorreceptor aórtico	Disminuye por aumento de la presión intratorácica	Disminuye por aumento de la presión intratorácica	Disminuye, lo que ocasiona disminución del trabajo miocárdico, puede mejorar el volumen sistólico

que sumado a la contracción diafragmática aumenta el retorno venoso. Las resistencias vasculares sistémicas y pulmonares se mantienen dentro de rangos fisiológicos y no existen cambios en el gasto cardíaco.

Estas interacciones cambian de manera significativa al aplicar VPP, empezando por la presión pleural que es positiva durante todo el ciclo respiratorio, principalmente en inspiración, consecuentemente también la presión auricular, disminuyendo el gradiente de presión de la circulación sistémica, el retorno venoso y la precarga del VD. Se ha evidenciado que por cada aumento de 1 mmHg de presión en la AD, existe una disminución del retorno venoso de hasta 14%.¹³ La postcarga de las cavidades derechas aumenta por colapso del VD y los vasos pulmonares, lo que lleva a un aumento de las RVP. En el contexto en donde la VPP ayude a disminuir el colapso alveolar (volúmenes corrientes bajos, atelectasias) se disminuirá el efecto de vasoconstricción hipóxica que mantendrá o disminuirá las RVP, con una adecuada compensación.¹⁴ Sin embargo, en situaciones de sobredistensión alveolar, los capilares pulmonares se colapsan aumentando las RVP no sólo por efecto directo, sino también al aumentar el espacio muerto alveolar elevando el CO₂, lo que puede ocasionar fallo del VD y estado de choque,¹⁵ siendo perjudicial en pacientes con disfunción del VD o hipertensión pulmonar. El aumen-

to de las RVP en CC con conexión pulmonar-sistémica puede empeorar o crear un *shunt* cardiaco dinámico, incrementando la cantidad de sangre no oxigenada que pasa a la circulación sistémica, disminuyendo la saturación y la entrega de O₂ a los tejidos con aparición de acidemia, inestabilidad hemodinámica y disminución de perfusión en tejidos distales, que puede culminar en falla orgánica múltiple. La precarga del VI es más baja por efecto de disminución de la precarga del VD, ya que la interdependencia ventricular dicta que el VI sólo puede eyectar la sangre que recibe del VD,¹⁶ además el cambio de posición del septum disminuye la distensibilidad del VI, lo que empeora este círculo vicioso. En pacientes con CC la aparición de un *shunt* cardiaco puede mantener e incluso aumentar la precarga del VI, lo que puede llegar a ocasionar disfunción diastólica y edema pulmonar.¹⁷ Mientras que la postcarga del VI disminuye ya que con la VPP al colapsar la aorta y elevar la presión de esta, hace que se active el efecto barorreceptor, con una potencial vasodilatación periférica compensadora.^{18,19} En disfunción sistólica del VI, esto es benéfico al disminuir la tensión de la pared ventricular, el consumo de O₂, mejorando el GC y la entrega de O₂ a los tejidos.²⁰ En los pacientes con CC, esta vasodilatación puede empeorar el estado hemodinámico. Los efectos de la VPP en diferentes escenarios se resumen en la *Tabla 1*.

Existen algunos casos similares reportados en la literatura, en donde la VPP empeoró la clínica de los pacientes, y la mejor intervención fue dejar de aplicarla, se mencionan a continuación algunos de estos casos:

En la revista *American Thoracic Society* se comenta un paciente con ventrículo único postquirúrgico de cirugía paliativa de Fontan, que desarrolla insuficiencia respiratoria tras ser sometido a VPP, y de igual manera ante la sospecha de ser secundario a las interacciones cardiopulmonares se extuba con mejoría del cuadro.⁴

En la *Revista Española de Cardiología*, se publica el caso de un masculino de 26 años, ingresado por traumatismo craneoencefálico, que desarrolla una neumonía asociada a la ventilación con grandes consolidaciones pulmonares y falla respiratoria, por lo que fueron incrementando la PEEP hasta 20 cmH₂O sin mejoría del cuadro de falla respiratoria y presentando inestabilidad hemodinámica. Le realizan ecografía transtorácica encontrando un foramen oval permeable (FOP) con aneurisma del septum atrial, corroborando con prueba de burbujas un *shunt* cardiaco, por lo que bajan PEEP hasta 5 cmH₂O, con mejoría inmediata de la saturación de 72 a 95%.²¹

Algo similar ocurrió en un paciente que se lleva a VPP por infección de SARS-CoV-2, que a pesar del manejo ventilatorio adecuado no mejoraba la saturación, por lo que realizan prueba de burbujas encontrando FOP con *shunt* dinámico derecha izquierda, mejorando con la disminución de la PEEP.⁵

En otro caso reportado, un hombre de 51 años es valorado por disnea y baja tolerancia al ejercicio, se conocía con SAOS y se manejaba VPP mediante CPAP. En la valoración ecocardiográfica encuentran un defecto auricular de tipo *ostium secundum*, con una presión media de la pulmonar de 18 mmHg, realizan prueba de solución salina agitada a diferentes niveles de PEEP, 0, 8 y 12 cmH₂O, encontrando que el *shunt* aumenta conforme aumenta la PEEP, con desaturación concomitante, atribuyendo el empeoramiento de los síntomas del paciente a la VPP empleada de manera terapéutica.⁷

Analizando el caso de nuestra paciente, utilizar VPP generó presiones de la vía aérea elevadas, resultando en efectos deletéreos en lugar de mejoría en el contexto de una CC. Esto se confirma mediante ecocardiografía al disminuir el gradiente del *shunt* tras disminuir la PEEP, y la mejoría hemodinámica instantánea de intercambio gaseoso.

Interrogando nuevamente a la paciente, refirió parada cardiorrespiratoria en parte anterior y que es portadora de una cardiopatía diagnosticada en la infancia, con abandono del tratamiento desde entonces. De haber tenido conocimiento de esta información, probablemente la mejor estrategia desde el hospital externo hubiera sido no intubarla.

CONCLUSIONES

Cada día suman más los pacientes adultos que viven con una CC, se debe tener especial atención en aquéllas que involucran una conexión de la circulación pulmonar-sistémica, ya que el manejo con VPP puede desarrollar un *shunt* cardiaco con insuficiencia respiratoria y en casos severos deterioro del estado hemodinámico.

Con la revisión de la literatura concluimos que se debe sospechar esta entidad en pacientes que tras ser sometidos a VPP empeoran su saturación, perfusión y estado hemodinámico, y que esto no es explicado completamente por las condiciones de la patología de base. En estos casos es recomendable realizar una prueba de burbujas con solución salina agitada para confirmar el diagnóstico. Esta técnica tiene una precisión diagnóstica muy buena, es fácil, reproducible, de nulo riesgo para el paciente y se puede realizar al pie de la cama.²²

Por último, si se conoce o se diagnostica este tipo de CC, basándonos en los reportes actuales y entendiendo las interacciones cardiopulmonares, lo ideal es tratar al paciente con presiones positivas bajas de la vía aérea, manteniendo uso de PEEP mínima pero suficiente para no generar atelectasias con la consecuente vasoconstricción hipoxica, ya que ambas situaciones aumentarán las RVP con empeoramiento o aparición del *shunt* cardiaco. Y una estrategia que puede mejorar los desenlaces es la extubación temprana, ya que esto mejorará por los cambios en gradientes de presión tanto la saturación como el estado hemodinámico y la perfusión tisular. Una vez extubados estos pacientes es de vital importancia la fisioterapia pulmonar para prevención y manejo de atelectasias.

REFERENCIAS

1. Alviar CL, Rico-Mesa JS, Morrow DA, Thiele H, Miller PE, Maselli DJ, et al. Positive pressure ventilation in cardiogenic shock: review of the evidence and practical advice for patients with mechanical circulatory support. *Can J Cardiol.* 2020;36(2):300-312. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2019.11.038>
2. Weale J, Kelleher AA. Adult congenital heart disease. *Anaesth Intensive Care Med.* 2021;22(5):290-296.
3. Márquez-González H, Yáñez-Gutiérrez L, Rivera-May JL, López-Gallegos D, Almeida-Gutiérrez E. Demographic analysis of a congenital heart disease clinic of the Mexican Institute of Social Security, with special interest in the adult. *Arch Cardiol Mex.* 2018;88(5):360-368.
4. Gerke B, Cortes-Puentes G. Mechanical ventilation in congenital heart disease: a case of complex cardiopulmonary interactions | B47. Critical care case reports: Cardiovascular diseases and echocardiography. *Am J Respir Crit Care Med.* 2018;197:A3442. Available from: https://www.atsjournals.org/doi/pdf/10.1164/ajrccm-conference.2018.197.1_MeetingAbstracts.A3442?download=true
5. Ferrer M, Esquinas A, Leon M, Gonzalez G, Alarcon A, Torres A. Noninvasive ventilation in severe hypoxic respiratory failure: a randomized clinical trial. *Am J Respir Crit Care Med.* 2003;168(12):1438-1444.

6. Rajendram R, Hussain A, Mahmood N, Via G. Dynamic right-to-left interatrial shunt may complicate severe COVID-19. *BMJ Case Reports CP*. 2021;14(10):e245301. Available from: <https://casereports.bmjjournals.com/content/14/10/e245301>
7. Eerdekers R, Bouwmeester S. Atrial septal defect and haemodynamic consequences of continuous positive airway pressure treatment. *Lancet*. 2020;395(10240):1864.
8. Abbas AE, Fortuin FD, Schiller NB, Appleton CP, Moreno CA, Lester SJ. A simple method for noninvasive estimation of pulmonary vascular resistance. *J Am Coll Cardiol*. 2003;41(6):1021-1027.
9. Martínez-Vázquez JL, Martos-Sánchez I, Alvarez-Rojas E, Pérez-Caballero C. Ventilación mecánica en cardiopatías congénitas e hipertensión pulmonar. *An Pediatr (Barc)*. 2003;59(4):372-376.
10. Cheifetz IM. Cardiorespiratory interactions: the relationship between mechanical ventilation and hemodynamics. *Respir Care*. 2014;59(12):1937-1945.
11. Iliopoulos I, Nelson DP. Cardiopulmonary interactions in adults and children with congenital heart disease. *Prog Pediatr Cardiol*. 2015;39(2):151-156.
12. Allan CK. Intensive care of the adult patient with congenital heart disease. *Prog Cardiovasc Dis*. 2011;53(4):274-280. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pcad.2010.11.002>
13. Scharf SM, Ingram RH. Influence of abdominal pressure and sympathetic vasoconstriction on the cardiovascular response to positive end-expiratory pressure. *Am Rev Respir Dis*. 2015;116(4):661-670. <https://doi.org/10.1164/arrd19771164661>.
14. Benumof JL, Rogers SN, Moyce PR, Berryhill RE, Wahrenbrock EA, Saidman LJ. Hypoxic pulmonary vasoconstriction and regional and whole-lung PEEP in the dog. *Anesthesiology*. 1979;51(6):503-507. Available from: <https://doi.org/10.1097/00000542-197912000-00004>
15. Cheifetz IM, Craig DM, Quick G, McGovern JJ, Cannon ML, Ungerleider RM, et al. Increasing tidal volumes and pulmonary overdistension adversely affect pulmonary vascular mechanics and cardiac output in a pediatric swine model. *Crit Care Med*. 1998;26(4):710-716.
16. Hamahata N, Pinsky MR. Heart-lung interactions. *Semin Respir Crit Care Med*. 2023;44(5):650-660.
17. Caillé V, Amiel JB, Charron C, Belliard G, Vieillard-Baron A, Vignon P. Echocardiography: a help in the weaning process. *Crit Care*. 2010;14(3):R120.
18. Pinsky MR, Summer WR. Cardiac augmentation by phasic high intrathoracic pressure support in man. *Chest*. 1983;84(4):370-375. Available from: <http://journal.chestnet.org/article/S0012369215369701/fulltext>
19. Pinsky MR, Summer WR, Wise RA, Permutt S, Bromberger-Barnea B. Augmentation of cardiac function by elevation of intrathoracic pressure. *J Appl Physiol*. 1983;54(4):950-955.
20. Scharf SM, Chen L, Slamowitz D, Rao PS. Effects of continuous positive airway pressure on cardiac output and plasma norepinephrine in sedated pigs. *J Crit Care*. 1996;11(2):57-64.
21. Ferrer AR, Fernández AR, Sagrera MR, Sala MF. Foramen oval permeable y ventilación mecánica. *Rev Esp Cardiol*. 2010;63(7):877-878.
22. Bernard S, Churchill TW, Namasivayam M, Bertrand PB. Agitated saline contrast echocardiography in the identification of intra- and extracardiac shunts?: Connecting the dots. *J Am Soc Echocardiogr*. 2020;S0894-7317(20)30615-5. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.echo.2020.09.013>

Correspondencia:**Beatriz Cruz Muñoz****E-mail:** drcitabetty@hotmail.com



La revista **Medicina Crítica (Med Crit)** publica artículos de investigación, de revisión, casos clínicos, imágenes en medicina y cartas relacionadas con la Medicina Crítica en México y en el extranjero.

Los manuscritos deben de prepararse de acuerdo con los **Requerimientos Uniformes para el Envío de Manuscritos a Revistas Biomédicas (Formato Vancouver)** desarrollados por el Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas (ICMJE) que ha sido aceptado por más de 500 editores. La versión actualizada se encuentra disponible en: www.ICMJE.org.

El envío del manuscrito implica que éste es un trabajo que no ha sido publicado (excepto en forma de resumen) y que no será enviado simultáneamente a otra revista. Los manuscritos enviados serán propiedad del Colegio Mexicano de Medicina Crítica, A.C. y no podrán ser publicados (parcial o totalmente) en ninguna otra parte sin el consentimiento del Editor. Todos los manuscritos deberán de enviarse en versión electrónica y las figuras que formen parte del mismo a la siguiente dirección electrónica: <https://revision.medigraphic.com/RevisionMedCri/>.

Los conceptos vertidos en los trabajos son de la exclusiva responsabilidad de los autores, y no reflejan necesariamente el punto de vista de los editores de la revista.

PRESENTACIÓN GENERAL

Todos los artículos se escribirán en español, según las normas de la Real Academia de la Lengua, con términos científicos y técnicos de aceptación general, uso común y base gramatical correcta. Además, deberán enviarse en forma electrónica el manuscrito y las figuras que forman parte del mismo. Cuando se utilicen abreviaturas no convencionales, debe indicarse entre paréntesis la abreviatura, cuando el término completo que se desea abbreviar, aparezca por primera vez. Salvo en casos excepcionales, la extensión del artículo no será mayor a 12 cuartillas (sin incluir la bibliografía).

COMPONENTES DEL ESCRITO MÉDICO. TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

La revista Medicina Crítica recomienda a los autores que envíen trabajos para publicarse e incluyan los siguientes capítulos:

1. Página del título (hoja frontal). Primera página.
2. Título corto (para las cornisas). Segunda página.
3. Patrocinios y conflicto de intereses. Tercera página.
4. Resumen en español. Cuarta página.
5. Resumen en inglés. Quinta página.
6. Resumen en portugués. Quinta página.
7. Texto. Sexta página en adelante.
 - a) Introducción.
 - b) Materiales (pacientes) y métodos.
 - c) Resultados
 - d) Discusión y conclusiones
8. Bibliografía.
9. Leyendas de las figuras.
10. Transferencia de los derechos de autor.
11. Copia firmada de aceptación por el Comité de Ética en Investigación.
12. Figuras.

El inicio de cada uno de los capítulos señalados anteriormente, deberá hacerse en hojas por separado para facilitar la impresión del artículo.

PREPARACIÓN DE LOS MANUSCRITOS

Todos los trabajos recibidos deberán contener todas las secciones enlistadas anteriormente y mantener el orden en que están anotadas. Para facilitar a los autores la elaboración del manuscrito, se anexa un formato que sirve de guía para el desarrollo del trabajo, no se aceptarán otros formatos, como tesis, protocolo, etc. A continuación, describimos el contenido de los capítulos.

Página del Título

Título. Límite 120 caracteres, escríbalo en español y en seguida en inglés. No utilice abreviaturas. El título del trabajo debe ser breve, claro y preciso.

Autores. Incluye a todos los autores (máximo seis). Escriba primero el nombre, seguido de los apellidos paterno y materno. Anote a continuación el nombre del departamento y de la institución donde se efectuó el trabajo.

Correspondencia. Anote nombre, dirección, teléfono y correo electrónico.

Título corto

En esta hoja se anotará el título abreviado para las cornisas, no deberá exceder de 45 golpes de máquina.

Agradecimientos y/o patrocinios

Se anotarán únicamente patrocinios (si los hubiera) en forma sucinta.

Conflictos de intereses

Todos los artículos enviados a la Revista deben incluir declaratoria completa de todas las relaciones que pudieran ser vistas como potencial conflicto de intereses. Si no hay conflicto de intereses, los autores deben declararlo.

Resúmenes

Límite. 200 palabras. Todos los resúmenes deben estar estructurados (excepto los trabajos de revisión) de acuerdo con el formato que se incluye posteriormente. Al elaborar el resumen, no cite referencias. Efectúe los resúmenes en español e inglés. Escriba al final del resumen las palabras clave (tres a diez).

Texto

Inicie el texto a partir de la sexta hoja con la introducción. **Comience cada sección subsecuente con una hoja nueva.** Describa las guías éticas seguidas para los estudios realizados en humanos y animales. Cite la aprobación de los comités institucionales de investigación y ética. Identifique con precisión todos los fármacos y substancias químicas utilizadas, incluyendo nombres genéricos, posologías y vías de administración. No dé nombres de pacientes, ni iniciales, ni número de expediente del hospital. Identifique los métodos, equipo (nombre de fabricante) y procedimientos. Proporcione referencias bibliográficas de los métodos establecidos. Describa en detalle los métodos nuevos o que han sido modificados substancialmente. Describa los procedimientos estadísticos empleados. Presente los resultados en secuencia lógica; las tablas de ilustraciones deben concordar con el texto. Al efectuar la discusión, enfátice los

aspectos nuevos y relevantes del estudio y las conclusiones que se deriven del mismo. Se recomienda no hacer uso excesivo de abreviaturas para no dificultar la lectura y comprensión del trabajo. La extensión máxima del trabajo debe oscilar entre las 10 y 12 hojas y las figuras/tablas y/o cuadros deberán ser un máximo de 6.

COMPONENTES DEL ESCRITO MÉDICO REPORTE DE CASOS CLÍNICOS

El reporte de casos en *Medicina Crítica* está pensado para describir aspectos inusuales de casos complejos, o bien, patologías poco frecuentes; de igual forma, se podrán aceptar descripciones de nuevas entidades, mecanismos fisiopatológicos distintos o presentaciones tempranas o avanzadas de diversos estados patológicos que tengan que ver con el enfermo en estado crítico. Sólo se aceptarán sometimientos que sean únicos y novedosos y que no se hayan publicado previamente. Los autores deberán intentar proporcionar a través de su escrito una nueva visión de los aspectos abordados en el artículo y que sea de utilidad para la comunidad de médicos intensivistas.

La extensión del resumen del caso deberá ser de alrededor de 150 palabras, con un formato narrativo, mientras que la extensión del texto completo no deberá exceder 750 palabras para un caso único y un poco más si es una serie pequeña de casos. Se deberá incluir un máximo de alrededor de 20 citas bibliográficas.

El formato sugerido es de tipo estructurado, que incluya una breve introducción, seguida de la descripción del caso y una discusión en la que se problematice el punto central del reporte de caso. Se podrá acompañar de algunas figuras, tanto fotografías (dos) como estudios radiológicos (tres) o de ultrasonido. Un segundo formato sugerido para pequeñas series de casos sería el de introducción, material y métodos y resultados, finalizando con lo ya referido en cuanto a discusión.

Es importante agregar que es requisito indispensable para la publicación incluir el permiso escrito del paciente, o en caso de menores de edad o pacientes sin capacidad de decisión, de sus representantes legales.

Referencias

Cite las referencias de acuerdo con el orden de aparición en el texto, utilizando números arábigos entre paréntesis. Las comunicaciones personales y datos aún no publicados, cítelos directamente en el texto; **no los numere ni los incluya en la lista de referencias**. Mencione todos los autores cuando sean seis o menos, si exceden este número se incluirán únicamente a los tres primeros y se agregará la frase *et al.* Las abreviaturas de las publicaciones deben ser las oficiales y deben estar de acuerdo con las utilizadas en el *Index Medicus*. El número de referencias bibliográficas nunca será mayor de 30 por artículo, incluyendo los trabajos de revisión, y se escribirán en el idioma original.

a) Las referencias seguirán la redacción de los ejemplos que siguen a continuación. Cuando se trate de una revista:

Brayman KL, Vianello A, Morel PH, Payne WD, Sutherland DER. The organ donor. *Crit Care Clin* 1990;6:821-39.

b) Si se toma como referencia un libro, en el que el autor sea el editor (s) se redactará la cita de la manera siguiente:

Tobin MJ, editor. *Principles and Practice of Mechanical Ventilation*. 1^a ed. New York: McGraw-Hill; 1994.

c) Para los artículos citados de un libro:

Ramos EL, Tiney NL, Ravenscraft MD. Clinical aspects of renal transplantation. Brenner BM, Rector FC, editores. *The Kidney*. 4^a ed. Philadelphia: WB Saunders; 1991. p. 2361-407.

Se recomienda a los autores consultar los requisitos aceptados internacionalmente (**formato Vancouver**), antes de redactar las referencias.

Ilustraciones

Todas las ilustraciones aparecerán designadas como figuras para todo el material gráfico: diagramas, dibujos, esquemas, gráficas, fotografías (de pacientes, piezas anatómicas, radiografías, electrocardiogramas, ecocardiogramas, ultrasonografías, etc) **no debiendo exceder de seis**. Se numerarán con caracteres arábigos por orden de aparición. Los cuadros se rotularán progresivamente con números arábigos por orden de aparición. Las gráficas, dibujos y otras ilustraciones deben dibujarse profesionalmente. Se evitarán los contrastes excesivos y serán de buena calidad. Las fotografías en las que aparecen pacientes identificables, deberán acompañarse del permiso escrito para publicación otorgado por el paciente. De no contar con este permiso, una parte del rostro de los pacientes deberá ser tapada sobre la fotografía.

Otros trabajos

La extensión de los trabajos de revisión será igual a los de investigación, pero con formato de texto libre y resúmenes escritos a renglón seguido y sin apartados.

No olvide enviar la cesión de derechos y/o permiso por parte del paciente y/o familiar cuando se trate de casos clínicos.

Registre todos sus escritos en:

<https://revision.medigraphic.com/RevisionMedCri/>

Bibliotecas e índices en Internet en los que ha sido registrada la revista Medicina Crítica

Medigraphic, literatura biomédica
<http://www.medigraphic.org.mx>

Biblioteca de la Universidad de Regensburg, Alemania
<http://www.bibliothek.uni-regensburg.de/ezeit/fl.phtml?notation=WW-YZ&bibid=ZBMED&colors=3&frames=&toc=&ssg=>

Biblioteca de la Universidad Federal de São Paulo, Brasil
<http://www.unifesp.br/dis/bibliotecas/revistas.htm>

Biblioteca del Instituto de Investigaciones Biomédicas, UNAM
http://www.revbiomedicas.unam.mx/_biblioteca/revistas.html

Universidad de Laussane, Suiza
<http://www2.unil.ch/perunil/>

Biblioteca de la Universidad Norte de Paraná, Brasil
http://www.unopar.br/bibli01/biologicas_periodicos.htm

Infodoctor sitio de las Sociedades Médicas Españolas
<http://www.infodoctor.org/revis.htm>

LATINDEX. Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
<http://www.latindex.org/>

Biblioteca Virtual en Salud (BVS, Brasil)
<http://portal.revistas.bvs.br>

Biblioteca del Instituto de Biotecnología UNAM.
<http://www.biblioteca.ibt.unam.mx/revistas.php>

Asociación Italiana de Bibliotecas (AIB)
<http://www.aib.it/aib/commiss/cnur/peb/peba.htm3>

Biblioteca Médica Estatal del Ministerio de Patrimonio y Cultura, Italia
<http://bms.beniculturali.it/ejnlis/index.php>

Fundación Ginebrina para la Formación y la Investigación Médica, Suiza
http://www.gfmer.ch/Medical_journals/Revistas_medicas_acceso_libre.htm

PERIODICA (índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias) UNAM
<http://biblat.unam.mx>

Google Académico
<http://scholar.google.com.mx/>

Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung, Berlin WZB
<http://www.wzb.eu/de/bibliothek/bestand-recherche/elektron-zeitschriften>

Virtuelle Bibliothek Universität des Saarlandes, German
<http://www.sulb.uni-saarland.de/de/suchen/zeitschriften/fachspezifische-suche-in-ezb/?libconnect%5Bsubject%5D=23>

Biblioteca electrónica de la Universidad de Heidelberg, Alemania
<http://rzblx1.uni-regensburg.de/ezeit/search.phtml?bibid=UBHE&colors=3&lang=de>

Biblioteca de la Universidad de Bielefeld, Alemania
https://www.digibib.net/jumpto?D_SERVICE=TEMPLATE&D_SUBSERVICE=EBZ_BROWSE&DP_COLORS=7&DP_BIBID=UBBIE&DP_PAGE=search&LOCATION=361

Mercyhurst University. Hammermill Library. Erie, Pennsylvania
<http://services.trueserials.com/CJDB/MERCYHURST/browse>

Memorial University of Newfoundland, Canada
http://www.library.mun.ca/copyright/index_new.php?showAll=1&page=1

Yeungnam University College of Medicine Medical Library, Korea
http://medlib.yu.ac.kr/journal/subdb1.asp?table=totdb&Str=%B1%E2%C5%B8&Field=ncbi_sub

Research Institute of Molecular Pathology (IMP)/Institute of Molecular Biotechnology (IMBA) Electronic Journals Library, Viena, Austria
http://cores.imp.ac.at/max-perutz-library/journals/details/?tx_ezbfe_pi3%5Bjournal_id%5D=15592&cHash=7cf76e3aaaf6ef01cfea8b8ed3183cc33

SciELO
<http://www.scielo.org.mx/>



Convocatoria 2025

Trabajos Libres Presentación Oral y/o Carteles

LII Congreso Anual COMMEC

Noviembre 4 al 8, 2025

Poliforum. León, Guanajuato

BASES PARA EL ENVÍO DEL RESUMEN

Los trabajos deberán ser enviados por médicos especialistas y residentes de la especialidad o afines, que estén realizando su práctica médica en instituciones hospitalarias con Áreas de Cuidados Intensivos en la República Mexicana (esta convocatoria también se extiende al resto de países del mundo). Éstos se enviarán con letra estilo Arial 12 puntos, interlineado de 1.0, en una sola página tamaño carta, márgenes de 2 cm (No deberá enviar en otro formato).

Deberá tener los siguientes componentes:

1. Título del trabajo.
2. Autor(es), nombre **completo** del (los) autor(es) (**máximo 5 autores**). Escribir primero nombre seguido por los apellidos paterno y materno, hospital o institución donde se efectuó el trabajo (sin títulos académicos).
3. Datos de la institución: únicamente se tomará en cuenta el hospital donde fue realizado el estudio, no se incluirán otras instituciones.
4. Datos de correspondencia: **teléfonos de contacto (móvil y/o fijo)** un correo electrónico adicional al del autor principal.
5. La extensión máxima será de 200 palabras (sin incluir el título ni el nombre de los autores).
6. Tanto para los trabajos prospectivos como retrospectivos se deberá incluir: introducción, objetivo, material y métodos, resultados y discusión.
7. **No se incluyen referencias bibliográficas en el resumen.**
8. No debe contener ningún logotipo institucional, imagen o figura alguna.
9. **La aceptación de casos clínicos será limitada.**

El trabajo que no se apegue a las bases **No será aceptado**.

Los artículos deberán enviarse a través del editor en línea disponible en:

<https://revision.medigraphic.com/commc>

El médico encargado de presentar el trabajo libre (oral o póster) deberá estar inscrito en el Congreso Anual.

Los autores de trabajos aceptados que no los presenten durante el Congreso Anual, no obtendrán sus constancias o diplomas, y pondrán en riesgo la futura aceptación de sus trabajos libres en las actividades científicas del COMMEC.

Las constancias se enviarán únicamente a aquéllos que tengan evaluación por parte del Comité Evaluador.

La recepción de los trabajos queda abierta a partir de la aparición de la presente convocatoria y se cerrará a las 11:59 horas del día 20 de septiembre del año en curso, sin prórroga alguna y sin excepciones.

Los resultados de aceptación (con lugar, fecha, hora y forma de presentación) serán publicados en la página del Colegio el 20 de octubre, 2025.

LII



CONGRESO ANUAL
DEL COLEGIO MEXICANO
DE MEDICINA CRÍTICA



27 JUN 09:00:00

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

90/65 (71)

12:00

54

93

100

32

</