



2026 Vol. 10 N°3
Julio - Setiembre

Peruvian Journal of

Health Care & Global Health


JOURNAL OF RESEARCH AND HEALTH
ISSN 2522-7270



Peruvian Journal of Health Care and Global Health

Volumen 10 • Número 3 • 2026

Revista científica de acceso abierto, editada por la Universidad de
Ciencias y Humanidades (UCH)

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD

Dr. Alfredo Jose Pipa Carhuapoma
Rector

Mg. Faustino Zapata Huanca
Gerente General

Mg. Carlos Diaz Serruche
Secretario General

Dr. Gustavo Villar Mayuntupa
Vicerrector Académico

Dr. Fernando Eugenio Alvarado Rojas
Director de Posgrado

Mg. Julio Cesar Méndez Nina
Dirección de Investigación

Mg. Carlos Campomanes Bravo
Subgerencia Económica Financiera

Mg. Omar Velásquez Andía
Subgerencia de Infraestructura Física y Tecnológica

Mg. Julio Vásquez Paragulla
Subdirección Académica Educación Virtual

Mg. Cesar Abraham Suarez Oré
Dirección Académica de Servicios Universitarios

Mg. Elvis Gonzales Choquehuanca
Dirección Académica Gestión Docente y Curricular

Dr. Eleazar Armando Flores Medina
Decano de la Facultad de Ciencias de la Salud

Mg. Doris Melina Alvines Fernández
Coordinador General de la Facultad de Ciencias de la Salud

Dr. Laberiano Matías Andrade Arenas
Decano de la Facultad de Ciencias e Ingeniería

Mg. David Llulluy Núñez
Coordinador General de la Facultad de Ciencias e Ingeniería

Dr. William Cortez Maldonado
Decano de la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales

Mg. Samuel Gilder Vargas Vargas
Coordinador General de la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales

Dr. Hipólito Reyes del Carmen
Decano de la Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Financieras

Dr. Wilber Céspedes Luna
Coordinador General de la Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Financieras

Mg. Edgar Vega Rosales
Coordinador de Estudios Generales

EQUIPO EDITORIAL

EDITOR GENERAL

Juan Morales
Universidad de Ciencias y Humanidades-UCH, Perú

EDITORES ASOCIADOS

Humberto E. De La Torre
Instituto Ramón y Cajal de Investigación Sanitaria. Madrid, España.

Walter E. Prudencio
Universidad Peruana Unión. Lima, Perú.

Jhon A. Zeladita
Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

Cesar H. Limaymanta
Universidad de Lima. Lima, Perú.

Daniel Yupanqui
Universidad de Ciencias y Humanidades. Lima, Perú.

David Rodríguez
Universidad Privada Del Norte. La Libertad, Perú.

Carmen Contreras
Socios en Salud Sucursal Perú. Lima, Perú.

COMITÉ EDITORIAL

José Fuentes-Rivera
Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

Marcos Carruitero
Universidad Privada Antenor Orrego. La Libertad, Perú.

Lida Velasque
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cusco, Perú.

Luzbeth Lipa
Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.

Gladys Leon
Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. Amazonas, Perú.

Vilma Mamami
Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.

Kelly Levano
Helene Fuld College of Nursing, United States.

María Angélica Arzuaga Salazar
Universidad de Antioquia - Udea, Colombia.

Jéssica Jannett Rivadeneyra Posadas
Universidad de Burgos - UBU, Spain.

Oscar Moreno
Universidad Federal de Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brasil.

Manuel Renato Retamozo Palacios
Escola Superior de Ciências da Saúde (ESCS). Brasília, Brasil.

COMITÉ CIENTÍFICO

César Arturo Gutiérrez Villafuerte
Universidad Nacional Mayor de San Marcos – UNMSM, Perú.

Carlos Alexander Alva Diaz
Ministerio de Salud – MINSA, Perú.

María Cristina Maya Vázquez
Universidad Nacional Autónoma de México – UNAM, México.

María Teresa Cuamatzi Peña
Universidad Autónoma del Estado de México – UAEMex, México.

Yolanda Rufina Condorimay Taci
Universidade Federal de Goiás – UFG, Brazil.

Violeta Magdalena Rojas Huayta
Universidad Nacional Mayor de San Marcos - UNMSM, Perú.

Eduardo Rafael Bucio Reta
Instituto Nacional de Cardiología – Ignacio Chávez, México.

Jack Roberto Silva Fhon
Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo – EERP USP, Brazil.

Leda Yamilé Hurtado Roca
Universidad Autónoma de Madrid – UAM, Spain.

Silvia Suarez Cunza
Universidad Nacional Mayor de San Marcos – UNMSM, Perú.

Emma Hernández Valdés
Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular – ICCV, Cuba.

ASISTENTE EDITORIAL

Marlene Basilio
Dirección Regional de Salud del Callao. Callao, Perú.

ASISTENTE ADMINISTRATIVO

Jhoanna Iveth Santiago
Universidad de Ciencias y Humanidades. Lima, Perú.

EDITOR DE PRODUCCIÓN

Milagros Orejón Ortiz de Orué. Lima, Perú.

Leonor Tenorio. Lima Perú.

Peruvian Journal of Health Care and Global Health

Peruvian Journal of Health Care and Global Health, es una publicación de la Universidad de Ciencias y Humanidades.

ISSN: 2522-7270

Editado por:

Peruvian Journal of Health Care and Global Health

© Copyright 2026

Dirección: Av. Universitaria 5175, Los Olivos 15304. Lima, Perú.

<http://revista.uch.edu.pe>

Setiembre 2026

Esta publicación es gratuita y el contenido en su integridad se encuentra en:

<http://revista.uch.edu.pe>

Editorial

¿Diagnóstico de la situación de salud o simulación política? Una mirada desde el primer nivel de atención
Health Situation Diagnosis or Political Simulation? A Perspective from Primary Health Care
Juan Morales 175

Artículo original

Predictores culturales y sanitarios para la adherencia al sulfato ferroso en gestantes de un hospital de Lima
Cultural and Healthcare Predictors of Adherence to Ferrous Sulfate Supplementation Among Pregnant Women at a Hospital in Lima
Elizabeth González-Cruz, Ronald Espiritu Ayala-Mendivil 178

Artículo de revisión

Edad de la menarquia y riesgo cardiometabólico en adolescentes y mujeres adultas: Revisión sistemática
Age at Menarche and Cardiometabolic Risk in Adolescent Girls and Adult Women: A Systematic Review
Katty Magdalena Barahona-Ochoa, Lorena Janeth Guerrero-Domínguez 187

Tecnología electromagnética focalizada y manejo convencional de la incontinencia urinaria en mujeres adultas: Revisión sistemática
Focused Electromagnetic Technology and Conventional Management of Urinary Incontinence in Adult Women: A Systematic Review
Erika Paola Delgado-Astudillo, Diego Fernando Vega-Cuadrado, Carem Francelys Prieto-Fuenmayor, Katty Magdalena Barahona-Ochoa 206

Doppler de la arteria pulmonar fetal y QuantusFLM en la evaluación de la madurez pulmonar: Revisión sistemática
Fetal Pulmonary Artery Doppler and QuantusFLM for the Assessment of Fetal Lung Maturity: A Systematic Review
Diego Fernando Vega-Cuadrado, Erika Paola Delgado-Astudillo, Carem Francelys Prieto-Fuenmayor 218

Eficacia de las intervenciones no farmacológicas no convencionales en la reducción del riesgo cardiovascular: Revisión narrativa
Efficacy of Nonconventional Nonpharmacological Interventions in Reducing Cardiovascular Risk: A Narrative Review
Joel Sebastian Vintimilla-Contreras, Verónica Alexandra Chiriboga-Pasaca, Juan Antonio Coyago-Íñiguez 231

Manejo artroscópico de fracturas de astrágalo y calcáneo: Una revisión narrativa
Arthroscopic Management of Talus and Calcaneal Fractures: A Narrative Review
Galo Santiago Benavides-Albornoz, Daniel Villota-Narváez, John Edisson Salazar-Montes, Edwin Zamir Realpe-Mora, Stefany Julieth Castillo-Zarate, Laura Valentina Mera-Peña, Carlos Andrés Sánchez-Barrero, Catalina Vergara-Cortes, Juan Santiago Sema-Trejos 240

Consideraciones perioperatorias en el paciente con diabetes tipo 2: Revisión narrativa
Perioperative Considerations in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: A Narrative Review
Danuil Julián Melo-Ascanio, Maria Alejandra Palacios-Rodríguez, Lesly Giovanna Maldonado-Burbano, Juan Camilo Arias-Pérez, Valentina Bravo-Echeverry, Ivonne Lorena Reina-Fonseca, Brayan Franchesco Nocua-Martínez, Ricardo Andrés Castillo-Rojas, Antonio José Carvajal-Mazuera 252

Monitoreo hemodinámico en el paciente crítico y perioperatorio: actualización y nuevas herramientas disponibles
Hemodynamic Monitoring in Critically Ill and Perioperative Patients: An Update and Emerging Tools
Melissa Martínez-García, Erick Alfonso Jiménez-Zafra, German Eduardo Guarín-Aldana, Nury Carolina Ortega-Valenzuela, William David Coral-Yepes, Stefanya Geraldine Bermúdez-Moyano 261

Reporte de caso

Anesthetic Management of Peripartum Cardiomyopathy in a Patient Undergoing Cesarean Section: A Case Report
Manejo anestésico de la miocardiopatía periparto en una paciente sometida a cesárea: Reporte de caso
Bárbara Tchissola Sanjulo da Rocha Quilezi, Jesler Bravo Peña, Fernando Alberto Quilezi 272

Displasia fibrosa craneofacial con compromiso de senos paranasales: Reporte de caso
Craniofacial Fibrous Dysplasia Involving the Paranasal Sinuses: A Case Report
Carlos Alfredo Iñiguez-Guzmán, Joel Sebastian Vintimilla-Contreras 277

Tromboendarterectomía pulmonar en síndrome antifosfolípido: Reporte de caso <i>Pulmonary Thromboendarterectomy in Antiphospholipid Syndrome: A Case Report</i> Manuela Lozano-Garrido, Juan Camilo Arzuza-Barros, Sofía Mariel Ricoy, Andrea Gisella Champutis-Arteaga, Iván Antonio Ortiz-Pacheco, Valentina Torres-Rodríguez, Juan Manuel López-Agudelo, Juan Santiago Serna-Trejos	282
Úlcera duodenal associada à esofagite exsudativa em paciente com hemorragia digestiva: Relato de caso <i>Duodenal Ulcer Associated with Exudative Esophagitis in a Patient with Gastrointestinal Bleeding: A Case Report</i> Jorge Chiwale Kussecala, João Lando Kanga, Joaquim Augusto Lombe Cassinda, Fernando A. Quilezi	289
Lesión en cremallera miofascial del bíceps femoral en un futbolista profesional: Reporte de caso <i>Myofascial Zipper Injury of the Biceps Femoris in a Professional Soccer Player: A Case Report</i> Carlos Alfredo Iñiguez-Guzmán, Christian Alfredo Andrade-Montalvan, Jorge Luis Rivera-Rodríguez, Joel Sebastian Vintimilla-Contreras	294

¿Diagnóstico de la situación de salud o simulación política? Una mirada desde el primer nivel de atención

Health Situation Diagnosis or Political Simulation? A Perspective from Primary Health Care

Juan Morales ^{1,a}

¹ Universidad de Ciencias y Humanidades, Centro de Investigación eHealth. Lima, Perú.

^a Médico, Especialista en Medicina Familiar y Comunitaria. Máster en Salud Digital, Magíster en Gerencia de Proyectos y Programas Sociales, Doctor en Medicina.

Información del artículo

Citar como: Morales J. ¿Diagnóstico de la situación de salud o simulación política? Una mirada desde el primer nivel de atención. Health Care & Global Health.2026;10(3):175-177.

DOI: 10.22258/hgh.v10i3.504

Autor de Correspondencia:

Juan Morales
Dirección: Av. Universitaria 5175, Los Olivos 15304. Lima, Perú.
Email: mdjuanmorales@gmail.com
Teléfono: +51 989521832

Historial del artículo

Recibido: 8 de septiembre de 2026
Primera decisión editorial: 9 de septiembre de 2026
Versión revisada recibida: 9 de septiembre de 2026
Aceptado: 10 de septiembre de 2026
Publicado en línea: 15 de septiembre de 2026

Proceso de revisión

Tipo de revisión: revisión editorial
Número de revisores externos: no aplica
Rondas de revisión: No aplica

El análisis de situación de salud (ASIS) es un proceso que permite describir y analizar la situación con respecto al estado de salud y sus determinantes sociales en una población de un espacio geográfico claramente definido, con el fin de identificar necesidades y establecer prioridades en salud, proponer las líneas de acción para su atención y control, considerando los puntos de vista de los diversos actores sociales que observan el problema. El ASIS es un documento de gestión que se elabora periódicamente desde el nivel nacional hasta el local, que evalúa los factores condicionantes, el proceso salud-enfermedad y la respuesta social ^[1]. La información respecto a la situación del sistema de salud peruano no es limitada ni se encuentra circunscrita al ASIS. Existe una amplia disponibilidad de información proveniente de los distintos órganos y entidades del Estado, los sistemas de información sanitaria, así como de organismos internacionales y de la producción científica. A ello se suma la información difundida a través de los medios de comunicación, las plataformas digitales y redes sociales, que contribuyen a visibilizar los hechos, demandas y percepciones de los usuarios y trabajadores de salud.

En este contexto, las recurrentes visitas de inspección inopinadas por parte de las autoridades sanitarias a los establecimientos de salud se han consolidado como un mecanismo de legitimación pública más que de gestión efectiva. Históricamente, estos despliegues in situ han servido para exponer escenarios críticos, deficiencias operativas o las faltas del personal asistencial. Esta escenografía genera un rédito político inmediato; pero desvirtúa el propósito de la evaluación sanitaria. El sistema sanitario no padece una escasez de diagnósticos; por el contrario, dispone de abundante evidencia generada por entidades estatales, organismos internacionales y la comunidad académica. El problema central del sistema es la sustitución de la evidencia técnica por la dramatización del hallazgo mediático.

El Ministerio de Salud (MINSA) tiene una estructura jerarquizada^[2]. En esta arquitectura, el primer nivel de atención ocupa una posición estratégica por constituir el contacto más cercano entre la población y el sistema sanitario, ejecutar múltiples estrategias de salud y generar información fundamental sobre las necesidades de la comunidad. Sin embargo, los trabajadores del primer nivel de atención, que mantienen contacto directo con la población y conocen sus necesidades sanitarias, no siempre participan de manera proporcional en las decisiones que determinan la disponibilidad y utilización de los recursos. Esta asimetría genera distorsiones en la distribución de equipos médicos, materiales e insumos. En establecimientos del primer nivel pueden coexistir carencias de elementos esenciales para la prestación de salud con existencias excesivas de productos de uso infrecuente o cuya disponibilidad no responde a las necesidades prioritarias de la población. Del mismo modo, pueden destinarse recursos a intervenciones de limitada relevancia sanitaria mientras persisten deficiencias básicas que permitan la respuesta sanitaria. El problema, por tanto, no se reduce



a cuánto se gasta, sino a qué se prioriza, dónde se asignan los recursos y qué resultados se espera obtener.

La capacidad de transformar recursos en resultados depende también de la gobernanza sanitaria. La gestión de organizaciones requiere competencias técnicas, experiencia pertinente, integridad, transparencia y rendición de cuentas. Cuando estos criterios pierden relevancia frente a consideraciones ajenas al mérito y a la capacidad profesional, se debilita la capacidad institucional para sostener políticas sanitarias más allá de los cambios de gobierno. En este contexto, la corrupción constituye una de las expresiones más graves de las debilidades de gobernanza. En el Perú, la corrupción no es reciente y un modo predominante de corrupción ha estado ligado al poder ejecutivo^[3]. En el sector salud abarca tanto las altas esferas, las medianas y las bajas; dentro de las tipologías se encuentra el fraudelent billing médico, los cobros y pagos indebidos, la corrupción en la cadena de suministros médicos, el farmasponsoring corrupto, el desvío de pacientes, sustracción y apropiación de medicamentos, sobredimensionamiento del costo de implementos o medicinas, absentismo y la falsedad en las prescripciones médicas^[4]. También se han descrito prácticas indebidas relacionadas con la inducción de demandas en los servicios de salud, como una forma encubierta de las prácticas de corrupción o soborno^[5].

Desde la perspectiva del primer nivel de atención, estas deficiencias de gestión tienen consecuencias sobre la actividad asistencial. La ejecución de múltiples estrategias sanitarias implica una considerable carga administrativa relacionada con registros, consolidación y remisión de información a diferentes niveles jerárquicos. Cuando estos procesos incorporan duplicidad o procedimientos innecesarios, se sustrae tiempo a la atención de la población. A ello se suma el problema recurrente del sistema de referencia y contrareferencia; la derivación de pacientes por falta de capacidad resolutive puede verse condicionada por la disponibilidad de camas, especialistas, procedimientos diagnósticos o de transporte. Las demoras en la aceptación de pacientes y las dificultades de articulación entre establecimientos de salud pueden comprometer la continuidad y oportunidad de la atención. Esta inoperatividad traslada directamente el costo de las ineficiencias del sistema a las familias, quienes deben asumir un mayor gasto de bolsillo para acceder a medicamentos, insumos y procedimientos de ayuda diagnóstica.

Estas dificultades adquieren particular relevancia porque el primer nivel constituye el espacio donde convergen las necesidades clínicas y los determinantes sociales de la salud. La posibilidad de mejorar el estado de salud de la población trasciende la capacidad del sector sanitario y requiere políticas intersectoriales. Los planteamientos de Lalonde, la Declaración de Alma-Ata y la Carta de Ottawa resaltan la necesidad de actuar sobre los determinantes de la salud, fortalecer la atención primaria y promover políticas públicas saludables. En este sentido, es

fundamental el cumplimiento de los objetivos del nuevo modelo de cuidado integral de salud por etapas de vida^[6]. En el contexto actual, este desafío incorpora además la transformación digital y la alfabetización digital en salud. Sin embargo, la tecnología por sí sola no resuelve las debilidades institucionales; su potencial depende de procesos adecuados, interoperabilidad, capacitación y criterios de equidad.

El verdadero desafío de la gestión sanitaria consiste en cerrar la brecha entre la evidencia técnica, la decisión política y la ejecución presupuestaria. Convertir las fallas detectadas en las inspecciones inopinadas o las inconductas de ciertos funcionarios en la explicación principal de la crisis del sistema implica reducir un problema estructural a una suma de faltas individuales. Si bien la sanción a la mala praxis y a la corrupción individual es indispensable, el análisis crítico no debe desviar la atención de factores estructurales como el financiamiento, la gobernanza, la organización, la capacidad resolutive y la continuidad de la atención. La legitimidad de una política sanitaria no se mide por la cantidad de inspecciones mediáticas realizadas, sino por la capacidad para traducir la evidencia en decisiones sostenibles y resultados epidemiológicos verificables.

Por ello, fortalecer el primer nivel de atención exige una política sanitaria sostenida, basada en evidencia, con adecuada asignación de recursos, fortalecimiento de la capacidad resolutive, simplificación administrativa, articulación efectiva de las redes de servicios y sistemas de evaluación orientados a resultados. Asimismo, quienes aspiran a ejercer cargos públicos no solo cumplan con los requisitos legales mínimos, sino también por poseer una formación académica auténtica, una integridad moral sólida y un compromiso real con el bien común^[7]. La gestión sanitaria debería responder a objetivos de salud de mediano y largo plazo y no quedar limitada por la temporalidad de los ciclos políticos.

Información Complementaria

Contribución de los autores (Taxonomía CrediT):

JM: Es el único responsable de la conceptualización, redacción, revisión y aprobación del manuscrito final.

Conflicto de intereses

El autor declara no tener conflictos de interés.

Financiamiento

Ninguno.

Disponibilidad de datos

No aplica.

Agradecimientos

Ninguno.

Declaración de uso de herramientas de inteligencia artificial (IA)

El autor declara haber utilizado herramientas de IA exclusivamente para mejorar la fluidez del estilo de redacción y la corrección lingüística del manuscrito. Todo el contenido fue revisado, verificado y validado por el autor, quien asume plena responsabilidad por la

exactitud, integridad y originalidad del manuscrito. No se introdujeron datos sensibles o confidenciales en las herramientas de IA.

En el proceso editorial, incluida la revisión, se desarrolló conforme a la política de la revista sobre el uso responsable de herramientas de IA.

Referencias

1. Ministerio de Salud-MINSA. Análisis de Situación de Salud. 2026. <https://www.dge.gob.pe/portalnuevo/inteligencia-sanitaria/analisis-de-situacion-de-salud-asis/analisis-de-situacion-de-salud-asis/>
2. Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Salud. DS No 011-2017-SA. Diario Oficial El Peruano. Perú; 2017 Apr 24. <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/189790-011-2017-sa>
3. Alfonso W. Quiroz. Historia de la corrupción en el Perú. Primera Edición. IEP Instituto de Estudios Peruanos; 2013. <https://fondoeditorial.iep.org.pe/producto/historia-de-la-corrupcion-en-el-peru/>
4. Ramírez Cosme AG. La corrupción en el sector salud: características, algunas de sus tipologías y efectos. Derecho & Sociedad. 2024;(62):1–17. DOI:10.18800/dys.202401.001.
5. Morales J. Demanda inducida en los servicios de salud: Entre la ética y el negocio deshonesto. Health Care & Global Health. 2025;9(1):4. DOI:10.22258/hgh.2025.91.185.
6. Ministerio de Salud-MINSA. Documento Técnico: Modelo de Cuidado Integral de Salud por Curso de Vida. Perú; 2020. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/496394/resolucion-ministerial-030-2020-MINSA.pdf?v=1580222578>
7. Morales J. Salud, moralidad y poder: una mirada crítica a la corrupción desde la ciencia. Health Care & Global Health. 2025;9(1):53. DOI:10.22258/hgh.2025.92.228.

Predictores culturales y sanitarios para la adherencia al sulfato ferroso en gestantes de un hospital de Lima

Cultural and Healthcare Predictors of Adherence to Ferrous Sulfate Supplementation Among Pregnant Women at a Hospital in Lima

Elizabeth González-Cruz^{1,a}, Ronald Espiritu Ayala-Mendivil^{1,b}

¹ Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina. Lima, Perú.

^a Licenciada en Obstetricia.

^b Médico, Doctor en Medicina.

Información del artículo

Citar como: González-Cruz E, Ayala-Mendivil RE. Predictores culturales y sanitarios para la adherencia al sulfato ferroso en gestantes de un hospital de Lima. *Health Care & Global Health*. 2026;10(3):178-186.

DOI: 10.22258/hgh.v10i3.388

Autor de Correspondencia

Elizabeth González Cruz
Dirección: Av. Miguel Grau 755, Lima 15001.
Email: elizabethgonzalezacruz@gmail.com
Teléfono: 930116472

Historial del artículo

Recibido: 15 de diciembre de 2025
Primera decisión editorial: 15 de enero de 2026
Versión revisada recibida: 23 de agosto de 2026
Aceptado: 08 de septiembre de 2026
Publicado en línea: 15 de septiembre de 2026

Proceso de revisión

Tipo de revisión: revisión por pares doble ciego.
Número de revisores externos: 2
Rondas de revisión: 2

Resumen

Objetivo: Determinar los predictores culturales y sanitarios para la adherencia al sulfato ferroso en gestantes.

Material y métodos: Estudio de tipo observacional, nivel explicativo y de diseño correlacional causal. Participaron 180 gestantes atendidas en consultorios del Hospital San Juan de Lurigancho entre los meses de setiembre y noviembre 2024, aplicando un muestreo probabilístico aleatorio simple. Variables de estudio: La variable dependiente fue la adherencia al sulfato ferroso, mientras que las variables independientes incluyeron los predictores culturales y sanitarios. La evaluación de la asociación de las variables se realizó mediante la prueba Chi-cuadrado o prueba exacta de Fisher, considerando como significativos los valores de $p < 0,05$. Las variables significativas se incluyeron en un modelo de regresión logística ordinal para estimar su efecto en conjunto, reportado mediante OR y sus intervalos de confianza al 95%. **Resultados:** Los predictores culturales para la baja adherencia al sulfato ferroso fueron el consumo de drogas y alcohol (OR: 8,06; IC95%: 6,68-9,73; $p < 0,001$), olvido para consumir medicamentos (OR: 7,793; IC95%: 6,45-9,41; $p < 0,001$) y la falta de apoyo de la familia (OR: 5,44; IC95%: 4,79-6,17; $p < 0,001$). Los predictores sanitarios fueron el consumo previo de sulfato ferroso (OR: 8,63; IC95%: 6,16-12,09; $p < 0,001$), la molestia al tomar sulfato ferroso (OR: 6,14; IC95%: 5,21-7,23; $p < 0,001$) y la orientación sobre el sulfato ferroso (OR: 5,24; IC95%: 4,69-5,86; $p < 0,001$). **Conclusiones:** Los predictores culturales y sanitarios para la adherencia al sulfato ferroso en gestantes fueron el consumo de alcohol y drogas, el olvido para consumir medicamentos, el apoyo familiar al tratamiento, el consumo previo de hierro, la molestia al tomar sulfato ferroso y la orientación sobre el sulfato ferroso. Se recomienda implementar un programa educativo didáctico para gestantes de todos los trimestres, con orientación precisa sobre la administración del sulfato ferroso.

Palabras clave: Adhesión a la Medicación; Sulfato Ferroso; Embarazo; Anemia; Perú (Fuente: DeCS, BIREME).

Abstract

Objective: To determine the cultural and health predictors for adherence to ferrous sulfate in pregnant women.

Materials and methods: This was an observational, explanatory, and correlational-causal study. Participants included 180 pregnant women seen at the San Juan de Lurigancho Hospital clinics between September and November 2024, selected using simple random sampling. The dependent variable was adherence to ferrous sulfate, while the independent variables included cultural and health-related predictors. The association between variables was assessed using the chi-square test or Fisher's exact test, with p -values < 0.05 considered statistically significant. Significant variables were then included in an ordinal logistic regression model to estimate their combined effect, which was reported using odds ratios (ORs) and their 95% confidence intervals. **Results:** Cultural predictors of poor adherence to ferrous sulfate were drug and alcohol use (OR: 8.06, 95%CI: 6.68–9.73; $p < 0.001$), forgetfulness in taking medication (OR: 7.793, 95%CI: 6.45–9.41; $p < 0.001$), and lack of family support (OR: 5.44, 95%CI: 4.79–6.17; $p < 0.001$). Health-related predictors were prior ferrous sulfate use (OR: 8.63, 95%CI: 6.16–12.09; $p < 0.001$), discomfort when taking ferrous sulfate (OR: 6.14, 95%CI: 5.21–7.23; $p < 0.001$), and counseling about ferrous sulfate (OR: 5.24, 95%CI: 4.69–5.86; $p < 0.001$). **Conclusions:** Cultural and health-related predictors of adherence to ferrous sulfate in pregnant women included alcohol and drug use, medication forgetfulness, family support for treatment, prior iron use, discomfort when taking ferrous sulfate, and guidance on ferrous sulfate. It is recommended to implement an educational program for pregnant women in all trimesters, providing clear guidance on ferrous sulfate administration.

Keywords: Medication Adherence; Ferrous Sulfate; Pregnancy; Anemia; Peru (Source: MeSH, NLM).



Introducción

La anemia por deficiencia de hierro continúa siendo uno de los problemas de salud pública más notables que afectan a las mujeres a nivel mundial, con una carga excesiva en los países en vías de desarrollo. Durante el embarazo, su prevalencia oscila entre el 17 y el 20% en países desarrollados; mientras que, en contextos con mayores desigualdades sociales, puede alcanzar hasta el 80%, lo que evidencia una brecha sustancial en términos de equidad sanitaria ^[1].

Las consecuencias de la carencia de hierro varían en el ámbito clínico, pues afecta la capacidad funcional de las gestantes, reduce su productividad y restringe su participación social, con impacto en la familia y comunidad. En el embarazo, la anemia se asocia con bajo peso al nacer y acortamiento de la duración del embarazo ^[2], situaciones que demandan intervenciones oportunas por parte del personal de salud e incrementan los costos del sistema sanitario. Frente a este escenario, las políticas públicas han priorizado la suplementación con sulfato ferroso como estrategia esencial; no obstante, su efectividad depende en gran medida del nivel de adherencia, considerándose adecuada cuando se consume al menos el 75% de la dosis indicada ^[3].

A nivel mundial, la Organización Mundial de la Salud señala que la adherencia a la suplementación con hierro y ácido fólico depende del cumplimiento adecuado de la dosis, el horario y la forma de administración ^[4], aunque estas intervenciones son eficaces y constituyen recomendaciones internacionales, su implementación enfrenta limitaciones persistentes, particularmente en contextos con barreras sociales, culturales y sanitarias. Las intervenciones de autocuidado, encaminadas a fortificar la capacidad de las mujeres para gestionar su propia salud con o sin apoyo profesional, han surgido como una alternativa relevante para mejorar la adherencia ^[5].

La evidencia internacional y regional indica que estrategias como la educación sanitaria, el seguimiento del consumo por parte del personal de salud o la familia, el uso de recordatorios y la provisión gratuita de suplementos favorecen la adherencia ^[6]. Asimismo, la educación nutricional durante el embarazo se relaciona con un mayor cumplimiento de la suplementación, incremento en los niveles de hemoglobina y una reducción del riesgo de anemia ^[7]. Estos descubrimientos son consistentes con estudios que demuestran cómo la suplementación oral con hierro mejora los parámetros hematológicos y reduce la anemia materna y la deficiencia de hierro ^{[8][9]}.

La persistencia de la anemia gestacional revela la necesidad de enfoques biomédicos e incorporar los determinantes sociales de la salud. Las diferencias

económicas, los estilos de vida, el ambiente y las condiciones sociales influyen de forma significativa en la adherencia al tratamiento, por lo que las estrategias multidisciplinarias resultan indispensables para conseguir resultados sostenibles ^[10]. Diversos estudios han identificado que factores sociodemográficos, económicos, culturales y sanitarios actúan como predictores del desarrollo de anemia y del incumplimiento de la suplementación ^{[11][12]}.

Desde una perspectiva cultural, las creencias, costumbres y tradiciones influyen en la percepción de la anemia y en las actitudes frente a las medidas preventivas y terapéuticas ^[13]. En la práctica de la salud pública, estas dimensiones culturales han sido dilucidadas con frecuencia como barreras, sin considerar que forman parte de la experiencia humana compartida y del proceso salud-enfermedad ^[14]. Las pautas culturales pueden establecer los hábitos alimentarios, la búsqueda de atención sanitaria y la aprobación de la suplementación, afectando de manera continua los resultados de las intervenciones ^[15]. Creencias religiosas o culturales, como la percepción negativa del consumo de carne o la confianza en curaciones espirituales, han sido descritas como obstáculos para la adherencia al hierro en mujeres gestantes ^[16].

Estudios cualitativos han mostrado que, aunque las gestantes reconocen el bien de la suplementación, tienden a subestimar la magnitud del problema en sus comunidades y a conservar creencias erróneas, como la asociación entre el consumo de hierro y un mayor tamaño del recién nacido, lo que podría derivar en partos más complejos y costosos ^[17].

Las barreras socioeconómicas y las percepciones culturales siguen siendo obstáculos importantes para la prevención de la anemia gestacional. Su abordaje requiere programas eficaces, participación comunitaria, intervención de profesionales de la salud y respaldo político, junto con enfoques personalizados y articulados con buenas prácticas globales ^[18]. El empoderamiento familiar, al integrarse con los valores culturales del entorno, mejora las conductas de prevención de la anemia en gestantes, como el consumo adecuado de suplementos de hierro. Este enfoque eleva la hemoglobina, fortalece el apoyo familiar y favorece cambios de comportamiento sostenibles en la salud materna ^[19].

A nivel del sistema de salud, la accesibilidad, la calidad de la atención, la organización de los servicios, la disponibilidad de recursos y la oportunidad de intervenciones influyen directamente en la adherencia a la suplementación ^{[10][20]}. La evidencia señala que solo poco más de la mitad de las gestantes cumplen convenientemente con el consumo de hierro, siendo factores favorecedores el inicio temprano del control prenatal, el conocimiento sobre la anemia y la suplementación, y la asistencia regular a las consultas ^{[21][22]}.

Pese a los datos existentes sobre los beneficios de la suplementación con hierro, persiste una brecha de conocimiento concerniente con la integración efectiva de los factores culturales, familiares y sanitarios en estrategias de mejora de la calidad orientadas a incrementar la adherencia en contextos específicos. La literatura señala la importancia del empoderamiento familiar y del acompañamiento profesional como elementos clave para lograr cambios de comportamiento sostenibles ^{[19] [23]}.

La tendencia a desarrollar anemia en el primer trimestre y que persista en el tercer trimestre ha incrementado en los últimos años, y muchas de estas situaciones se ven reforzadas por la ausencia de consumo del suplemento sulfato ferroso, incluyendo a gestantes que no presentan esta condición. Todo ello ha sido generado según lo observado por distintos determinantes, ya sean culturales o sanitarios. En consecuencia, la prevención adquiere un rol prioritario, y el análisis de los factores predictores del consumo de sulfato ferroso permite caracterizar objetivamente el escenario real e identificar los principales determinantes de esta condición. Los hallazgos de este tipo de estudios aportan evidencia científica actualizada que sustenta el diseño de intervenciones orientadas a fortalecer las estrategias de promoción y prevención de la salud, mejorar la nutrición materna y optimizar el acceso a los servicios sanitarios durante la gestación. Puesto que los factores socioculturales y los determinantes sanitarios constituyen elementos críticos en el comportamiento de salud, se postula que estos actúan como predictores de la adherencia a la suplementación con sulfato ferroso. Por tanto, el presente estudio tiene como objetivo determinar la influencia de los predictores culturales y sanitarios en la adherencia terapéutica al sulfato ferroso entre las gestantes atendidas en un hospital de un distrito de Lima.

Materiales y métodos

Diseño

Se realizó un estudio cuantitativo, tipo observacional de nivel explicativo, con diseño correlacional causal.

Población y muestra

La población estuvo conformada por 332 gestantes atendidas en los consultorios del Hospital San Juan de Lurigancho (ubicado en la zona este de Lima Metropolitana), entre setiembre y noviembre de 2024. Para la determinación del tamaño de la muestra se aplicó la fórmula para poblaciones finitas: $n = \frac{N \cdot Z_{(1-\alpha/2)}^2 \cdot p \cdot q}{d^2 \cdot (N-1) + Z_{(1-\alpha/2)}^2 \cdot p \cdot q}$, considerando un nivel de confianza del 95% ($Z=1,96$), una prevalencia de 0,5 ($p=0,5$), su complemento ($q= 0,5$) y un error del 5% ($d=0,05$). La muestra mínima estimada fue de 180 gestantes. La selección se realizó mediante un muestreo probabilístico aleatorio simple.

Se incluyeron a gestantes mayores de 18 años, en el tercer trimestre de embarazo, con registro de adherencia a la suplementación con sulfato ferroso y que firmaron el consentimiento informado. Se excluyeron gestantes adolescentes, a las que no aceptaron participar del estudio, con morbilidades preexistentes y que tuvieran repercusión en la producción de glóbulos rojos.

Variables de estudio

La variable independiente correspondió a los predictores culturales y sanitarios, definidos como el conjunto de particularidades socioculturales y condiciones relacionadas con la atención en salud que pueden intervenir en la adherencia al consumo de sulfato ferroso durante la gestación. Los predictores culturales comprendieron aspectos relacionados con los conocimientos, el consumo de alcohol y drogas, el olvido para consumo de medicamentos, el apoyo familiar durante el tratamiento y la confianza en la suplementación; mientras que los predictores sanitarios incluyeron factores vinculados con la consejería nutricional, el consumo previo de hierro, las molestias asociadas al consumo de sulfato ferroso, la disponibilidad del suplemento, la demora en la atención y la orientación brindada sobre su uso, seleccionados con base en evidencia científica previa ^[10].

La variable dependiente fue la adherencia al sulfato ferroso, definida como el nivel de cumplimiento de la ingesta del suplemento de hierro indicado durante la gestación, de acuerdo con la suplementación entregada en la consulta previa. Esta variable fue valorada mediante los criterios establecidos en el instrumento de medición y clasificada según los puntos de corte obtenidos mediante percentiles de la distribución de los puntajes.

Las variables sociodemográficas incluyeron la edad materna (<35 años y ≥ 35 años), condición del estado civil (con pareja/sin pareja), grado de instrucción (sin instrucción y con instrucción), ocupación (con ocupación/sin ocupación), lugar de procedencia (urbano/rural) y religión (católica/otras). Se consideró con instrucción a las gestantes que habían alcanzado al menos un nivel de educación formal (primaria, secundaria, técnica o universitaria), mientras que sin instrucción correspondió a aquellas que no habían recibido educación formal. El lugar de procedencia se clasificó como urbano o rural de acuerdo al lugar de origen registrado en la historia clínica.

Instrumentos de medición

Se diseñó un cuestionario estructurado ad hoc para evaluar los predictores culturales y sanitarios asociados a la adherencia a la suplementación con sulfato ferroso en gestantes. El instrumento estuvo conformado por preguntas cerradas, especialmente dicotómicas (sí=1; no=0), y se organizó en dos secciones. La primera sección estuvo conformada por 17 preguntas distribuidas en tres secciones: aspectos sociodemográficos (6 preguntas),

predictores culturales (5 preguntas) que incluyeron preguntas relacionadas con el nivel de conocimiento, el consumo de alcohol y drogas, el olvido para consumo de medicamentos, el apoyo familiar durante el tratamiento y la confianza en la suplementación; y predictores sanitarios (6 preguntas) que comprendieron aspectos vinculados con la consejería nutricional, el consumo previo de hierro, las molestias asociadas al consumo de sulfato ferroso, la disponibilidad del suplemento, la demora en la atención y la orientación brindada sobre su uso. La segunda sección evaluó la adherencia a la suplementación con sulfato ferroso a través de cuatro preguntas con respuesta dicotómica (sí=1; no=0), obteniéndose un puntaje global con un rango de 0 a 4 puntos. Para la construcción de los baremos, se examinaron los puntajes obtenidos por las participantes y se empleó el método de percentiles, utilizando como puntos de corte el percentil 25 (P25) y el percentil 75 (P75), correspondientes al primer y tercer cuartil de la distribución. En la muestra estudiada, el P25 correspondió a 2 puntos y el P75 a 3 puntos; por ello, la adherencia se clasificó como baja cuando el puntaje fue inferior a 2 puntos, moderada cuando se encontró entre 2 y 3 puntos, y alta cuando fue superior a 3 puntos.

La validez de contenido del instrumento fue determinada mediante juicio de expertos, con la participación de cinco especialistas en el área temática y metodología de investigación, quienes valoraron la pertinencia, claridad y coherencia de los ítems. El análisis mostró un nivel de concordancia superior al 90%, evidenciando adecuada validez del instrumento.

Técnicas de recolección de datos

La recolección de datos se realizó mediante la técnica de encuesta, usando un cuestionario estructurado encaminado a evaluar los predictores culturales y sanitarios, así como la adherencia a la suplementación con sulfato ferroso. La aplicación del instrumento se efectuó de manera presencial en los consultorios de atención prenatal del hospital, posterior a la consulta obstétrica y en horarios de atención señalados por el servicio. La encuesta fue aplicada por la investigadora, anticipadamente capacitada para la correcta administración del instrumento y el manejo ético de la información. Antes de iniciar la aplicación, se explicó a las gestantes los objetivos del estudio y se solicitó la rúbrica del consentimiento informado, avalando la confidencialidad y el carácter voluntario de su participación. El tiempo promedio de aplicación del cuestionario fue de 15 a 20 minutos por participante. La recolección de datos se llevó a cabo durante el periodo comprendido entre setiembre del 2024 y noviembre del 2024, de acuerdo con la programación establecida para el desarrollo de la investigación.

Análisis estadístico

Se estructuró una base de datos en el programa estadístico IBM SPSS-27. Se realizaron análisis

descriptivos, bivariado y multivariado. El análisis descriptivo incluyó las estimaciones de las frecuencias absolutas (n) y relativas (%). El análisis bivariado evaluó la asociación de cada uno de los predictores culturales y sanitarios de manera independiente con la adherencia al sulfato ferroso. Este se realizó mediante la prueba de Chi-cuadrado, considerando un nivel de confianza del 95% y una significancia estadística de $p < 0,05$. Las variables que mostraron una asociación significativa se incluyeron en el análisis multivariado. Los resultados de este análisis fueron presentados en tablas de contingencia.

El análisis multivariado se realizó mediante regresión logística ordinal para identificar los predictores de los niveles de adherencia (baja, moderada y alta). Los resultados se expresaron como Odds Ratios ($OR = \text{Exp}[B]$) con sus intervalos de confianza al 95%, considerándose significativos valores de $p < 0,05$.

Aspectos éticos

Se respetaron los principios bioéticos de la Declaración de Helsinki (autonomía, no maleficencia, beneficencia y justicia), garantizando el anonimato mediante el uso de códigos en los cuestionarios y la confidencialidad de la información a través de la protección de la base de datos con acceso restringido exclusivamente para fines de la presente investigación. El protocolo de investigación fue evaluado y aprobado por el Comité de Ética del Hospital San Juan de Lurigancho, mediante la Carta N° 120-2024-UADI-HSJL, que autoriza la aplicación del instrumento de investigación y acredita la aprobación ética, garantizando el cumplimiento de la normativa vigente y la salvaguarda de los derechos, la seguridad y la confidencialidad de las participantes.

Resultados

Las características sociodemográficas de las gestantes indicaron que el 67,8% ($n=122$) tenía menos de 35 años, el 87,8% ($n=158$) tenía pareja, el 93,9% ($n=169$) contaba con algún nivel de instrucción (primaria, secundaria, técnica o universitaria), el 64,4% ($n=116$) no tenía ocupación y, respecto al lugar de procedencia, el 38,3% ($n=69$) provenía de zonas rurales (**Tabla 1**).

En cuanto a los predictores culturales, se evidenció que el 20,2% ($n=19$) de las gestantes que consumían alcohol y drogas presentó una baja adherencia al sulfato ferroso; mientras que el 4,8% ($n=1$) de aquellas que no consumían alcohol ni drogas presentó una adherencia alta ($p=0,014$). En relación al olvido del consumo de medicamentos, el 81,9% ($n=77$) de las usuarias que olvidaban consumirlos presentó una adherencia baja; al contrario, el 23,8% ($n=5$) de quienes no los olvidaban presentó una adherencia alta a este suplemento ($p < 0,001$). En cuanto al apoyo familiar durante el tratamiento, el 52,1% ($n=49$) y el 71,4% ($n=15$) de las gestantes que recibían apoyo familiar mostraron

Tabla 1. Características sociodemográficas de gestantes atendidas en el Hospital San Juan de Lurigancho.

Datos sociodemográficos	n	%
Total	180	100
Edad (años)		
≥35 años	58	32,2
<35 años	122	67,8
Condición del estado civil		
Sin pareja	22	12,2
Con pareja	158	87,8
Grado de instrucción		
Sin Instrucción	11	6,1
Con instrucción	169	93,9
Ocupación		
Sin ocupación	116	64,4
Con ocupación	64	35,6
Lugar de procedencia		
Rural	69	38,3
Urbano	111	61,7
Religión		
Otros	66	36,7
Católica	114	63,3

una adherencia baja y alta, respectivamente ($p=0,023$) (Tabla 2).

Con respecto a los predictores sanitarios asociados al nivel de adherencia al sulfato ferroso, se evidenció que el 94,7% ($n=89$) de las gestantes con baja adherencia y el 76,2% ($n=16$) de aquellas con alta adherencia revelaron que no habían consumido hierro anteriormente ($p=0,027$). Además, el 73,4% ($n=69$) de las gestantes que mostraban molestias al tomar sulfato ferroso reveló una baja adherencia, mientras que el 42,9% ($n=9$) de quienes no referían molestias presentó una alta adherencia al suplemento ($p=0,004$). En cuanto a la orientación sobre el consumo de sulfato ferroso, el 29,8% ($n=28$) de las

gestantes con baja adherencia y el 19% ($n=4$) de aquellas con alta adherencia manifestaron que no habían recibido orientación sobre este suplemento ($p=0,003$) (Tabla 3).

Mediante el análisis multivariado, se identificó que el consumo de alcohol y drogas ($p<0,001$; $OR=8,06$; $IC95\%: 6,68-9,73$), el olvido del consumo de medicamentos ($p<0,001$; $OR=7,793$; $IC95\%: 6,45-9,41$), la ausencia de apoyo familiar ($p<0,001$; $OR=5,44$; $IC95\%: 4,79-6,17$), la ausencia de consumo previo de hierro ($p<0,001$; $OR=8,603$; $IC95\%: 6,16-12,09$), la presencia de molestias al tomar sulfato ferroso ($p<0,001$; $OR=6,14$; $IC95\%: 5,21-7,23$) y la falta de orientación sobre el consumo de sulfato ferroso ($p<0,001$; $OR=5,24$; $IC95\%: 4,69-5,86$) fueron predictores de la baja adherencia a la suplementación con sulfato ferroso en gestantes (Tabla 4).

Discusión

El presente estudio tuvo como objetivo identificar los predictores culturales y sanitarios asociados a la adherencia al sulfato ferroso en gestantes. Entre los hallazgos principales se encontraron como factores significativos el consumo de alcohol y drogas, el olvido medicamentoso, el apoyo familiar, el uso previo de hierro, las molestias gástricas y la insuficiente orientación recibida. Estos resultados confirman la hipótesis de un origen multifactorial en la falta de adherencia, donde los predictores culturales (como hábitos de consumo) interactúan con limitaciones sanitarias (educación inadecuada), lo que permite contrastarlos con la literatura previa sobre el tema.

En cuanto a los predictores culturales para la adherencia al sulfato ferroso en gestantes, se evidenció que el consumo de alcohol y drogas, el olvido de consumir medicamentos y la falta de apoyo de la familia para el tratamiento se asoció a la adherencia baja del sulfato

Tabla 2. Predictores culturales para la adherencia al sulfato ferroso en gestantes atendidas en el Hospital San Juan de Lurigancho.

Predictores culturales		Nivel de adherencia al sulfato ferroso						p
		Baja		Moderada		Alta		
		n	%	n	%	n	%	
Nivel de conocimiento	Bajo	12	12,8	16	24,6	5	23,8	0,363
	Medio	31	33,0	20	30,8	7	33,3	
	Alto	51	54,3	29	44,6	9	42,9	
Consumo de alcohol y drogas	Si	19	20,2	4	6,2,	1	4,8	0,014
	No	75	79,8	61	93,8	20	95,2	
Olvido para consumir medicamentos	Si	77	81,9	49	75,4	5	23,8	<0,001
	No	17	18,1	16	24,6	16	76,2	
Familia apoya tratamiento	Si	49	52,1	47	72,3	15	71,4	0,023
	No	45	47,9	18	27,7	6	28,6	
Confianza en la suplementación	Si	82	87,2	58	89,2	19	90,5	0,881
	No	12	12,8	7	10,8	2	9,5	

* Prueba Chi cuadrado ($p\text{-valor}<0,05$).

** Prueba exacta de Fisher ($p\text{-valor}<0,05$).

Tabla 3. Predictores sanitarios para la adherencia al sulfato ferroso en gestantes atendidas en el Hospital San Juan de Lurigancho.

Predictores sanitarios		Nivel de adherencia al sulfato ferroso						p
		Baja		Moderada		Alta		
		n	%	n	%	n	%	
Consejería nutricional	Si	66	70,2	52	80,0	12	57,1	*0,104
	No	28	29,8	13	20,0	9	42,9	
Consumo previo de hierro	Si	5	5,3	6	9,2	5	23,8	0,027
	No	89	94,7	59	90,8	16	76,2	
Molestia al tomar sulfato ferroso	Si	69	73,4	31	47,7	12	57,1	0,004
	No	25	26,6	34	52,3	9	42,9	
Disponibilidad de sulfato ferroso	Si	92	97,9	65	100,0	21	100,0	0,396
	No	2	2,1	0	0,0	0	0,0	
Demora en la consulta	Si	38	40,4	26	40,0	5	23,8	0,346
	No	56	59,6	39	60,0	16	76,2	
Orientación sobre sulfato ferroso	Si	66	70,2	60	92,3	17	81,0	0,003
	No	28	29,8	5	7,7	4	19,0	

* Prueba Chi cuadrado (p-valor<0,05).
** Prueba exacta de Fisher (p-valor<0,05).

ferroso. Este hallazgo concuerda con lo reportado por Mekonen E y Alemu S. ^[24], quienes indicaron que las gestantes que consumían alcohol (AOR=0,20) tenían mayores probabilidades de baja adherencia al sulfato ferroso. Asimismo, en el estudio de Fouelifack *et al.* ^[25] se indicó que el olvido fue la principal razón de la no adherencia, por lo que las mujeres deben colocar la tableta de hierro en un lugar de fácil acceso. También, en el estudio de Godoy ^[26] se evidenció que el factor olvido de toma de la tableta se relaciona significativamente con la no adherencia al sulfato ferroso. De igual modo, tanto en el trabajo de Ratnaprabha *et al.* ^[27] como en el de Abal y Reynaga ^[28], se encontró que uno de los motivos más usuales que se relacionaba con la falta de adherencia fue el olvido. En cuanto a la falta de apoyo familiar para el tratamiento, nuestro estudio evidencia la importancia

del entorno familiar como elemento facilitador de la adherencia; esto concuerda con lo reportado por Ali *et al.* ^[29], quienes encontraron que la falta de apoyo familiar se asoció significativamente con una menor adherencia a la suplementación con hierro y ácido fólico en gestantes (AOR=0,12). Estos hallazgos refuerzan la idea de que, en el contexto cultural y familiar, las creencias, la percepción de riesgo, el apoyo que se recibe y el nivel de comprensión del beneficio del hierro influyen de manera decisiva en la decisión de continuar o interrumpir la suplementación, pese a sus ventajas materno-perinatales.

Acerca de los predictores sanitarios para la adherencia al sulfato ferroso en gestantes, en el presente trabajo se obtuvo que la molestia al tomar sulfato ferroso y la no orientación sobre el sulfato ferroso se vinculan con

Tabla 4. Análisis de los predictores para la adherencia al sulfato ferroso en gestantes atendidas en el Hospital San Juan de Lurigancho en el año 2024.

Parámetro	Contraste de hipótesis			Exp(B)	95%IC de Wald para Exp(B)	
	Chi-cuadrado de Wald	gl	Sig.		Inferior	Superior
Consumo de alcohol y drogas: sí	44,580	1	<0,001	8,063	6,683	9,729
Sin consumo de alcohol y drogas	6,552	1	0,010	0,703	0,537	0,921
Olvido para consumir medicamentos: sí	41,808	1	<0,001	7,793	6,449	9,417
No olvido para consumir medicamentos	22,243	1	<0,001	0,608	0,495	0,748
Familia apoya tto: no	64,368	1	<0,001	5,440	4,796	6,170
Familia apoya tto: si	5,205	1	0,023	0,803	0,665	0,970
Consumo de hierro previo: no	15,605	1	<0,001	8,633	6,159	12,099
Si consumo de hierro previo	5,052	1	0,025	0,678	0,483	0,951
Molestia al tomar sulfato ferroso: si	71,617	1	<0,001	6,145	5,216	7,239
No molestia al tomar sulfato ferroso	5,741	1	0,017	0,784	0,643	0,957
Orientación sobre sulfato ferroso: no	85,522	1	<0,001	5,245	4,694	5,861
Orientación sobre sulfato ferroso: si	5,034	1	0,025	0,761	0,600	0,966

*Regresión logística ordinal.

la adherencia baja al consumo del sulfato ferroso; lo cual es similar al estudio de Abal y Reynaga^[28], pues las molestias como náuseas, vómitos, dolor abdominal, acidez, diarrea, estreñimiento, falta de apetito, mal sabor de boca, pigmentación de dientes, dolor de cabeza, mareos y somnolencia fueron influyentes para la toma de sulfato, mientras que la consejería contribuyó a toma de dicho suplemento. Además, Fouelifack *et al.*^[25] y Ratnaprabha *et al.*^[27] en sus respectivas investigaciones reportaron que las razones más frecuentes para la falta de adherencia al sulfato ferroso fueron las molestias o efectos secundarios. Por su parte, Conga^[30] manifestó que existe una asociación entre recibir consejería por parte del personal de salud y la adherencia a la suplementación con hierro. En adición, el estudio de Inca y Munares^[31] reportó que hay asociación entre la orientación al recibir sesiones demostrativas (OR=10,3) y la adherencia al suplemento de hierro en gestantes. En cambio, Velez E *et al.*^[32] encontraron que recibir orientación sobre la importancia y beneficios del consumo de sulfato ferroso se relacionó con la baja adherencia al sulfato ferroso. Por otro lado, Alfaro K^[33] halló que la explicación brindada por el profesional sobre el consumo del sulfato ferroso y la accesibilidad a este suplemento no se relacionaron con la adherencia al consumo de hierro ($p>0,05$). Del mismo modo, Baltazar y Damian L^[34] demostraron que el recibir orientación no se asoció con la adherencia al sulfato ferroso ($p>0,05$). Esto indica que, en algunos contextos, la simple disponibilidad del sulfato ferroso y la explicación puntual por sí solas no bastan; la efectividad del componente sanitario parece depender de cómo se articula la consejería con la cultura, la percepción de riesgo y la organización de la atención.

Por tanto, se debe optimizar la relación profesional de la salud-paciente, en especial en lo correspondiente a las indicaciones que se le otorgan a la paciente para la toma de una medicación o suplementación y los efectos colaterales que pueden ocurrir acondicionados por los aspectos culturales de la gestante, para alcanzar un mejor efecto sobre su embarazo y la prevención de la anemia con el empleo del sulfato ferroso^[35].

El estudio brinda una gran representatividad al abarcar a gestantes que residen en uno de los distritos más poblados de Lima como es San Juan de Lurigancho, dentro del cual se encuentra el Hospital San Juan de Lurigancho que tiene gran demanda de pacientes en los diversos servicios, uno de ellos es la atención prenatal, dentro del cual se le tiene que proporcionar una serie de consultas continuas y suplementación nutricional que garantice un óptimo desarrollo del embarazo, por lo que esta muestra refleja parte de la realidad que se afronta en la salud materna en el Perú.

Entre las fortalezas del presente estudio se destaca su relevancia contextual al identificar predictores culturales y sanitarios específicos para la adherencia al sulfato

ferroso, aportando evidencia práctica y actualizada para intervenciones locales en salud materna peruana. Asimismo, el enfoque multivariable brinda una visión integral de barreras y facilitadores, fortaleciendo su aplicabilidad en políticas públicas. Sin embargo, como limitaciones se reconocen el diseño observacional transversal, que imposibilita inferir causalidad y debilita la generalizabilidad más allá de esta población hospitalaria, así como la posible ausencia de control en las variables confusoras (nivel socioeconómico o comorbilidades), por lo que serían necesarios estudios longitudinales y multicéntricos para validar estos hallazgos.

Conclusiones

Los predictores culturales y sanitarios para la adherencia al sulfato ferroso en gestantes fueron el consumo de alcohol y drogas, el olvido en la toma de medicamentos, el apoyo familiar al tratamiento, el consumo previo de hierro, la molestia asociada al sulfato ferroso y la orientación recibida sobre este suplemento. Estos hallazgos, específicamente aplicables a contextos hospitalarios urbanos similares con alta prevalencia de anemia gestacional, destacan la interacción entre factores comportamentales y educativos que limitan la suplementación profiláctica.

Como implicancias en salud pública, se recomienda implementar un programa educativo didáctico para gestantes de todos los trimestres, con orientación precisa sobre la administración del sulfato ferroso, y sesiones demostrativas multidisciplinarias para preparar alimentos ferrofortificados que mitiguen la anemia y resuelvan dudas sobre los suplementos, fortaleciendo así la adherencia terapéutica en poblaciones gestantes urbanas vulnerables.

Información Complementaria

Contribución de los autores (Taxonomía CrediT): EGC: Participó en la conceptualización del estudio curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, administración del proyecto, recursos, software, supervisión, validación, visualización, redacción-borrador original, redacción—revisión y edición. REAM: Participó en la supervisión, revisión y edición.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés financieros, laborales ni personales que hayan influido en el diseño, ejecución, análisis o publicación del presente estudio. El artículo deriva de una tesis para optar el grado de Magíster en Salud Pública en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Financiamiento

El presente estudio fue financiado con recursos propios de los autores y no recibió financiamiento específico

de entidades públicas, privadas ni de organismos internacionales.

Disponibilidad de datos

Los datos generados y analizados durante el presente estudio se encuentran disponibles en el siguiente enlace: <https://doi.org/10.5281/zenodo.22652272>.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a las gestantes participantes del estudio por su colaboración voluntaria, así como al personal de salud del Hospital San Juan de Lurigancho por las facilidades brindadas para la recolección de la información.

Declaración de uso de herramientas de inteligencia artificial (IA)

Los autores declaran no haber utilizado herramientas de IA en la elaboración del presente manuscrito. Todo el contenido fue elaborado, revisado, verificado y validado por los autores, quienes asumen plena responsabilidad por la exactitud, integridad y originalidad del manuscrito.

En el proceso editorial, incluida la revisión por pares, se desarrolló conforme a la política de la revista sobre el uso responsable de herramientas de IA.

Referencias

- Garro V, Thuel M. Anemia por deficiencia de hierro en el embarazo, una visión general del tratamiento. *Revista Médica Sinergia*. 2020; 5(3). DOI: 10.31434/rms.v5i3.397.
- Organización Mundial de la Salud. Anemia. Ginebra: OMS; 2025. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/anaemia>
- Ministerio de Salud. Norma técnica – Manejo terapéutico y preventivo de la anemia en niños, adolescentes, mujeres gestantes y puerperas. Perú: Ministerio de Salud; 2017. <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/4190.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. Adherencia a los Tratamientos a Largo Plazo. Pruebas para la acción. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 2004. <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/41182/adherencia-largo-plazo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- King SE, Yeh PT, Rhee DK, Tuncalp Ö, Rogers LM, Narasimhan M. Self-management of iron and folic acid supplementation during pre-pregnancy, pregnancy and postnatal periods: a systematic review. *BMJ Glob Health*. 2021 May;6(5):e005531. DOI: 10.1136/bmjgh-2021-005531.
- Gomes F, King SE, Dallmann D, Golan J, da Silva ACF, Hurley KM, Bergeron G, Bourassa MW, Mehta S. Interventions to increase adherence to micronutrient supplementation during pregnancy: a systematic review. *Ann N Y Acad Sci*. 2021;1493(1):41-58. DOI: 10.1111/nyas.14545.
- Engidaw MT, Lee P, Fekadu G, Mondal P, Ahmed F. Effect of Nutrition Education During Pregnancy on Iron-Folic Acid Supplementation Compliance and Anemia in Low- and Middle-Income Countries: A Systematic Review and Meta-analysis. *Nutr Rev*. 2025; 83(7):e1472-e1487. DOI: 10.1093/nutrit/nuae170.
- Santander Ballestín S, Giménez Campos MI, Ballestín Ballestín J, Luesma Bartolomé MJ. Is Supplementation with Micronutrients Still Necessary during Pregnancy? A Review. *Nutrients*. 2021; 13(9):3134. DOI: 10.3390/nu13093134.
- Duarte AFM, Carneiro ACSV, Peixoto ATBMM, Montenegro DFP, Campos DSC, Alves APR, Costa ARMM, Fino APM. Oral Iron Supplementation in Pregnancy: Current Recommendations and Evidence-Based Medicine. *Rev Bras Ginecol Obstet*. 2021;43(10):782-788. DOI: 10.1055/s-0041-1736144.
- De la Guardia M, Ruvalcaba J. La salud y sus determinantes, promoción de la salud y educación sanitaria. *JONNPR*. 2020; 5(1). DOI: 10.19230/jonnpr.3215.
- Ortiz Y, Ortiz K, Castro B, Nuñez S, Rengifo G. Factores sociodemográficos y prenatales asociados a la anemia en gestantes peruanas. *Revista electrónica trimestral de Enfermería*. 2019 (56): 273-281. DOI: 10.6018/eglobal.18.4.358801.
- Paredes I, Choque L, Linares A. Factores asociados a los niveles de anemia en gestantes del hospital Hipólito Unanue, Tacna 2016. *Revista Médica Basadrina*. 2018; 12(1): 28-34. DOI: 10.33326/26176068.2018.1.630.
- Macías R. Factores culturales y desarrollo cultural comunitario. Reflexiones desde la práctica. Enciclopedia virtual Eumed.net. 2011. <https://www.eumed.net/libros-gratis/2011c/985/factores%20culturales%20y%20desarrollo%20cultural.html>
- Duque M. Cultura y salud: elementos para el estudio de la diversidad y las inequidades. *Investigación en Enfermería: Imagen y Desarrollo*. 2007; 9(2): 127-142. <https://www.redalyc.org/pdf/1452/145212857004.pdf>
- Garg R, Bala J, Garg, P, Subashini S, Jasline M, Vedamurthy R, et al. Cultural determinants in anemia prevention and management: Insights from women and caregivers. *Indian Journal of Obstetrics and Gynecology Research* 2024;11(3):308–314. DOI: 10.18231/j.ijogr.2024.060.
- Pitigala K. Cultural factors associated with iron deficiency anaemia in pregnancy: a case study of the kalutara district, Sri Lanka. *Proceeding of the 2nd Global Public Health Conference*. 2019; 2: 62-65. DOI: 10.17501/26138417.2019.2107.
- Sedlander E, Long MW, Mohanty S, Munjral A, Bingenheimer JB, Yilma H, Rimal RN. Moving beyond individual barriers and identifying multi-level strategies to reduce anemia in Odisha India. *BMC Public Health*. 2020; 20(1):457. DOI: 10.1186/s12889-020-08574-z.
- Tskhay A, Moldakozhayev A, Morais A. A Scoping Review of Iron Supplementation Programs During Pregnancy: Insights from Global Implementation Strategies. *The Annals of Family Medicine* September 2025, 23 (Supplement 1) 7854. DOI: 10.1370/afm.23.s1.7854.
- Herlina J, Yunitasari E, Rumambo M. Impact of Culture-Bases Family Empowerment on Anemia Prevention Behavior in Pregnant Women: A Systematic Review. 2025. DOI: 10.1101/2025.09.10.25335498.
- Segura A. El sistema sanitario, la atención primaria y la salud pública. *Atención Primaria*. 2018; 50(7): 388-389. DOI: 10.1016/j.aprim.2018.01.001.

21. Desta M, Kassie B, Chanie H, Mulugeta H, Yirga T, Temesgen H, Leshargie CT, Merkeb Y. Adherence of iron and folic acid supplementation and determinants among pregnant women in Ethiopia: a systematic review and meta-analysis. *Reprod Health*. 2019; 16(1):182. DOI: [10.1186/s12978-019-0848-9](https://doi.org/10.1186/s12978-019-0848-9).
22. Sendeku FW, Azeze GG, Fenta SL. Adherence to iron-folic acid supplementation among pregnant women in Ethiopia: a systematic review and meta-analysis. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2020; 20(1):138. DOI: [10.1186/s12884-020-2835-0](https://doi.org/10.1186/s12884-020-2835-0).
23. Dutta RR, Chhabra P, Kumar T, Joshi A. Tackling Anemia in Pregnant Women in India: Reviewing the Obstacles and Charting a Path Forward. *Cureus*. 2023; 15(8):e43123. DOI: [10.7759/cureus.43123](https://doi.org/10.7759/cureus.43123).
24. Mekonen E, Alemu S. Determinant factors of poor adherence to iron supplementation among pregnant women in Ethiopia: A large population-based study. *Heliyon*. 2021; 7(7): e07530. DOI: [10.1016/j.heliyon.2021.e07530](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07530).
25. Fouelifack F, Sama J, Sone C. Assessment of adherence to iron supplementation among pregnant women in the Yaounde gynaeco-obstetric and paediatric hospital. *Pan Afr Med J*. 2019; 34: 211. DOI: [10.11604/pamj.2019.34.211.16446](https://doi.org/10.11604/pamj.2019.34.211.16446).
26. Godoy E. Factores relacionados con la adherencia al sulfato ferroso en gestantes de los establecimientos de salud de la Micro Red Cono Sur de la Región de Salud de Tacna. *Revista Médica Basadrina*. 2020; 14(01): 17-26. DOI: [10.33326/26176068.2020.1.921](https://doi.org/10.33326/26176068.2020.1.921).
27. Ratnaprabha G, Shilpa R, Mary A., Maria J, Mathew R., Johnson A, et al. Barriers to Adherence to Iron Supplements in Pregnancy in Rural South India. *RGUHS National Journal of Public Health*. 2018; 3(4): 17-24.
28. Abal Y, Reynaga M. Factores influyentes en la adherencia de suplementación con sulfato ferroso en gestantes - Centro de Salud Belenpampa Cusco, noviembre 2018 – Enero 2019. [Tesis]. Perú: Universidad Andina del Cusco; 2019. https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/3010/Yuvely_Mervi_Tesis_bachiller_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
29. Ali SH, Wolka E, Liben ML. Adherencia a la suplementación con hierro y ácido fólico y factores asociados entre las asistentes de atención prenatal en instituciones de salud pública: El caso del distrito de Borena, Amhara, Etiopía: Estudio transversal. *Int. J. Child Health Nutr*. 2022;11(1):42-8. DOI: [10.6000/1929-4247.2022.11.01.5](https://doi.org/10.6000/1929-4247.2022.11.01.5).
30. Conga L. Factores relacionados con la adherencia a la suplementación con sulfato ferroso más ácido fólico en gestantes de los establecimientos de la micro red Belén, Red Huamanga, Ayacucho, 2021. [Tesis de Maestría]. Perú: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; 2021. http://repositorio.unsch.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/UNSCH/5344/TM%20SP64_Con.pdf?sequence=1&isAllowed=y
31. Inca V, Munares O. Factores asociados a la adherencia a suplementos de hierro en gestantes atendidas en un centro de salud de Cañete, Perú. *Revista Internacional Salud Materno Fetal*. 2020; 5(1): 3-10. <http://ojs.revistamaternofetal.com/index.php/RISMF/article/view/149>
32. Velez E, Menacho R, Díaz C. Factores relacionados a la adherencia del sulfato ferroso en gestante del Centro de Salud Monterrey, Huaraz 2022. *Llalliq*. 2024; 4(1): 209-225. DOI: [10.32911/llalliq.2024.v4.n1.1128](https://doi.org/10.32911/llalliq.2024.v4.n1.1128).
33. Alfaro K. Factores que influyen a la adherencia del tratamiento profiláctico con sulfato ferroso en gestantes atendidas en el Puesto de Salud de Cruz Blanca, 2021. [Tesis]. Chíncha-Perú: universidad de Autónoma de Ica; 2023. <https://repositorio.autonomadeica.edu.pe/bitstream/20.500.14441/2253/1/ALFARO%20RONDAN%20KAREN%20STEFHANI.pdf>
34. Baltazar Y, Damian L. Factores asociados a la adherencia de sulfato ferroso en gestantes del Centro de Salud Llata, 2022 – 2023. [Tesis]. Huánuco-Perú: Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Facultad de Obstetricia; 2023. <https://repositorio.unheval.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/86a2051f-7dbb-4c6d-b838-307ac7d46802/content>
35. Merino V, Lozano D, Torrico F. Factores que influyen la adherencia a la suplementación con sulfato ferroso durante el embarazo. *Gaceta Médica Boliviana*. 2010; 33(2). <https://www.gacetamedicaboliviana.com/index.php/gmb/article/view/458/364>

Edad de la menarquia y riesgo cardiometabólico en adolescentes y mujeres adultas: Revisión sistemática

Age at Menarche and Cardiometabolic Risk in Adolescent Girls and Adult Women: A Systematic Review

Katty Magdalena Barahona-Ochoa^{1,a}, Lorena Janeth Guerrero-Domínguez^{1,2,b}

¹ Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.

² Universidad Católica de Cuenca. Cuenca, Ecuador.

^a Médica, Posgradista de Ginecología y Obstetricia.

^b Médica, Docente de la Especialización en Ginecología y Obstetricia.

Información del artículo

Citar como: Barahona-Ochoa KM, Guerrero-Domínguez LJ. Edad de la menarquia y riesgo cardiometabólico en adolescentes y mujeres adultas: Revisión sistemática. Health Care & Global Health.2026;10(3):187-205.

DOI: 10.22258/hgh.v10i3.463

Autor de Correspondencia

Katty Magdalena Barahona Ochoa
Dirección: Cuenca, Ecuador.
Email: kattybna@gmail.com
Teléfono: +593999087996

Historial del artículo

Recibido: 11 de junio de 2026
Primera decisión editorial: 8 de julio de 2026
Versión revisada recibida: 17 de agosto de 2026
Aceptado: 25 de agosto de 2026
Publicado en línea: 15 de septiembre de 2026

Proceso de revisión

Tipo de revisión: revisión por pares doble ciego
Número de revisores externos: 2
Rondas de revisión: 2



Resumen

Introducción: La edad de la menarquia podría reflejar patrones tempranos de riesgo metabólico y se ha relacionado con obesidad, diabetes, hipertensión y enfermedad cardiovascular en etapas posteriores. **Objetivo:** Comparar el riesgo cardiometabólico en adolescentes y mujeres adultas con menarquia temprana, normal y tardía mediante una revisión sistemática. **Metodología:** Se realizó una búsqueda sistemática en MEDLINE/PubMed y Scopus, siguiendo PRISMA 2020. Se incluyeron estudios observacionales, cohortes, transversales, casos y controles, análisis poblacionales y estudios genéticos publicados entre 2021 y 2026, que evaluaron la edad de la menarquia en relación con obesidad, síndrome metabólico, diabetes mellitus tipo 2, resistencia a la insulina, hipertensión, dislipidemia o enfermedad cardiovascular. La selección se efectuó por dos revisores independientes mediante Rayyan; las discrepancias fueron resueltas por consenso o por un tercer revisor. La calidad metodológica se valoró con las herramientas del NHLBI. Se incluyeron 36 estudios para síntesis narrativa. El protocolo fue registrado en PROSPERO con el código CRD420261301527. **Resultados:** La mayoría de los estudios presentó calidad metodológica buena o regular. La menarquia temprana se asoció con mayor riesgo de obesidad general y abdominal, síndrome metabólico, hipertensión, dislipidemia, resistencia a la insulina y diabetes mellitus tipo 2. La asociación fue más consistente para adiposidad y síndrome metabólico; los desenlaces glucémicos y cardiovasculares mostraron mayor heterogeneidad. Algunas asociaciones se atenuaron tras ajustar por índice de masa corporal, sugiriendo un papel mediador de la adiposidad. Varios estudios identificaron patrones no lineales, con mayor riesgo también en menarquia tardía. **Conclusiones:** La menarquia temprana parece ser un marcador clínico temprano de susceptibilidad cardiometabólica. Se requieren cohortes prospectivas para aclarar causalidad, mediadores y puntos de corte poblacionales.

Palabras clave: Menarquia; Síndrome Metabólico; Enfermedades Cardiovasculares; Enfermedades Metabólicas (Fuente: DeCS, BIREME).

Abstract

Introduction: The age of menarche may reflect early patterns of metabolic risk and has been linked to obesity, diabetes, hypertension, and cardiovascular disease in later stages. **Objective:** To compare cardiometabolic risk in adolescent and adult women with early, normal, and late menarche using a systematic review. **Methodology:** A systematic search was conducted in MEDLINE/PubMed and Scopus, following PRISMA 2020 guidelines. Observational, cohort, cross-sectional, case-control, population-based, and genetic studies published between 2021 and 2026 that assessed the age of menarche in relation to obesity, metabolic syndrome, type 2 diabetes mellitus, insulin resistance, hypertension, dyslipidemia, or cardiovascular disease were included. Selection was performed by two independent reviewers using Rayyan; discrepancies were resolved by consensus or a third reviewer. Methodological quality was assessed using NHLBI tools. Thirty-six studies were included for narrative synthesis. The protocol was registered in PROSPERO with the code CRD420261301527. **Results:** Most studies presented good or fair methodological quality. Early menarche was associated with a higher risk of general and abdominal obesity, metabolic syndrome, hypertension, dyslipidemia, insulin resistance, and type 2 diabetes mellitus. The association was more consistent for adiposity and metabolic syndrome; glycemic and cardiovascular outcomes showed greater heterogeneity. Some associations were attenuated after adjusting for body mass index, suggesting a mediating role of adiposity. Several studies identified nonlinear patterns, with a higher risk also associated with late menarche. **Conclusions:** Early menarche appears to be an early clinical marker of cardiometabolic susceptibility. Prospective cohorts are needed to clarify causality, mediators, and population cut-off points.

Keywords: Menarche; Metabolic Syndrome; Cardiovascular Diseases; Metabolic Diseases (Source: MeSH, NLM).

Introducción

El síndrome metabólico es un trastorno caracterizado por la combinación de factores de riesgo, que incluyen obesidad abdominal, dislipidemia, intolerancia a la glucosa e hipertensión arterial, condiciones que suelen manifestarse en la adultez, pero su origen puede iniciar mucho antes, durante la infancia y la adolescencia ^{[1] [2]}. El síndrome metabólico constituye uno de los principales problemas de salud pública en la mujer, debido a su relación directa con diabetes mellitus tipo 2, enfermedad cardiovascular, enfermedad hepática metabólica y mortalidad prematura ^[3]. La carga mundial del síndrome metabólico ha aumentado de forma sostenida en las últimas décadas, lo que evidencia la necesidad de identificar marcadores tempranos que permitan reconocer trayectorias de riesgo antes de que aparezca la enfermedad clínica ^{[4] [5]}.

Desde la perspectiva ginecológica, la menarquia representa un evento clave del desarrollo puberal femenino. Los factores que determinan la edad de la menarquia se investigan continuamente; se cree que está influenciada por las condiciones socioeconómicas, la genética, la salud general, el estado nutricional, el ejercicio, la estacionalidad y el tamaño de la familia ^[6] ^[7]. La aparición temprana de la primera menstruación se ha relacionado con mayor adiposidad, resistencia a la insulina, diabetes mellitus tipo 2, hipertensión, dislipidemia y riesgo cardiovascular en etapas posteriores de la vida ^[8] ^[9]. Por ello, la edad de la menarquia podría funcionar como un dato clínico sencillo, obtenido durante la anamnesis, para reconocer mujeres con mayor susceptibilidad cardiometabólica desde edades tempranas.

Si bien la menarquia suele ocurrir entre los 10 y los 15 años, su edad es variable; no existen definiciones estándar de menarquia temprana y tardía ^[10]. En términos generales, la menarquia temprana se considera aquella que ocurre antes de los 12 años y la menarquia tardía, luego de los 16 años. De acuerdo con la Asociación Americana de Ginecología y Obstetricia (ACOG), la edad mediana de aparición se sitúa entre los 12 y 13 años en poblaciones bien nutridas, aunque puede variar según factores genéticos, nutricionales, ambientales y socioeconómicos. Se considera menarquia temprana cuando ocurre antes de los 12 años, mientras que la ausencia de menarquia hacia los 15 años, o dentro de los tres años posteriores a la telarquia, debe motivar evaluación clínica por posible retraso puberal o amenorrea primaria ^{[11] [12]}.

Los estudios han evaluado la asociación entre la edad de la menarquia y distintos desenlaces cardiometabólicos, lo que podría constituir una señal temprana de susceptibilidad cardiometabólica, y plantean la necesidad de integrar la evidencia disponible sobre dicha asociación. Identificar desde qué etapa puede originarse el riesgo

metabólico en la mujer permitirá generar estrategias preventivas desde la adolescencia y mejorar la vigilancia clínica a lo largo de la vida reproductiva.

En este contexto, la presente revisión sistemática tiene como objetivo comparar el riesgo cardiometabólico en adolescentes y mujeres adultas con menarquia temprana, normal y tardía, considerando desenlaces como síndrome metabólico y sus componentes: obesidad, resistencia a la insulina, diabetes mellitus tipo 2, hipertensión, dislipidemia y otros marcadores metabólicos.

Metodología

Tipo de estudio

Revisión sistemática de la literatura, diseñada conforme a los lineamientos establecidos por la declaración PRISMA 2020 (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) ^[13]. El protocolo de estudio se registró en PROSPERO bajo el código CRD420261301527, disponible en el siguiente link: <https://www.crd.york.ac.uk/PROSPERO/view/CRD420261301527>.

Criterios de elegibilidad

Se incluyeron estudios observacionales, de cohorte, transversales, de casos y controles, y estudios con análisis genético o de aleatorización mendeliana que evaluaran la asociación entre la edad de la menarquia y el riesgo cardiometabólico en adolescentes o mujeres adultas.

Se excluyeron cartas al editor, revisiones narrativas, resúmenes de congresos, estudios en animales y aquellos que no reportaran desenlaces metabólicos o cardiometabólicos.

La pregunta de investigación se estructuró mediante el modelo PECO, considerado apropiado para revisiones de estudios observacionales centradas en una exposición:

P (población): adolescentes y mujeres adultas

E (exposición): menarquia temprana

C (comparación): menarquia en edad normal o tardía

O (desenlaces): obesidad general y abdominal, síndrome metabólico, resistencia a la insulina, diabetes mellitus tipo 2, hipertensión, dislipidemia y enfermedad cardiovascular.

Con base en este modelo, se planteó la siguiente pregunta: ¿Cuál es la asociación entre la menarquia temprana, en comparación con la menarquia normal o tardía, y el riesgo de presentar desenlaces cardiometabólicos en adolescentes y mujeres adultas?

Fuentes de información

Se realizó una búsqueda en las bases de datos científicas dedicadas a la investigación biomédica: MEDLINE/PubMed y Scopus por su amplia cobertura, rigurosidad

y relevancia internacional en el ámbito de las ciencias biomédicas y de la salud. La búsqueda se realizó entre diciembre de 2025 y abril de 2026. La última actualización se efectuó el 30 de abril de 2026.

Estrategia de búsqueda

Se realizó una búsqueda sistemática de la literatura en las bases de datos MEDLINE/PubMed y Scopus, considerando artículos publicados durante los últimos cinco años. La estrategia de búsqueda incluyó términos relacionados con la exposición de interés y los desenlaces metabólicos, combinados mediante operadores booleanos.

La búsqueda se limitó a estudios publicados en idioma inglés o español, y disponibles como artículos originales. Además, se revisaron las listas de referencias de los estudios seleccionados con el fin de identificar investigaciones.

Las estrategias de búsqueda se presentan en el **Anexo**

1. Los principales desenlaces considerados fueron obesidad general y abdominal, síndrome metabólico, resistencia a la insulina, diabetes mellitus tipo 2, hipertensión, dislipidemia y enfermedad cardiovascular.

Selección de estudios

Los registros identificados se importaron a la herramienta Rayyan, que facilitó el proceso de selección de estudios. Dos revisores realizaron de manera independiente la evaluación de títulos y resúmenes. Posteriormente, los artículos potencialmente elegibles fueron revisados a texto completo para confirmar el cumplimiento de los criterios de inclusión.

Las discrepancias entre revisores fueron resueltas por discusión. En caso de persistir desacuerdos, participó un tercer revisor.

Proceso de extracción de datos

La extracción de datos se realizó de manera conjunta por los autores mediante una matriz previamente diseñada. Se recopiló información del autor, país, tipo de estudio, tamaño muestral, edad de la población, definición de menarquia temprana, desenlaces evaluados, medidas de asociación reportadas y principales hallazgos.

Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo

La calidad metodológica y el riesgo de sesgo de los estudios incluidos se evaluaron mediante las herramientas del *National Heart, Lung, and Blood Institute (NHLBI) Study Quality Assessment Tools*, seleccionando el instrumento correspondiente según el diseño de cada estudio. Cada estudio fue clasificado como de buena, regular o baja calidad metodológica ^[14].

Debido a la heterogeneidad clínica y metodológica de los estudios incluidos y a la ausencia de metaanálisis,

no se realizó una evaluación estadística formal del sesgo de publicación. Sin embargo, se valoró de forma cualitativa la posibilidad de sesgo por resultados faltantes o publicación selectiva, considerando la disponibilidad de resultados completos, la consistencia entre objetivos y desenlaces reportados, y la presencia de estudios con resultados no significativos.

No se realizó una evaluación formal de la certeza de la evidencia mediante GRADE, debido a la elevada heterogeneidad clínica y metodológica de los estudios incluidos, la variabilidad en las definiciones de menarquia temprana y la diversidad de desenlaces y medidas de asociación reportadas, lo que limitó la comparación directa y la estimación global de los efectos. En su lugar, la evidencia se interpretó considerando la calidad metodológica y el riesgo de sesgo evaluados mediante las herramientas del NHLBI.

Síntesis de la evidencia

No se realizó metaanálisis debido a la elevada heterogeneidad clínica y metodológica entre los estudios incluidos. Las investigaciones difirieron en el diseño, población, definición de menarquia temprana, desenlaces evaluados y medidas de asociación reportadas. Dado que no fue posible obtener una estimación cuantitativa comparable, los resultados se organizaron mediante síntesis narrativa por categorías de desenlace cardiometabólico.

Disponibilidad de datos

Los datos analizados en esta revisión sistemática provienen de artículos científicos publicados y disponibles en las bases de datos consultadas. La información relacionada con el proceso de identificación, cribado, selección y elegibilidad de los estudios fue gestionada y registrada en la plataforma Rayyan.

Resultados

La búsqueda inicial identificó 578 registros en las bases de datos consultadas. Después de eliminar 12 artículos duplicados, se evaluaron 566 registros por título. En esta etapa se excluyeron 445 artículos, por no cumplir con el objetivo de la revisión. Posteriormente, se revisaron los resúmenes de 121 artículos, de los cuales 65 fueron excluidos. Se evaluaron 56 artículos a texto completo y se excluyeron 21 por no aportar información relevante al tema o no cumplir con los criterios de elegibilidad. Finalmente, 36 estudios fueron incluidos en la revisión sistemática: 13 estudios de cohorte, uno con análisis genético; 10 transversales, cinco de aleatorización mendeliana, cuatro observacionales, uno de casos y controles y uno basado en encuestas poblacionales. Además, dos investigaciones utilizaron diseños mixtos. El proceso de identificación, selección, elegibilidad e inclusión se presenta en la **Figura 1**.

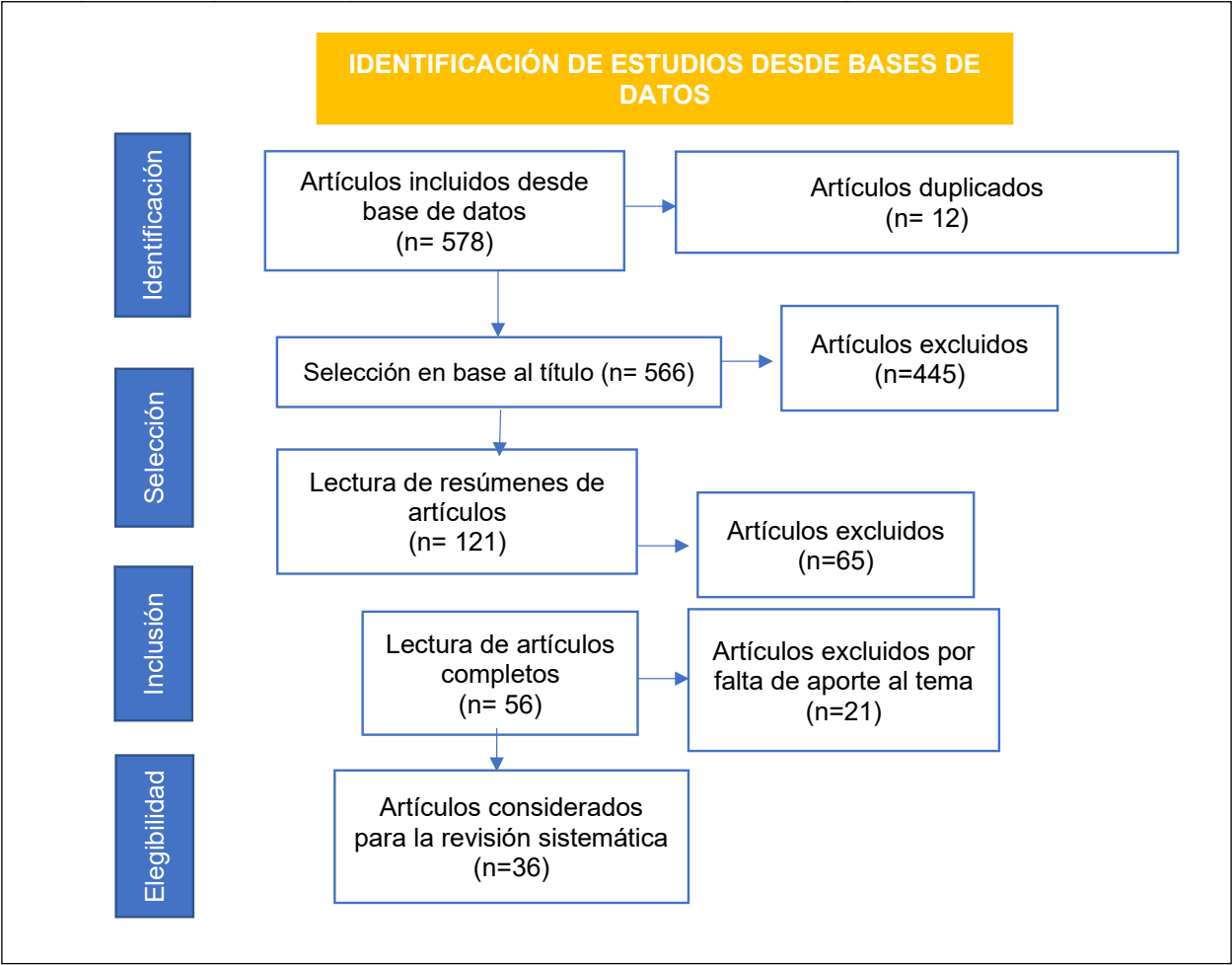


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios según la declaración PRISMA.

Los 36 estudios publicados entre 2021 y 2026 evaluaron la asociación entre la edad de la menarquia y el riesgo cardiometabólico en adolescentes y mujeres adultas. Los estudios incluidos analizaron desenlaces como síndrome metabólico, obesidad, resistencia a la insulina, diabetes mellitus tipo 2, hipertensión arterial, dislipidemia, enfermedad cardiovascular y otros marcadores metabólicos. Los tamaños muestrales fueron heterogéneos, desde estudios con menos de 500 participantes hasta investigaciones poblacionales con más de un millón de mujeres, abarcando poblaciones de América, Europa, Asia y Medio Oriente. Las características generales de los estudios se presentan en la **Tabla 1**.

La edad de las participantes varió desde adolescentes y mujeres jóvenes hasta mujeres adultas, posmenopáusicas y de edad avanzada. Esta diversidad permitió explorar si la menarquia temprana, normal o tardía se relaciona con el riesgo metabólico en distintas etapas del curso de vida femenino.

Para facilitar la interpretación de la evidencia, los resultados se organizaron en categorías según el

desenlace principal evaluado: síndrome metabólico y sus componentes ^{[15] [16] [17] [18] [19] [20]}, obesidad y adiposidad ^{[21] [22] [23] [24] [25] [26] [27] [28]}, metabolismo glucémico y diabetes ^{[29] [30] [31] [32] [33] [34] [35]}, hipertensión arterial y presión arterial ^{[36] [37] [38] [39] [40]}, y enfermedad cardiovascular, ictus y aterosclerosis ^{[41] [42] [43] [44] [45] [46] [47] [48] [49] [50]} (**Tabla 2**).

Definición de menarquia temprana

La definición de menarquia temprana no fue uniforme entre los estudios incluidos. Algunos autores la definieron como la aparición de la primera menstruación antes de los 11 años; otros utilizaron puntos de corte menores de 12 o 13 años, mientras que ciertos estudios analizaron la edad de la menarquia como variable continua o por categorías. En varios trabajos, la edad considerada normal se ubicó entre los 12 y 15 años, aunque el grupo de referencia también varió entre estudios.

Menarquia y metabolismo glucémico

Diversos estudios evaluaron la relación entre la edad de la menarquia y alteraciones del metabolismo glucémico, incluyendo diabetes mellitus tipo 2, resistencia a la insulina, glucosa en ayunas, hemoglobina glicosilada, índice HOMA-IR e índice triglicérido-glucosa (TyG). En

Tabla 1. Características de los estudios incluidos según categoría de desenlace cardiometabólico.

Categoría	Autor	País	n	Edad
Síndrome metabólico	Farahmand <i>et al.</i>	Irán	5 500	≥20 años
	Rahimi <i>et al.</i>	Irán	3 000	40 años
	Wu <i>et al.</i>	China	23 382	≥40 años
	Kwan <i>et al.</i>	Corea del Sur	30 916	≥30 años
	Pereira <i>et al.</i>	Chile	729	18 años
	Santos <i>et al.</i> a	China	19 228	≥20 años
Obesidad y adiposidad	Bubach <i>et al.</i>	Brasil	1 680	30,2 años
	Jiang <i>et al.</i>	Estados Unidos	19 170	20–80 años
	Rakic <i>et al.</i>	Serbia	102	21–25 años
	Kheradmand <i>et al.</i>	Irán	6 103	35–70 años
	Amiri <i>et al.</i>	Irán	1 636	Posmenopáusicas
	Asrullah <i>et al.</i>	Indonesia	15 744	15–65 años
	Feng <i>et al.</i>	China	9 097	25–64 años
	Prince <i>et al.</i>	Reino Unido	273 238	No aplica edad clínica única
	Stöckl <i>et al.</i>	Alemania	4261	25–74 años
	Hu <i>et al.</i>	China	121 431	≥40 años
Metabolismo glucémico y diabetes	Benny <i>et al.</i>	Singapur	2 715	45–69 años
	Xue <i>et al.</i>	China	5 492	≥45 años
	Santos <i>et al.</i> b	Estados Unidos	17 377	20–65 años
	Gupta <i>et al.</i>	India	3 654	Media 37,7 ± 10,4; rango 20–85
	Angelopoulou <i>et al.</i>	Grecia	5 390	Gestantes
	Oyama	Polinesia	285	32–72 años
	Hasan <i>et al.</i>	Bangladesh	301	51,63 ± 5,77
	Ibáñez-García <i>et al.</i>	México	462	Posmenopáusicas
Hipertensión y presión arterial	Quarpong <i>et al.</i>	India	644 191	15–49 años
	Xu <i>et al.</i>	China	38 396	20–74 años
	Walker <i>et al.</i>	Estados Unidos	2 397	55 años
	Wang <i>et al.</i>	Reino Unido	189 411	55,88 años
Enfermedad cardiovascular, ictus y aterosclerosis	Jeong <i>et al.</i>	Corea del Sur	1 088 992	43,8 ± 5,3
	Zheng <i>et al.</i>	Multinacional	No aplica	Datos de GWAS
	Fan <i>et al.</i>	Taiwán	71 923 en Taiwan Biobank; 1589 en CCCC	Adultas; CCCC ≥35 años
	Sonawalla <i>et al.</i>	Reino Unido / Estados Unidos	201 037 en UK Biobank; 23 268 en WGHS	UK Biobank ≥40 años; WGHS ≥45 años
	Meena <i>et al.</i>	Multinacional	No aplica	Datos de GWAS
	Chen <i>et al.</i>	China	No aplica	Datos de GWAS
	Jee <i>et al.</i>	Multinacional / GWAS	No aplica muestra única	No aplica
	Clayton <i>et al.</i>	Reino Unido	65 000	38–73 años
	Nota: Los estudios con datos de GWAS no reportan una edad clínica única, ya que utilizan información genética agregada procedente de consorcios o biobancos poblacionales. Abreviaturas: CCCC: CardioVascular Disease risk FACTors Two-township Study; GWAS: Genome-Wide Association Study; n: tamaño muestral; UK Biobank: United Kingdom Biobank; WGHS: Women's Genome Health Study.			

general, la menarquia temprana se asoció con mayor riesgo de alteraciones glucémicas y peor perfil metabólico.

Stöckl *et al.* [30] reportaron que una mayor edad de menarquia se relacionó con menor riesgo de diabetes mellitus tipo 2 (RR: 0,88; IC95%: 0,86–0,91). De forma similar, Pierce *et al.* encontraron que cada año adicional en la edad de la menarquia se asoció con menor riesgo

de diabetes (HR: 0,73; IC95%: 0,56–0,96), aunque esta asociación disminuyó tras el ajuste por índice de masa corporal adulto. En estudios realizados en población asiática, Feng *et al.* [28] observaron que una menarquia más tardía se asoció con menores niveles de triglicéridos, menor índice TyG y concentraciones más favorables de colesterol HDL.

Tabla 2. Principales hallazgos de los estudios incluidos según desenlace cardiometabólico.

Autor	Edad menarquia	Resultado evaluado	Medida de asociación	Hallazgos
Síndrome metabólico y sus componentes				
Santos <i>et al.</i> , ^[15]	(<12, 12–13, ≥14 años)	Síndrome metabólico, obesidad abdominal y dislipidemia	La edad de menarquia mostró asociación inversa significativa con proteína C reactiva, insulina en ayunas y glucosa en ayunas en modelos ajustados ($p < 0,05$). La menarquia temprana se asoció con mayor HOMA-IR y menor QUICKI ($p < 0,05$).	La menarquia precoz se asoció con mayor riesgo de síndrome metabólico y sus componentes, evidenciando una relación inversa entre edad de menarquia y riesgo cardiometabólico.
Farahmand <i>et al.</i> ^[16]	≤11 años; referencia 12–15 años	Síndrome metabólico y componentes	La menarquia temprana se asoció con mayor probabilidad de síndrome metabólico (OR: 1,34; IC95%: 1,04–1,71) y obesidad abdominal (OR: 1,45; IC95%: 1,14–1,86). En los análisis por cohorte de nacimiento, la asociación fue más marcada en cohortes antiguas, con OR de 1,87 (IC95%: 1,04–3,36) y 1,33 (IC95%: 1,00–1,89).	La menarquia temprana se asoció con mayor riesgo de MetS y obesidad abdominal; el efecto varió por cohorte de nacimiento.
Rahimi <i>et al.</i> ^[17]	<11 vs 12–13 años	Componentes del síndrome metabólico	Mayor riesgo de síndrome metabólico (OR ajustado: 1,23; IC95%: 1,01–1,51), asociado con triglicéridos, presión arterial, glucosa y circunferencia de cintura elevados, HDL bajo y peor perfil metabólico global.	La menarquia temprana se asocia significativamente con mayor riesgo y componentes del síndrome metabólico, persistiendo tras ajustes por factores demográficos, clínicos y reproductivos
Wu ^[18]	≤13 años vs 15–16	Síndrome metabólico y sus componentes: obesidad central, glucosa elevada, presión arterial elevada, triglicéridos elevados y colesterol HDL bajo	Síndrome metabólico: OR 1,16. Por cada año adicional en la edad de menarquia: obesidad central OR 0,92 (IC95%: 0,90–0,94); glucosa elevada OR 0,96 (IC95%: 0,94–0,97); presión arterial elevada OR 0,967 (IC95%: 0,95–0,98); triglicéridos elevados OR 0,96 (IC95%: 0,94–0,97); HDL bajo OR 0,96 (IC95%: 0,95–0,98).	18 años
Kwan <i>et al.</i> ^[19]	<11 años vs 14	Síndrome metabólico Obesidad Diabetes	Asociación significativa entre edad de menarquia y síndrome metabólico, obesidad y diabetes; se observó un patrón no lineal.	Identificaron una asociación significativa entre menarquia precoz y mayor riesgo de síndrome metabólico, obesidad y diabetes, observándose además una relación no lineal en forma de J invertida."
Pereira ^[20]	<10 años y >19	Síndrome metabólico	Por cada año adicional en la edad de menarquia: síndrome metabólico OR 0,54 (IC95%: 0,33–0,90); triglicéridos elevados OR 0,57 (IC95%: 0,39–0,83); relación triglicéridos/glucosa elevada OR 0,63 (IC95%: 0,43–0,92).	Asociación inversa significativa entre edad de menarquia y riesgo metabólico; la menarquia más temprana se asocia con mayor riesgo de síndrome metabólico y alteraciones lipídicas, efecto que persiste tras ajuste solo en mujeres.
Obesidad, adiposidad y composición corporal				
Prince <i>et al.</i> ^[21]	Edad de la menarquia analizada con datos genéticos	Adiposidad adulta	Una menor edad de menarquia se relacionó con mayor tamaño corporal en la adultez; sin embargo, el estudio se centra en explicar la relación entre adiposidad y menarquia, no en evaluar directamente el síndrome metabólico.	la adiposidad infantil favorece menarquia temprana y la menarquia temprana contribuye a mayor adiposidad adulta.
Bubach <i>et al.</i> , 2021 ^[22]	< 12 años	IMC, circunferencia cintura, glucosa, insulina, lípidos	La menarquia temprana se asoció con valores más altos de presión arterial diastólica (β : 1,98; IC95%: 0,56–3,40), colesterol total (β : 8,28; IC95%: 2,67–13,88), colesterol LDL (β : 6,53; IC95%: 2,00–11,07), triglicéridos (β : 0,11; IC95%: 0,03–0,19), relación cintura-cadera (β : 1,97; IC95%: 0,97–2,97) e índice de masa corporal (β : 3,58; IC95%: 2,66–4,50).	La menarquia precoz se asoció con mayor adiposidad y peor perfil cardiometabólico; la adiposidad actuó como mediador.

Jiang <i>et al</i> [23]	< 12 años	Índice de masa corporal, circunferencia de cintura, índice cintura/talla, índice cintura ajustado, edad, raza, nivel socioeconómico	Asociación inversa (β significativa, $p < 0,05$; no se reporta OR específico)	La edad de la menarquia se asoció negativamente con los indicadores de obesidad; la menarquia temprana se relacionó con mayor riesgo de obesidad en la adultez.
Rakic <i>et al</i> [24]	<12 años	Obesidad general y abdominal	Edad de menarquia como continua: IMC OR 0,701 (0,505–0,974); circunferencia de la cintura OR 0,658 (0,469–0,925); relación cintura-talla OR 0,680 (0,479–0,966).	A mayor edad de menarquia, menor probabilidad de obesidad general/abdominal; la menarquia temprana se asoció con mayor IMC, cintura y relación cintura-talla.
Kheradmand <i>et al</i> [25]	≤ 11 años; referencia ≥ 14 años	Diabetes, obesidad y adiposidad central	Obesidad: OR 1,64 (1,36–1,99); circunferencia de la cintura alta: OR 1,34 (1,07–1,67); índice cintura/cadera alto: OR 1,32 (1,05–1,66); circunferencia de cintura / talla alto: OR 1,83 (1,22–2,74).	La menarquia temprana fue predictor de obesidad, diabetes y adiposidad central; circunferencia de cintura / talla mostró el mayor poder predictivo.
Amiri <i>et al</i> [26]	Menarquia temprana <12 años; normal 12–15 años; tardía >15 años	Cambios de índice de masa corporal, cintura e índice de forma corporal	Cambio de IMC en menarquia temprana: +1,18 kg/m ² vs menarquia normal ($p=0,030$).	La menarquia temprana se asoció con mayor índice de masa corporal a lo largo del tiempo en mujeres posmenopáusicas.
Asrullah <i>et al</i> [27]	Edad de menarquia continua	IMC, peso corporal y enfermedades no transmisibles	Cada año adicional en la edad de la menarquia se asoció con menor índice de masa corporal (β : -0,30 kg/m ² ; IC95%: -0,37 a -0,22) y menor peso corporal (β : -0,67 kg; IC95%: -0,75 a -0,54). No se observó asociación significativa con hipertensión arterial, diabetes mellitus tipo 2, enfermedad cardiovascular, ictus, cáncer u otras enfermedades no transmisibles.	La menarquia más temprana se asoció con mayor índice de masa corporal y peso posterior, pero no con prevalencia de enfermedades no transmisibles tras ajuste por edad.
Feng <i>et al</i> [28]	Edad continua	IMC, grasa corporal, factores metabólicos cardiovasculares, menopausia	La menarquia temprana se asoció significativamente con mayor índice de masa corporal, mayor grasa corporal y un perfil cardiometabólico más desfavorable ($p < 0,05$).	La menarquia temprana se relaciona con mayor adiposidad y mayor riesgo cardiometabólico independiente del envejecimiento.
Metabolismo glucémico, resistencia a la insulina y diabetes				
Angelopoulou <i>et al</i> [29]	<12 años	Diabetes gestacional	La menarquia temprana se asoció con mayor riesgo de diabetes gestacional (OR: 1,08; IC95%: 1,03–1,14) y obesidad (OR: 1,70; IC95%: 1,50–1,90). Sin embargo, la asociación con diabetes gestacional perdió significancia tras el ajuste por índice de masa corporal.	La menarquia temprana se asoció con mayor riesgo de GDM, pero la asociación parece explicarse principalmente por índice de masa corporal.
Stöckl <i>et al</i> [30]	Variable continua	Prediabetes	38 396	20–74 años
Hu <i>et al</i> [31]	≤ 13 años vs ≥ 16 años	Diabetes mellitus tipo 2	La menarquia temprana se asoció con mayor riesgo de diabetes mellitus tipo 2 (OR ajustado aproximado: 1,2–1,3). Se observó tendencia significativa ($p < 0,05$); por cada año adicional en la edad de menarquia, el riesgo disminuyó (OR < 1).	La menarquia precoz se asocia con mayor riesgo de diabetes; existe una relación dosis–respuesta inversa y el efecto puede atenuarse por factores de salud cardiovascular.
Benny <i>et al</i> [32]	<12 vs 14–15 años	Índice de masa grasa, grasa visceral, HOMA-IR, diabetes tipo 2	La menarquia temprana se asoció con mayor riesgo de diabetes mellitus tipo 2 (RR: 1,60; IC95%: 1,04–2,45), mayor índice de masa grasa (10,9 vs. 10,3; $p < 0,001$), mayor grasa visceral (134 vs. 113 cm ² ; $p = 0,05$) y valores más altos de HOMA-IR (1,20 vs. 1,03; $p = 0,08$).	La menarquia temprana se asocia con mayor adiposidad, resistencia a la insulina y mayor riesgo de diabetes tipo 2.
Xue <i>et al</i> [33]	≥ 16 años y <16 años.	Índice de lípidos y triglicéridos-glucosa.	Cada año adicional en la edad de menarquia se asoció con mayor HDL-C (β : 0,316 mg/dL; $p = 0,005$), menor triglicéridos (β : -2,90 mg/dL; $p = 0,002$) y menor índice triglicéridos-glucosa (β : -0,019; $p < 0,001$), tras ajuste por edad, índice de masa corporal y diabetes.	Una mayor edad de menarquia se relacionó con un perfil metabólico más favorable, caracterizado por mayor HDL-C, menor triglicéridos y menor índice triglicéridos-glucosa. En consecuencia, la menarquia más temprana se asoció con dislipidemia y mayor resistencia a la insulina, con efectos más evidentes según diabetes y estado civil.

Santos <i>et al</i> ^[34]	13 años	Diabetes mellitus tipo 2; enfermedad cardiovascular y accidente cerebrovascular en mujeres con diabetes.	La edad de la menarquia mostró una asociación significativa con diabetes mellitus tipo 2 tras el ajuste completo ($p=0,03$). En mujeres con diabetes, la menarquia antes de los 10 años se asoció con mayor riesgo de accidente cerebrovascular (OR ajustado: 2,66; IC95%: 1,07–6,64).	La menarquia más temprana se asoció con mayor probabilidad de diabetes tipo 2 en mujeres menores de 65 años. En mujeres con diabetes, la menarquia extremadamente temprana se asoció con mayor riesgo de accidente cerebrovascular, pero no con enfermedad cardiovascular total.
Gupta <i>et al</i> ^[35]	Edad de menarquia continua y categorías ≤ 12 , 13 ref., 14, ≥ 15	Diabetes tipo 2 incidente	Al analizar la edad de menarquia como variable continua, no se observó asociación significativa con diabetes mellitus tipo 2 incidente (HR: 1,04; IC95%: 0,95–1,14). En el análisis por categorías, tampoco se identificó asociación significativa para menarquia a los 14 años (HR: 1,27; IC95%: 0,79–2,02) ni para menarquia a los 15 años o más (HR: 1,28; IC95%: 0,81–2,03).	No encontró asociación entre edad de menarquia y diabetes incidente en mujeres urbanas de India, incluso tras ajustar/estratificar por adiposidad.
Hipertensión y presión arterial				
Hasan <i>et al</i> ^[36]	≤ 12 años	Hipertensión	La menarquia temprana se asoció con mayor probabilidad de hipertensión arterial (AOR: 4,29; IC95%: 1,44–12,74). También se identificaron asociaciones con obesidad (AOR: 7,18; IC95%: 1,95–26,42) y circunferencia de cintura elevada (AOR: 4,98; IC95%: 1,23–20,18).	La menarquia temprana se asoció con hipertensión en mujeres menopáusicas; obesidad y adiposidad central fueron factores asociados importantes.
Quarpong <i>et al</i> ^[37]	< 13 años	Presión arterial sistólica y diastólica, glucosa en sangre aleatoria, índice de masa corporal, circunferencia de la cintura y uso de farmacoterapia antihiper glucémica y antihipertensiva	En modelos ajustados, la menarquia temprana se asoció con mayor probabilidad de pertenecer al grupo de sobrepeso aislado (OR: 1,62; IC95%: 1,49–1,75) y al grupo de sobrepeso con hipertensión (OR: 1,21; IC95%: 1,02–1,43). No se observó asociación significativa con el grupo de sobrepeso y desregulación de la glucosa (OR: 1,54; IC95%: 0,94–2,54).	La menarquia temprana se asoció con mayor probabilidad de perfiles cardiometabólicos adversos relacionados con sobrepeso y presión arterial, sin asociación significativa con alteraciones glucémicas; los resultados sugieren que la adiposidad media la relación entre menarquia y riesgo cardiometabólico.
Clayton <i>et al</i> ^[38]	Edad continua con relación inversa	Perfil lipídico	Se evaluaron 249 biomarcadores metabólicos mediante resonancia magnética nuclear. Una mayor edad de menarquia se asoció significativamente con un perfil lipídico más favorable, caracterizado por mayor HDL y menores VLDL y triglicéridos ($p < 0,001$). Estas asociaciones se atenuaron tras el ajuste por índice de masa corporal.	Una mayor edad de menarquia se asoció con un perfil metabólico menos aterogénico; sin embargo, estas asociaciones se atenuaron ampliamente al ajustar por IMC, lo que indica que la adiposidad explica en gran medida la relación.
Xu <i>et al</i> ^[39]	< 13 años	Fenotipos cardiometabólicos: sobrepeso aislado, sobrepeso con hipertensión y sobrepeso con desregulación glucémica	La menarquia temprana se asoció con mayor probabilidad de pertenecer a fenotipos cardiometabólicos adversos, principalmente sobrepeso aislado (OR aproximado: 1,6) y sobrepeso con hipertensión (OR aproximado: 1,2). No se observó asociación significativa con desregulación glucémica en algunos modelos, ya que el intervalo de confianza incluyó el valor nulo.	La menarquia temprana se asocia principalmente con obesidad y combinaciones con hipertensión; la relación con glucosa es inconsistente.
Ibáñez-García <i>et al</i> ^[40]	< 12 años; vs ≥ 12 años	Obesidad e hipertensión	La menarquia temprana se asoció con mayor prevalencia de obesidad (PR: 1,36; IC95%: 1,08–1,70) e hipertensión arterial (PR: 1,34; IC95%: 1,06–1,71). El efecto indirecto mediado por obesidad fue significativo (PR: 1,18; IC95%: 1,05–1,33), explicando el 61,6% de la asociación.	La menarquia temprana se asoció con obesidad e hipertensión en posmenopáusicas; la obesidad medió gran parte de la asociación.

Enfermedad cardiovascular, enfermedad coronaria, ictus y aterosclerosis				
Jee <i>et al</i> ^[41]	< 12,8	Enfermedad coronaria ICTUS	La edad de la menarquia mostró asociaciones diferentes según el desenlace cardiovascular: se observó una asociación inversa con enfermedad coronaria y una asociación positiva con ictus cardioembólico. El análisis presentó heterogeneidad significativa (Q de Cochran = 205,7; p < 0,001) y el modelo de aleatorización mendeliana multivariable sugirió posible pleiotropía.	La edad de menarquia mostró asociaciones divergentes según el desenlace: efecto protector para enfermedad coronaria y mayor riesgo para ictus cardioembólico; los resultados sugieren ausencia de efecto causal directo consistente y posible influencia de vías genéticas compartidas y pleiotropía
Meena <i>et al</i> ^[42]	<10 años	IMC Presión arterial sistólica	La menor edad de menarquia se asoció causalmente con mayor grosor íntima-media carotídeo, marcador de aterosclerosis subclínica. El análisis de mediación indicó que el índice de masa corporal explicó el 20,1% de esta asociación y la presión arterial sistólica el 13,5%. También se observó correlación genética inversa entre edad de menarquia y grosor íntima-media carotídeo.	La menarquia más temprana se asoció causalmente con mayor riesgo de aterosclerosis subclínica, siendo esta relación parcialmente mediada por el IMC y la presión arterial, lo que sugiere un papel central de la adiposidad y la hipertensión en la vía causal.
Chen <i>et al</i> ^[43]	Edad continua con relación inversa	Enfermedad cardiovascular Enfermedad coronaria	El análisis de aleatorización mendeliana mostró una asociación causal entre menor edad de menarquia y mayor riesgo de enfermedad cardiovascular y enfermedad coronaria, con estimaciones ponderadas por varianza inversa significativas e intervalos de confianza que no cruzaron el valor nulo.	Evidencia de relación causal entre menarquia temprana y mayor riesgo cardiometabólico; parte del efecto mediado por IMC.
Oyama ^[44]	< 12 años	Hipertensión, Diabetes, lípidos	Cada aumento de un año en la edad de la menarquia se asoció con una disminución en las probabilidades de tener hipertensión, 21% en las probabilidades de tener diabetes, aumento de 0,5 ± 0,2 cm de altura, una disminución del 5,45 % en los niveles de insulina en ayunas, un aumento de 3,1 ± 1,4 mg/dL (p=0,024) en los niveles de LDL y un aumento de 3,9 ± 1,6 mg/dL (p=0,013) en los niveles de colesterol total.	La relación entre la edad de la menarquia y el riesgo cardiometabólico parece depender del contexto poblacional, nutricional y epidemiológico; se requieren estudios adicionales para aclarar los mecanismos causales.
Sonawalla <i>et al</i> ^[45]	Variable continua	Enfermedad coronaria y factores de riesgo cardiometabólico: HbA1c, triglicéridos, HDL-C, LDL-C, presión arterial, IMC y relación cintura-cadera.	Edad de menarquia genéticamente predicha: OR 0,91 para enfermedad coronaria por cada año adicional. Edad de menarquia ajustada por PGS: para valores tempranos, OR 0,91 por cada año de aumento; para valores tardíos, OR 1,11 por cada año adicional. IC95% no visible en el fragmento extraído.	La menarquia más temprana mostró asociación con mayor riesgo de enfermedad coronaria. La relación de la edad de menarquia fue en forma de U con enfermedad coronaria, HbA1c, triglicéridos, HDL-C y relación cintura-cadera. Los autores sugieren que disglucemia, dislipidemia y adiposidad central podrían mediar la asociación.
Walker <i>et al</i> ^[46]	< 12 años	Enfermedad coronaria Infarto Hipertensión Obesidad general Obesidad abdominal	La menarquia temprana se asoció con mayor riesgo de enfermedad coronaria (OR: 2,16; IC95%: 1,44–3,22) e infarto de miocardio (OR: 1,90; IC95%: 1,17–3,08). También se relacionó con mayor prevalencia de hipertensión arterial (PR: 1,15; IC95%: 1,07–1,24), obesidad general (PR: 1,22; IC95%: 1,14–1,31) y obesidad abdominal (PR: 1,14; IC95%: 1,08–1,20).	La menarquia precoz se asoció significativamente con mayor riesgo de enfermedad cardiovascular y factores cardiometabólicos.

Jeong <i>et al</i> ^[47]	Categorías: ≤12, 13 ref., 14, 15, 16, ≥17	Enfermedad cardiovascular en premenopáusicas	Para enfermedad cardiovascular, la menarquia a los 12 años o menos no mostró asociación significativa (HR: 1,04; IC95%: 0,93–1,16). En cambio, la menarquia tardía se asoció con mayor riesgo cardiovascular: a los 15 años (HR: 1,15; IC95%: 1,07–1,24), a los 16 años (HR: 1,23; IC95%: 1,14–1,34) y a los 17 años o más (HR: 1,33; IC95%: 1,24–1,44).	En este estudio, la menarquia tardía se asoció con mayor riesgo de enfermedad cardiovascular, no la precoz; aporta evidencia de heterogeneidad/no linealidad.
Wang <i>et al</i> ^[48]	< 12 años	Eventos cardiometabólicos: (incluyendo obesidad, dislipidemia, hipertensión y alteraciones glucémicas)	Eventos cardiometabólicos: asociación en forma de U (p<0,05); análisis ajustado muestra pérdida de significancia para menarquia tardía; análisis por subgrupos sin interacción significativa.	La menarquia temprana y tardía se asociaron con mayor riesgo cardiometabólico; sin embargo, tras ajuste por vida reproductiva, solo la menarquia temprana mantuvo una asociación independiente, mientras que la tardía se explicó por menor duración reproductiva.
Zheng <i>et al</i> ^[49]	< 12 años	IMC, presión arterial, lípidos, factores de estilo de vida, exposición a estrógenos	Cada año adicional en la edad de la menarquia se asoció con menor riesgo de infarto de miocardio (OR aproximado: 0,91).	Un aumento en la edad de la menarquia se asoció con menor riesgo de infarto de miocardio; parte del efecto estuvo mediado por factores cardiometabólicos (IMC, presión arterial) y factores de estilo de vida, evidenciando que la menarquia temprana incrementa el riesgo cardiovascular a través de mecanismos modificables.
Fan <i>et al</i> ^[50]	Variable continua	Enfermedad coronaria; mediación por presión arterial sistólica	En el análisis de aleatorización mendeliana, una edad de menarquia más temprana se asoció con mayor riesgo de enfermedad coronaria (OR: 1,02; IC95%: 1,001–1,03). Esta asociación también se observó en el análisis de regresión logística (OR: 1,11; IC95%: 1,02–1,21) y en el modelo de Cox (HR: 1,57; IC95%: 1,12–2,19). La presión arterial sistólica explicó el 29% de la asociación (IC95%: 26%–32%).	La menarquia más temprana se asoció con mayor riesgo de enfermedad cardiovascular; un efecto que estuvo mediado, en parte, por la presión arterial sistólica.
Abreviaturas: AOR: odds ratio ajustado; β: coeficiente beta; cIMT: grosor íntima-media carotídeo; ENT: enfermedades no transmisibles; GDM: diabetes mellitus gestacional; HbA1c: hemoglobina glicosilada; HDL: lipoproteína de alta densidad; HDL-C: colesterol unido a lipoproteínas de alta densidad; HOMA-IR: índice de resistencia a la insulina del modelo homeostático; HR: hazard ratio; IC95%: intervalo de confianza del 95%; IMC: índice de masa corporal; LDL: lipoproteína de baja densidad; LDL-C: colesterol unido a lipoproteínas de baja densidad; MetS: síndrome metabólico; OR: odds ratio; p: valor de significancia estadística; PGS: puntuación poligénica; PR: razón de prevalencias; QUICKI: índice cuantitativo de verificación de la sensibilidad a la insulina; RR: riesgo relativo; TG: triglicéridos; VLDL: lipoproteína de muy baja densidad. Nota: Las medidas de asociación se presentan según lo reportado por cada estudio original.				

Otros estudios mostraron asociaciones entre menarquia temprana y resistencia a la insulina o alteraciones metabólicas relacionadas. Benny *et al.* ^[32] reportaron que las mujeres con menarquia temprana presentaron mayor probabilidad de resistencia a la insulina y obesidad central. Asimismo, Santos *et al.* ^[34] identificaron mayor prevalencia de diabetes mellitus tipo 2 y accidente cerebrovascular en mujeres con menarquia antes de los 10 años.

No obstante, los resultados no fueron uniformes. Gupta *et al.* ^[35], no encontraron asociación significativa entre edad de la menarquia y diabetes después del ajuste multivariado. De forma similar, algunos estudios mostraron que la relación entre menarquia temprana y alteraciones glucémicas se atenuó o perdió significancia estadística tras ajustar por adiposidad, estilo de vida y otros factores metabólicos.

En conjunto, los hallazgos sugieren que la menarquia temprana se asocia con mayor riesgo de alteraciones

del metabolismo glucémico; sin embargo, esta relación parece estar influenciada parcialmente por obesidad y adiposidad central.

Menarquia y síndrome metabólico

El síndrome metabólico fue uno de los desenlaces más frecuentemente evaluados en los estudios incluidos. En general, las mujeres con menarquia temprana presentaron mayor probabilidad de síndrome metabólico en comparación con aquellas con menarquia en edades consideradas normales. Esta asociación fue más evidente en investigaciones que definieron menarquia temprana con puntos de corte menor o igual a 11 o menor a 12 años.

Farahmand *et al.* ^[16] reportaron que las mujeres con menarquia menor a 11 años presentaron mayor riesgo de síndrome metabólico (OR: 1,34; IC95%: 1,04–1,71), además de mayor probabilidad de obesidad abdominal (OR: 1,45; IC95%: 1,14–1,86). De manera similar, Rahimi *et al.* ^[17] observaron que la probabilidad de

síndrome metabólico fue 23% mayor en mujeres con menarquia menor a 11 años en comparación con el grupo de referencia (OR: 1,23; IC95%: 1,01–1,51). Los componentes del síndrome metabólico más frecuentemente asociados fueron obesidad abdominal, triglicéridos elevados, presión arterial elevada, glucosa alterada y disminución del colesterol HDL.

Sin embargo, los resultados no fueron uniformes en todos los estudios. Bai *et al.* [51] no encontraron asociación significativa entre edad de la menarquia y síndrome metabólico tras el ajuste por variables de confusión.

Menarquia y obesidad

La obesidad, general y abdominal, fue uno de los desenlaces más frecuentemente evaluados. La mayoría de los estudios reportó una asociación positiva entre menarquia temprana y mayor índice de masa corporal, circunferencia de cintura, relación cintura-cadera o indicadores de adiposidad central.

Kheradmand *et al.* [25] encontraron que las mujeres con menarquia menor a 11 años presentaron mayor probabilidad de obesidad (OR: 1,64; IC95%: 1,36–1,99), circunferencia de cintura elevada (OR: 1,34; IC95%: 1,07–1,67) y relación cintura-talla aumentada (OR: 1,83; IC95%: 1,22–2,74). De manera similar, Ibáñez García *et al.* [40] reportaron una asociación entre menarquia temprana y obesidad en mujeres posmenopáusicas (PR: 1,36; IC95%: 1,08–1,70). Rakic *et al.* [24] observaron una relación inversa entre edad de menarquia e indicadores antropométricos, evidenciando menor probabilidad de obesidad abdominal conforme aumentaba la edad de la menarquia.

Menarquia, hipertensión y riesgo cardiovascular

La hipertensión arterial y los desenlaces cardiovasculares fueron evaluados en varios estudios. En general, la menarquia temprana se asoció con mayor prevalencia o riesgo de hipertensión, especialmente en mujeres adultas, posmenopáusicas o con obesidad. Hasan *et al.* [36] identificaron una asociación más marcada entre menarquia menor a 12 años e hipertensión (AOR: 4,29; IC95%: 1,44–12,74). En algunos estudios, la obesidad explicó una proporción importante de esta relación, lo que sugiere que la adiposidad podría actuar como factor intermedio entre menarquia temprana e hipertensión.

En relación con los desenlaces cardiovasculares mayores, los estudios de cohorte y los análisis genéticos identificaron asociaciones entre edad de la menarquia y enfermedad coronaria, infarto de miocardio, accidente cerebrovascular y aterosclerosis subclínica. Fan *et al.* [50] observaron que una edad de menarquia más temprana se asoció con mayor riesgo de enfermedad coronaria en diferentes modelos analíticos, incluyendo aleatorización mendeliana, regresión logística y análisis de Cox. De forma similar, Sonawalla *et al.* [45] reportaron

que la predisposición genética a una menarquia más temprana se relacionó con mayor riesgo de enfermedad coronaria. Asimismo, la puntuación poligénica mostró una asociación en forma de U, evidenciando mayor riesgo en los extremos temprano y tardío de la edad de menarquia.

No obstante, algunos estudios identificaron mayor riesgo cardiovascular en mujeres con menarquia tardía o patrones no lineales, como asociaciones en forma de U o J. Jeong *et al.* [47] reportaron mayor riesgo de enfermedad cardiovascular en mujeres premenopáusicas con menarquia tardía, especialmente en aquellas con menarquia después de los 17 años. Estos hallazgos indican que tanto la menarquia temprana como la tardía podrían asociarse con perfiles de riesgo cardiovascular diferentes.

Los estudios de aleatorización mendeliana aportaron evidencia complementaria sobre una posible relación causal entre edad de menarquia y enfermedad cardiovascular. Sin embargo, también señalaron que parte de esta asociación podría estar mediada por factores modificables como índice de masa corporal, presión arterial, perfil lipídico y adiposidad central. En conjunto, la evidencia sugiere que la edad de la menarquia se relaciona con el riesgo hipertensivo y cardiovascular, aunque la magnitud de esta asociación varía según el desenlace evaluado.

Calidad metodológica y riesgo de sesgo

La calidad metodológica de los estudios incluidos fue evaluada mediante las herramientas del NHLBI, seleccionando el instrumento correspondiente según el diseño metodológico. La mayoría de los estudios presentó calidad metodológica buena o regular. Las principales limitaciones identificadas fueron el diseño transversal, la medición retrospectiva de la edad de la menarquia, la heterogeneidad en los puntos de corte y el control variable de factores de confusión como índice de masa corporal, estilo de vida y nivel socioeconómico. Solo un estudio fue clasificado como de baja calidad debido principalmente al tamaño muestral reducido (Tabla 3).

En conjunto, los estudios de cohorte, los análisis poblacionales de gran tamaño y las investigaciones con aleatorización mendeliana aportaron evidencia metodológicamente más sólida. Por el contrario, los estudios transversales y aquellos con muestras pequeñas presentaron mayores limitaciones para establecer temporalidad o inferencia causal.

Resumen de la evidencia incluida

De forma global, la evidencia incluida sugiere que la menarquia temprana se asocia con mayor riesgo cardiometabólico en adolescentes y mujeres adultas, especialmente en relación con obesidad general y abdominal, síndrome metabólico, hipertensión, alteraciones lipídicas y resistencia a la insulina. Sin

Tabla 3. Calidad metodológica de los estudios incluidos según NHL.

Autor	Tipo de estudio	Calidad NHLBI	Autor	Tipo de estudio	Calidad NHLBI
Farahmand <i>et al.</i>	Transversal, TLGS	Buena	Rahimi <i>et al.</i>	Caso-control	Regular
Wu <i>et al.</i>	Observacional	Buena	Kwan <i>et al.</i>	Observacional	Buena
Pereira <i>et al.</i>	Cohorte	Buena	Santos <i>et al.</i> b	Transversal	Regular
Bubach <i>et al.</i>	Cohorte	Buena	Jiang <i>et al.</i>	Transversal	Regular
Rakic <i>et al.</i>	Transversal	Baja	Kheradmand <i>et al.</i>	Cohorte	Regular
Amiri <i>et al.</i>	Cohorte	Buena	Asrullah <i>et al.</i>	Encuestas poblacionales	Regular
Feng <i>et al.</i>	Transversal	Regular	Prince <i>et al.</i>	Aleatorización mendeliana	Regular
Stöckl <i>et al.</i>	Transversal	Regular	Hu <i>et al.</i>	Observacional	Buena
Benny <i>et al.</i>	Cohorte	Buena	Xue <i>et al.</i>	Cohorte	Buena
Santos <i>et al.</i> a	Transversal	Regular	Gupta <i>et al.</i>	Cohorte	Buena
Angelopoulou <i>et al.</i>	Cohorte	Regular	Oyama	Observacional	Regular
Hasan <i>et al.</i>	Transversal	Regular	Ibáñez-García <i>et al.</i>	Transversal	Regular
Quarpong <i>et al.</i>	Cohorte	Buena	Xu <i>et al.</i>	Transversal	Regular
Walker <i>et al.</i>	Cohorte	Buena	Wang <i>et al.</i>	Cohorte	Buena
Jeong <i>et al.</i>	Cohorte	Buena	Zheng <i>et al.</i>	Aleatorización mendeliana	Buena
Fan <i>et al.</i>	Aleatorización mendeliana + regresión logística + cohorte	Buena	Sonawalla <i>et al.</i>	Cohorte con análisis genético	Buena
Meena <i>et al.</i>	Aleatorización mendeliana	Buena	Chen <i>et al.</i>	Aleatorización mendeliana	Buena
Jee <i>et al.</i>	Aleatorización mendeliana	Regular	Clayton <i>et al.</i>	Observacional + aleatorización mendeliana	Buena

embargo, la magnitud de esta asociación varía según el desenlace evaluado y el grado de ajuste por adiposidad. Los hallazgos apoyan la hipótesis de que la menarquia temprana puede actuar como un marcador clínico temprano de riesgo metabólico en mujeres. No obstante, la evidencia también indica que esta asociación no debe interpretarse de manera aislada, ya que el índice de masa corporal, la adiposidad central, el estilo de vida y otros factores reproductivos podrían modificar o mediar el riesgo observado.

DISCUSIÓN

Los hallazgos de esta revisión sugieren que la menarquia temprana se asocia con mayor riesgo cardiometabólico en adolescentes y mujeres adultas, especialmente en relación con obesidad general y abdominal, síndrome metabólico, alteraciones glucémicas, hipertensión y enfermedad cardiovascular. La asociación más consistente se observó con los indicadores de adiposidad, mientras que los desenlaces glucémicos y cardiovasculares mostraron mayor variabilidad entre estudios. Este patrón permite interpretar la edad de la menarquia como un posible marcador temprano de vulnerabilidad metabólica, más que como un factor causal único.

Esta interpretación es respaldada por Sun *et al.*, quienes describieron que la pubertad temprana se vincula con mayor riesgo de obesidad, diabetes y enfermedad cardiovascular [52]. La menarquia precoz podría representar una expresión clínica de alteraciones nutricionales, endocrinas y metabólicas que comienzan antes de la adolescencia y se prolongan durante la adultez.

Síndrome metabólico: señales tempranas de un problema futuro

Los estudios incluidos mostraron una tendencia hacia mayor frecuencia de síndrome metabólico en mujeres con menarquia temprana, principalmente cuando se utilizaron puntos de corte menores a 11 o menores a 12 años. Este hallazgo es clínicamente relevante, ya que el síndrome metabólico integra obesidad central, presión arterial elevada, dislipidemia y alteraciones de la glucosa [53]. La carga global de esta patología continúa aumentando, y su identificación temprana representa una prioridad en salud pública [54] [55]. Diversos estudios sugieren que el síndrome metabólico en mujeres no puede explicarse únicamente por la edad de la menarquia; factores como adiposidad, dieta, actividad física, nivel socioeconómico, paridad y menopausia modifican el riesgo [56] [57]. La menarquia temprana parece actuar como una señal de riesgo, pero

su impacto clínico depende del contexto metabólico y reproductivo posterior. Esta explicación concuerda con la revisión de Nichols *et al.*, quienes señalan que los factores reproductivos femeninos pueden actuar como marcadores de disfunción metabólica futura o compartir causas subyacentes con la enfermedad metabólica, y con Gumpeny *et al.*, quienes describen que la transición menopáusica favorece obesidad visceral, alteraciones lipídicas y mayor riesgo cardiovascular [9] [58].

Adiposidad como mecanismo central

La asociación entre menarquia temprana y obesidad fue el hallazgo más consistente. La mayoría de los estudios incluidos mostró mayor índice de masa corporal, circunferencia de cintura o adiposidad central en mujeres con menarquia precoz. Este resultado concuerda con el metaanálisis de Zhou *et al.*, en el que el sobrepeso y la obesidad infantil se asociaron con mayor probabilidad de pubertad temprana en niñas [59]. Esta relación sugiere un fenómeno bidireccional: el exceso de tejido adiposo durante la infancia puede adelantar la maduración puberal, mientras que la menarquia temprana puede asociarse con mayor acumulación de grasa corporal en etapas posteriores [60].

La fisiopatología de esta relación parece sustentarse en señales metabólicas como leptina, insulina, disponibilidad energética y producción periférica de estrógenos [61] [62]. Calcaterra *et al.* describieron que la obesidad infantil puede influir sobre el eje hipotálamo-hipófisis-gonadal y favorecer una activación puberal más temprana [63]. Este mecanismo ayuda a explicar por qué varios estudios incluidos perdieron fuerza de asociación después del ajuste por índice de masa corporal. El índice de masa corporal no siempre debe interpretarse solo como confusor, ya que podría formar parte de la vía causal entre menarquia temprana y riesgo cardiometabólico.

Metabolismo glucémico y diabetes

En los estudios incluidos, la menarquia temprana se asoció en varios casos con mayor riesgo de diabetes mellitus tipo 2, resistencia a la insulina o peor perfil glucémico. Sin embargo, esta asociación no fue uniforme. Algunos estudios mostraron una relación significativa entre menor edad de menarquia y mayor riesgo de diabetes, prediabetes, HOMA-IR elevado o índice triglicéridos/glucosa desfavorable; mientras que otros no encontraron asociación tras el ajuste por índice de masa corporal, adiposidad u otros factores de confusión. Esto sugiere que el vínculo entre menarquia temprana y alteraciones glucémicas podría estar mediado parcialmente por el exceso de peso y la adiposidad central.

Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Janghorbani *et al.*, quienes encontraron que la menarquia temprana se asociaba con mayor riesgo de diabetes mellitus tipo 2 [64]. De manera similar, Cheng *et al.* observaron que la pubertad temprana se relacionaba

con mayor riesgo de diabetes tipo 2 o intolerancia a la glucosa, incluso al considerar el papel de la adiposidad [65]. No obstante, la pérdida de significancia en algunos estudios tras el ajuste por índice de masa corporal indica que el exceso de peso podría explicar una parte importante del riesgo glucémico observado en mujeres con menarquia temprana.

Hipertensión y enfermedad cardiovascular

La relación entre edad de la menarquia, hipertensión y enfermedad cardiovascular fue variable. En los estudios incluidos, la menarquia temprana se asoció con mayor riesgo de hipertensión, enfermedad coronaria o accidente cerebrovascular. Esta asociación podría explicarse porque la menarquia precoz suele relacionarse con mayor adiposidad, resistencia a la insulina, dislipidemia y elevación de la presión arterial, factores que aumentan el riesgo cardiovascular durante la vida adulta.

Sin embargo, no todos los estudios mostraron el mismo patrón. Algunos reportaron mayor riesgo en mujeres con menarquia tardía o una relación en forma de U o J. Esto significa que el riesgo cardiovascular no aumenta solo en mujeres con menarquia precoz, sino también en aquellas con menarquia tardía, mientras que las edades intermedias parecen tener menor riesgo. Esta variabilidad coincide con el metaanálisis de Behboudi-Gandevani *et al.*, que identificó una asociación en forma de J entre edad de la menarquia y eventos cardiovasculares, con menor riesgo alrededor de los 12 a 13 años y mayor riesgo en los extremos temprano y tardío [66].

Esta diferencia sugiere que la menarquia temprana y la tardía podrían relacionarse con el riesgo cardiovascular por mecanismos distintos. La menarquia temprana parece vincularse con obesidad y alteraciones metabólicas; la menarquia tardía, en cambio, podría reflejar bajo peso, retraso puberal, menor disponibilidad energética o condiciones endocrinas y ambientales que también influyen sobre la salud cardiovascular [67] [68] [69]. Por ello, agrupar a las mujeres con menarquia normal y tardía dentro de una sola categoría puede enmascarar asociaciones relevantes.

Las discrepancias entre los estudios parecen explicarse por varios factores. No existe un punto de corte universal para definir menarquia temprana, por lo que los estudios utilizaron umbrales diferentes, desde la aparición de la primera menstruación antes de los 10 años hasta antes de los 13 años. A esto se suma la heterogeneidad de las poblaciones evaluadas, que incluyeron adolescentes, mujeres adultas jóvenes, mujeres posmenopáusicas, cohortes comunitarias y bases genéticas. También hubo variación en los desenlaces analizados, desde obesidad y síndrome metabólico hasta diabetes, hipertensión y eventos cardiovasculares. Otro aspecto relevante fue el ajuste por índice de masa corporal y adiposidad central, que no fue uniforme entre los estudios. Este punto

requiere una interpretación cuidadosa, ya que la pérdida de significancia tras ajustar por índice de masa corporal no necesariamente descarta una asociación entre menarquia temprana y riesgo cardiometabólico; también puede indicar que el índice de masa corporal actúa como mediador dentro de la vía causal. En consecuencia, ajustar por una variable que forma parte del mecanismo biológico podría subestimar el efecto total de la menarquia temprana sobre los desenlaces metabólicos.

A pesar de la evidencia disponible, aún no es posible definir con certeza si la menarquia temprana actúa como un factor independiente de enfermedad metabólica o si representa un marcador temprano de adiposidad infantil, disregulación hormonal y condiciones ambientales previas. Se requieren cohortes prospectivas iniciadas antes de la pubertad, con mediciones repetidas de composición corporal, dieta, actividad física, marcadores inflamatorios, perfil hormonal y desenlaces cardiometabólicos durante la adultez. La evidencia en población latinoamericana continúa siendo limitada, lo cual representa un vacío relevante debido a la elevada prevalencia regional de obesidad, diabetes e hipertensión en mujeres. También se necesita mayor consenso sobre los puntos de corte de menarquia temprana según etnia, contexto nutricional y condiciones socioeconómicas.

Fortalezas y limitaciones

Esta revisión incluyó estudios con diferentes diseños, como cohortes, estudios transversales, investigaciones poblacionales de gran tamaño y análisis genéticos, lo que aporta una visión amplia de la evidencia disponible. La evaluación con las herramientas del NHLBI permitió valorar la calidad metodológica de los estudios incluidos y reconocer sus principales limitaciones.

Las principales limitaciones de esta revisión se relacionan con la naturaleza de la evidencia disponible. La mayoría de los estudios incluidos fueron observacionales, lo que limita la posibilidad de establecer causalidad entre la edad de la menarquia y los desenlaces cardiometabólicos. Además, en varios estudios, la edad de la menarquia fue referida por las participantes, lo que puede introducir sesgo de recuerdo, especialmente en mujeres adultas o posmenopáusicas. También se identificó heterogeneidad en los puntos de corte utilizados para definir menarquia temprana, en los desenlaces evaluados y en las variables consideradas para el ajuste estadístico, lo que dificulta la comparación directa entre estudios.

Otro aspecto relevante es el posible sesgo de confusión residual, debido a que no todos los estudios ajustaron de manera uniforme por factores como índice de masa corporal, adiposidad central, nivel socioeconómico, actividad física, dieta, paridad y estado menopáusico. La ausencia de metaanálisis impidió obtener una estimación cuantitativa global del efecto; sin embargo, la síntesis narrativa permitió valorar la dirección, consistencia y

plausibilidad biológica de las asociaciones reportadas.

No se realizó una evaluación estadística formal del sesgo de publicación, debido a que no se efectuó metaanálisis y los estudios presentaron desenlaces, diseños y medidas de asociación heterogéneos. Por ello, no puede descartarse por completo la posibilidad de sesgo de publicación o de reporte selectivo de resultados.

Otra limitación de esta revisión fue que no se aplicó la metodología GRADE para valorar la certeza global de la evidencia, por lo que la interpretación de los hallazgos se basó en la calidad metodológica evaluada con NHLBI y en la consistencia narrativa de los resultados.

Implicaciones clínicas

La edad de la menarquia debe incorporarse de forma sistemática en la consulta ginecológica. No permite diagnosticar riesgo cardiometabólico por sí sola, pero puede ayudar a identificar mujeres que requieren vigilancia temprana de la composición corporal, circunferencia abdominal, presión arterial, glucosa y perfil lipídico. Esta recomendación cobra mayor relevancia en pacientes con menarquia precoz, obesidad, antecedentes familiares de diabetes o hipertensión.

La investigación futura debería priorizar cohortes longitudinales desde la infancia, estudios multicéntricos en poblaciones latinoamericanas y modelos de mediación que diferencien el papel del IMC infantil, adiposidad adulta, presión arterial y resistencia a la insulina. Solo con diseños de seguimiento prolongado será posible precisar si la menarquia temprana es causa, marcador o consecuencia temprana de una trayectoria cardiometabólica adversa.

Conclusiones

La evidencia disponible sugiere que la menarquia temprana se asocia con mayor riesgo cardiometabólico en adolescentes y mujeres adultas, especialmente en relación con obesidad general y abdominal, resistencia a la insulina, dislipidemia, hipertensión arterial y síndrome metabólico. No obstante, esta asociación no fue uniforme en todos los estudios ni completamente independiente de otros factores, particularmente del índice de masa corporal y la adiposidad central.

La adiposidad parece desempeñar un papel relevante como mediador y posible factor común entre la menarquia temprana y los desenlaces metabólicos posteriores. A su vez, algunos estudios identificaron asociaciones con menarquia tardía o patrones no lineales, lo que indica que los extremos de la edad puberal podrían relacionarse con trayectorias cardiometabólicas diferentes.

Desde la práctica ginecológica, la edad de la menarquia constituye un dato clínico sencillo y útil dentro de la

historia médica de la mujer. Su registro sistemático podría contribuir a identificar pacientes con mayor susceptibilidad metabólica y orientar estrategias tempranas de prevención, especialmente en aquellas con obesidad, antecedentes familiares de diabetes, hipertensión o enfermedad cardiovascular.

Se requieren estudios prospectivos de mayor seguimiento, iniciados desde etapas previas a la pubertad, que evalúen composición corporal, factores hormonales, estilo de vida y desenlaces cardiometabólicos en la adultez, con el fin de aclarar si la menarquia temprana actúa como factor independiente de riesgo o como marcador de una trayectoria metabólica previa.

Información Complementaria

Contribución de los autores (Taxonomía CRediT):

KMBO participó en la concepción y diseño del estudio, recolección de datos, análisis e interpretación de los resultados, redacción inicial del manuscrito, revisión crítica y aprobación de la versión final. LJGD contribuyó en la concepción y diseño del estudio, selección de estudios, análisis e interpretación de los resultados, revisión crítica del manuscrito, aprobación de la versión final y coordinación general.

Conflictos de interés

Los autores no presentan conflictos de interés vinculados con el desarrollo de esta revisión sistemática.

Financiamiento

La presente investigación fue autofinanciada. No se contó con financiamiento externo ni con la intervención de terceros en el diseño del estudio, la recolección y análisis de datos, la interpretación de los resultados o la redacción del manuscrito.

Disponibilidad de datos

Los datos utilizados en este estudio están disponibles en las bases de datos bibliográficas consultadas y en los artículos incluidos en la revisión sistemática. No se generaron ni analizaron conjuntos de datos primarios.

Agradecimientos

Ninguno.

Enmiendas al protocolo

La presente revisión sistemática fue registrada en PROSPERO con el código CRD420261301527, bajo el título Early Menarche and Metabolic Risk in Adolescence and Adulthood: A Systematic Review. El objetivo registrado fue evaluar la asociación entre menarquia temprana y riesgo metabólico en adolescentes y mujeres adultas, incluyendo síndrome metabólico, resistencia a la insulina, diabetes mellitus tipo 2, obesidad y otros factores cardiometabólicos.

Durante el desarrollo de la revisión no se realizaron modificaciones sustanciales respecto al objetivo principal, la población de interés, las bases de datos consultadas y los desenlaces principales. La búsqueda se mantuvo en MEDLINE/PubMed y Scopus, y se incluyeron estudios publicados en inglés, de acuerdo con lo establecido en el protocolo registrado. El proceso de selección se realizó con apoyo de Rayyan, mediante revisión independiente por los autores y resolución de discrepancias por consenso o mediante un tercer revisor.

Como ajuste operativo, durante la síntesis se organizaron los resultados por categorías de desenlace cardiometabólico, síndrome metabólico, obesidad y adiposidad, metabolismo glucémico, hipertensión y enfermedad cardiovascular, debido a la heterogeneidad clínica y metodológica de los estudios incluidos. Esta organización no modificó la pregunta de investigación ni los desenlaces previstos, sino que facilitó la presentación e interpretación narrativa de la evidencia. No se realizó metaanálisis, en concordancia con el protocolo registrado, que planteó una descripción de los resultados sin combinación cuantitativa formal.

Declaración de uso de herramientas de inteligencia artificial (IA)

Los autores declaran que se utilizó herramientas de IA en la etapa de redacción, con fines de apoyo en la organización del contenido, mejora del estilo y corrección gramatical. Todo el contenido fue revisado, verificado y validado por los autores, quienes asumen plena responsabilidad por la exactitud, integridad y originalidad del manuscrito. No se introdujeron datos sensibles o confidenciales en las herramientas de IA.

En el proceso editorial, incluida la revisión por pares, se desarrolló conforme a la política de la revista sobre el uso responsable de herramientas de IA.

Referencias

- Zhang B, Shi H, Cai W, *et al.* Metabolic syndrome in children and adolescents: definitions, epidemiology, pathophysiology, interventions, and challenges. *Front Endocrinol.* 2025;16:1512642. DOI:10.3389/fendo.2025.1512642.
- Bentley-Lewis R, Koruda K, Seely EW. The metabolic syndrome in women. *Nat Clin Pract Endocrinol Metab.* 2007;3(10):696-704. DOI:10.1038/ncpendmet0616.
- Molina De Salazar DI, Muñoz-Gómez D. Síndrome metabólico en la mujer. *Rev Colomb Cardiol.* 2018;25(Suppl 1):21-29. DOI:10.1016/j.rccar.2017.12.006.
- Molina-Luque R, Ulloa N, Gleisner A, *et al.* An approach to early detection of metabolic syndrome through non-invasive methods in obese children. *Children (Basel).* 2020;7(12):304. DOI:10.3390/children7120304.
- Hamooya BM, Siame L, Muchaili L, *et al.* Metabolic syndrome: epidemiology, mechanisms, and current therapeutic approaches. *Front Nutr.* 2025;12:1661603. DOI:10.3389/fnut.2025.1661603.
- Ramezani Tehrani F, Mirmiran P, Gholami R, *et al.* Factors influencing menarcheal age: results from the cohort of Tehran Lipid and Glucose Study. *Int J Endocrinol Metab.* 2014;12(3):e16130. DOI:10.5812/ijem.16130.
- Lacroix AE, Gondal H, Shumway KR, *et al.* Physiology, menarche. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026.
- Bleil ME, Appelhans BM, Gregorich SE, *et al.* Pubertal timing: a life course pathway linking early life risk to adulthood cardiometabolic health. *PLoS One.* 2024;19(3):e0299433. DOI:10.1371/journal.pone.0299433.
- Nichols AR, Chavarro JE, Oken E. Reproductive risk factors across the female lifecourse and later metabolic health. *Cell Metab.* 2024;36(2):240-262. DOI:10.1016/j.cmet.2024.01.002.
- Laufer D, Davrieux M, García L. Desarrollo puberal en la niña y adolescente. *Arch Pediatr Urug.* 2023;94(Suppl 1):e403. DOI:10.31134/AP.94.s1.3.
- Wang Z, Asokan G, Onnela JP, *et al.* Menarche and time to cycle regularity among individuals born between 1950 and 2005 in the US. *JAMA Netw Open.* 2024;7(5):e2412854. DOI:10.1001/jamanetworkopen.2024.12854.
- Lee HS. Why should we be concerned about early menarche? *Clin Exp Pediatr.* 2021;64(1):26-27. DOI:10.3345/cep.2020.00521.
- Page MJ, Moher D, Bossuyt PM, *et al.* PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ.* 2021;372:n160. DOI:10.1136/bmj.n160.
- National Heart, Lung, and Blood Institute. Study Quality Assessment Tools [Internet]. Bethesda: National Heart, Lung, and Blood Institute; 2024.
- Santos MP, Bazzano L, Carmichael O, *et al.* Association of age at menarche with inflammation and glucose metabolism biomarkers in US adult women: NHANES 1999-2018. *J Clin Endocrinol Metab.* 2025;110(5):1365-1374. DOI:10.1210/clinem/dgae418.
- Farahmand M, Mousavi M, Azizi F, *et al.* Exploring the influence of age at menarche on metabolic syndrome and its components across different women's birth cohorts. *Endocrinol Diabetes Metab.* 2024;7(6):e70015. DOI:10.1002/edm2.70015.
- Rahimi Z, Saki N, Cheraghian B, *et al.* Association between age at menarche and metabolic syndrome in Southwest Iran: a population-based case-control study. *J Res Health Sci.* 2022;22(4):e00558. DOI:10.34172/jrhs.2022.93.
- Wu X, Zhen D, Liu X, *et al.* Age at menarche, menopause status and metabolic syndrome and its components: findings from the Henan Rural Cohort Study. *Exp Clin Endocrinol Diabetes.* 2023;131(8):463-471. DOI:10.1055/a-2095-2074.
- Kwan BS, Yang J, Jo HC, *et al.* Age at menarche and its association with adult-onset metabolic syndrome and related disorders in women: a cross-sectional study of a nationally representative sample over 10 years. *Asia Pac J Public Health.* 2024;36(7):558-564. DOI:10.1177/10105395241271174.
- Pereira A, Corvalán C, Mericq V. Association between puberty timing and metabolic health at young adulthood. *J Clin Endocrinol Metab.* 2026;dgag138. DOI:10.1210/clinem/dgag138.
- Prince C, Howe LD, Sharp GC, *et al.* Establishing the relationships between adiposity and reproductive factors: a multivariable Mendelian randomization analysis. *BMC Med.* 2023;21:350. DOI:10.1186/s12916-023-03051-x.
- Bubach S, Horta BL, Gonçalves H, *et al.* Early age at menarche and metabolic cardiovascular risk factors: mediation by body composition in adulthood. *Sci Rep.* 2021;11:148. DOI:10.1038/s41598-020-80496-7.
- Jiang M, Li Q, Gao Y, *et al.* Age at menarche and adult obesity: a cross-sectional study using data from the 1999-2018 National Health and Nutrition Examination Survey. *J Int Med Res.* 2026;54:3000605251411662. DOI:10.1177/03000605251411662.
- Rakic R, Pavlica T, Havrljenko J, *et al.* Association of age at menarche with general and abdominal obesity in young women. *Medicina (Kaunas).* 2024;60(10):1711. DOI:10.3390/medicina60101711.
- Kheradmand M, Hamzehgardeshi Z, Shahhosseini Z, *et al.* The association between early menarche and higher-risk cardiometabolic profile: a dose-response analysis of the Tabari cohort at enrollment phase. *Front Cardiovasc Med.* 2023;10:1241179. DOI:10.3389/fcvm.2023.1241179.
- Amiri M, Mousavi M, Azizi F, *et al.* The relationship of reproductive factors with adiposity and body shape indices changes overtime: findings from a community-based study. *J Transl Med.* 2023;21:137. DOI:10.1186/s12967-023-04000-1.
- Asrullah M, L'Hoir M, Feskens EJM, *et al.* Trend in age at menarche and its association with body weight, body mass index and non-communicable disease prevalence in Indonesia: evidence from the Indonesian Family Life Survey. *BMC Public Health.* 2022;22:628. DOI:10.1186/s12889-022-12995-3.
- Feng Y, Hong X, Wilker E, *et al.* Effects of age at menarche, reproductive years, and menopause on metabolic risk factors for cardiovascular diseases. *Atherosclerosis.* 2008;196(2):590-597. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2007.06.016.
- Angelopoulou A, Athanasiadou KI, Zairi M, *et al.* Early age at menarche and the risk of gestational diabetes mellitus: a cohort study. *Endocrine.* 2024;85(3):1222-1227. DOI:10.1007/s12020-024-03776-6.
- Stöckl D, Döring A, Peters A, *et al.* Age at menarche is associated with prediabetes and diabetes in women aged 32-81 years from the general population: the KORA F4 Study. *Diabetologia.* 2012;55(3):681-688. DOI:10.1007/s00125-011-2410-3.
- Hu C, Zhang Y, Zhang J, *et al.* Age at menarche, ideal cardiovascular health metrics, and risk of diabetes in adulthood: findings from the REACTION study. *J Diabetes.* 2021;13(6):458-468. DOI:10.1111/1753-0407.13128.

32. Benny P, Yang Q, Wong BWX, *et al.* Exploring the link between age at menarche, anthropometry and body fat composition with type 2 diabetes in a Singapore multi-ethnic cohort. *BMC Med.* 2025;23:306. DOI:10.1186/s12916-025-04145-4.
33. Xue C, Lou J. Association between age at menarche and lipid and triglyceride-glucose index in middle-aged and older women: evidence from the China Health and Retirement Longitudinal Study. *Medicine (Baltimore).* 2025;104(33):e44468. DOI:10.1097/MD.0000000000004468.
34. Santos MP, Li Y, Bazzano LA, *et al.* Age at menarche, type 2 diabetes and cardiovascular disease complications in US women aged under 65 years: NHANES 1999-2018. *BMJ Nutr Prev Health.* 2023;6(2):293-300. DOI:10.1136/bmjnp-2023-000632.
35. Gupta I, Kondal D, Mohan S, *et al.* Association of age at menarche with type 2 diabetes mellitus among urban Indian women: results from the CARRS study. *Int J Epidemiol.* 2025;54(3):dyaf049. DOI:10.1093/ije/dyaf049.
36. Hasan F, Sakib IU, Kakon SJ, *et al.* Early menarche and late menopause and their association with hypertension among Bangladeshi women: a community-based cross-sectional study in Dhaka, Bangladesh. *BMC Womens Health.* 2026;26:105. DOI:10.1186/s12905-026-04282-9.
37. Quarpong W, Chandrasekaran S, Narayan KMV, *et al.* Cardiometabolic risk clusters and their reproductive correlates: a latent class analysis of Indian women. *Glob Heart.* 2025;20(1):25. DOI:10.5334/gh.1408.
38. Clayton GL, Borges MC, Lawlor DA. The impact of reproductive factors on the metabolic profile of females from menarche to menopause. *Nat Commun.* 2024;15:1103. DOI:10.1038/s41467-023-44459-6.
39. Xu X, Zhao G, Liu X, *et al.* Secular trends in age at menarche among Han Chinese females in Shanghai: a large-scale community-based study. *BMC Womens Health.* 2025;25:533. DOI:10.1186/s12905-025-04064-9.
40. Ibáñez-García EC, Cureño-Díaz MA, Mejía-Blanquel MA, *et al.* Early menarche and hypertension among postmenopausal women: the mediating role of obesity. *Epidemiologia (Basel).* 2025;6(4):86. DOI:10.3390/epidemiologia6040086.
41. Jee Y, Spiller W, Sanderson E, *et al.* Elucidating the causal role of age of menarche, adiposity, lipid fractions, and blood pressure upon cardiovascular disease: a multivariable Mendelian randomization study. *J Hum Hypertens.* 2025;39(9):723-734. DOI:10.1038/s41371-025-01048-y.
42. Meena D, Huang J, Dib M, *et al.* Body mass index and hypertension as mediators of the association between age at menarche and subclinical atherosclerosis: a sex-specific Mendelian randomization analysis. *J Am Heart Assoc.* 2024;13(7):e032192. DOI:10.1161/JAHA.123.032192.
43. Chen J, Chen H, Zhu Q, *et al.* Age at menarche and ischemic heart disease: an updated Mendelian randomization study. *Front Genet.* 2022;13:942861. DOI:10.3389/fgene.2022.942861.
44. Oyama S, Duckham RL, Pomer A, *et al.* Association between age at menarche and cardiometabolic risk among Samoan adults. *Am J Hum Biol.* 2024;36(6):e23982. DOI:10.1002/ajhb.23982.
45. Sonawalla A, Chasman DI, Chan YM. Age at menarche and coronary artery disease risk: divergent associations with different sources of variation. *J Clin Endocrinol Metab.* 2025;110(11):3097-3107. DOI:10.1210/clinem/dgaf141.
46. Walker BH, Jackson EK, Hargrove KL, *et al.* Association between age at menarche and cardiovascular disease among African American women in the Jackson Heart Study. *Public Health Rep.* 2026. DOI:10.1177/00333549251404837.
47. Jeong SM, Jeon KH, Jung W, *et al.* Association of reproductive factors with cardiovascular disease risk in premenopausal women: nationwide population-based cohort study. *Eur J Prev Cardiol.* 2023;30(3):264-273. DOI:10.1093/eurjpc/zwac265.
48. Wang C, Lin Z, Chen F, *et al.* Association of female reproductive factors with incident cardiometabolic disease: finding from a European population-based study. *Glob Heart.* 2025;20(1):114. DOI:10.5334/gh.1509.
49. Zheng J, Chen K, Huang T, *et al.* Genetically determined lifestyle and cardiometabolic risk factors mediate the association of genetically predicted age at menarche with genetic predisposition to myocardial infarction: a two-step, two-sample Mendelian randomization study. *Front Cardiovasc Med.* 2022;9:821068. DOI:10.3389/fcvm.2022.821068.
50. Fan HY, Huang YT, Chen YY, *et al.* Systolic blood pressure as the mediator of the effect of early menarche on the risk of coronary artery disease: a Mendelian randomization study. *Front Cardiovasc Med.* 2023;9:1023355. DOI:10.3389/fcvm.2022.1023355.
51. Bai L, Yang X, Sun Z, *et al.* Reproductive factors and metabolic syndrome among Chinese women aged 40 years and older. *J Diabetes.* 2023;15(1):36-46. DOI:10.1111/1753-0407.13342.
52. Sun Y, Liu H, Mu C, *et al.* Early puberty: a review on its role as a risk factor for metabolic and mental disorders. *Front Pediatr.* 2024;12:1326864. DOI:10.3389/fped.2024.1326864.
53. Alberti KGMM, Eckel RH, Grundy SM, *et al.* Harmonizing the metabolic syndrome: a joint interim statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; and International Association for the Study of Obesity. *Circulation.* 2009;120(16):1640-1645. DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.109.192644.
54. Parra-Gómez LA, Puerta Rojas JP, Vásquez AJ, *et al.* Prevalence of metabolic syndrome in Latin America: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Diabetes Metab Syndr.* 2025;19(6):103282. DOI:10.1016/j.dsx.2025.103282.
55. Noubiap JJ, Nansseu JR, Nyaga UF, *et al.* Worldwide trends in metabolic syndrome from 2000 to 2023: a systematic review and modelling analysis. *Nat Commun.* 2025;17:573. DOI:10.1038/s41467-025-67268-5.
56. Han A, Choi YJ. Comparison of metabolic syndrome risk and nutritional status according to menopause age and the impact of socioeconomic status on metabolic syndrome prevalence in postmenopausal women: a cross-sectional study based on the 8th Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *Nutrients.* 2024;16(7):967. DOI:10.3390/nu16070967.
57. Hong E, Kang Y. Lifestyle factors influencing metabolic syndrome after adjusting for socioeconomic status and female reproductive health indicators: a national representative survey in Korean pre- and postmenopausal women. *Healthcare (Basel).* 2024;12(8):821. DOI:10.3390/healthcare12080821.
58. Gumpeny N, Gumpeny L, Gumpeny SR. Metabolic syndrome in menopause. *Explor Endocr Metab Dis.* 2025;2:101440. DOI:10.37349/eemd.2025.101440.
59. Zhou X, Hu Y, Yang Z, *et al.* Overweight/obesity in childhood and the risk of early puberty: a systematic review and meta-analysis. *Front Pediatr.* 2022;10:795596. DOI:10.3389/fped.2022.795596.
60. Marcus C, Danielsson P, Hagman E. Pediatric obesity: long-term consequences and effect of weight loss. *J Intern Med.* 2022;292(6):870-891. DOI:10.1111/joim.13547.
61. Mair KM, Gaw R, MacLean MR. Obesity, estrogens and adipose tissue dysfunction: implications for pulmonary arterial

- hypertension. *Pulm Circ.* 2020;10(3):2045894020952023. DOI:10.1177/2045894020952023.
62. Bauman D. Impact of obesity on female puberty and pubertal disorders. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol.* 2023;91:102400. DOI:10.1016/j.bpobgyn.2023.102400.
63. Calcaterra V, Magenes VC, Hruby C, *et al.* Links between childhood obesity, high-fat diet, and central precocious puberty. *Children (Basel).* 2023;10(2):241. DOI:10.3390/children10020241.
64. Janghorbani M, Mansourian M, Hosseini E. Systematic review and meta-analysis of age at menarche and risk of type 2 diabetes. *Acta Diabetol.* 2014;51(4):519-528. DOI:10.1007/s00592-014-0579-x.
65. Cheng TS, Day FR, Lakshman R, *et al.* Association of puberty timing with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *PLoS Med.* 2020;17(1):e1003017. DOI:10.1371/journal.pmed.1003017.
66. Behboudi-Gandevan S, Moe CF, Skjesol I, *et al.* The J-shaped association of age at menarche and cardiovascular events: systematic review and meta-analysis. *Sci Rep.* 2024;14:2695. DOI:10.1038/s41598-024-53011-5.
67. Demir A, Aydin A, Büyükgebiz A. Thematic review of endocrine disruptors and their role in shaping pubertal timing. *Children (Basel).* 2025;12(1):93. DOI:10.3390/children12010093.
68. Paludo AC, Gimunová M, Michaelides M, *et al.* Description of the menstrual cycle status, energy availability, eating behavior and physical performance in a youth female soccer team. *Sci Rep.* 2023; 13:11194. DOI:10.1038/s41598-023-37967-4.
69. Wójcik M, Starzyk JB, Drożdż M, *et al.* Effects of puberty on blood pressure trajectories: underlying processes. *Curr Hypertens Rep.* 2023;25(7):117-125. DOI:10.1007/s11906-023-01241-9.

Anexo

Anexo 1. Estrategias de búsqueda en bases de datos.

MEDLINE/PubMed

("Menarche"[Mesh] OR menarche[Title/Abstract] OR "age at menarche"[Title/Abstract] OR "early menarche"[Title/Abstract] OR "early age at menarche"[Title/Abstract] OR "menarcheal age"[Title/Abstract]) AND ("Metabolic Syndrome"[Mesh] OR "metabolic syndrome"[Title/Abstract] OR "cardiometabolic risk"[Title/Abstract] OR "cardiometabolic disease"[Title/Abstract] OR obesity[Title/Abstract] OR adiposity[Title/Abstract] OR "abdominal obesity"[Title/Abstract] OR "insulin resistance"[Title/Abstract] OR "type 2 diabetes"[Title/Abstract] OR "diabetes mellitus type 2"[Title/Abstract] OR hypertension[Title/Abstract] OR dyslipidemia[Title/Abstract] OR "lipid profile"[Title/Abstract] OR "cardiovascular disease"[Title/Abstract] OR "coronary heart disease"[Title/Abstract] OR stroke[Title/Abstract]) AND (female[Title/Abstract] OR women[Title/Abstract] OR woman[Title/Abstract] OR girls[Title/Abstract] OR adolescents[Title/Abstract])

Filtros: últimos cinco años; humanos; inglés y español; artículos originales.

Scopus

TITLE-ABS-KEY ("age at menarche" OR "early menarche" OR "early age at menarche" OR "menarcheal age" OR menarche) AND TITLE-ABS-KEY ("metabolic syndrome" OR "cardiometabolic risk" OR "cardiometabolic disease" OR obesity OR adiposity OR "abdominal obesity" OR "insulin resistance" OR "type 2 diabetes" OR "diabetes mellitus type 2" OR hypertension OR dyslipidemia OR "lipid profile" OR "cardiovascular disease" OR "coronary heart disease" OR stroke) AND TITLE-ABS-KEY (women OR woman OR female OR girls OR adolescents)

Filtros: artículos publicados en los últimos cinco años; idioma inglés o español; tipo de documento: artículo.

Tecnología electromagnética focalizada y manejo convencional de la incontinencia urinaria en mujeres adultas: Revisión sistemática

Focused Electromagnetic Technology and Conventional Management of Urinary Incontinence in Adult Women: A Systematic Review

Erika Paola Delgado-Astudillo^{1,a}, Diego Fernando Vega-Cuadrado^{1,a}, Carem Francelys Prieto-Fuenmayor^{1,2,b}, Katty Magdalena Barahona-Ochoa^{1,a}

¹ Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.

² Universidad Católica de Cuenca. Cuenca, Ecuador.

^a Médico, Posgradista de Ginecología y Obstetricia.

^b Docente universitario, Doctora en Ciencias de la Salud.

Información del artículo

Citar como: Delgado-Astudillo EP, Vega-Cuadrado DF, Prieto-Fuenmayor CF, Barahona-Ochoa KM. Tecnología electromagnética focalizada y manejo convencional de la incontinencia urinaria en mujeres adultas: Revisión sistemática. Health Care & Global Health. 2026;10(3):206-217.

DOI: 10.22258/hgh.v10i3.423

Autor de Correspondencia

Erika Paola Delgado Astudillo
Dirección: Cuenca, Ecuador
Email: pao-20111995@hotmail.com
Teléfono: 0986818100

Historial del artículo

Recibido: 6 de abril de 2026
Primera decisión editorial: 13 de abril de 2026
Versión revisada recibida: 3 de julio de 2026
Aceptado: 1 de agosto de 2026
Publicado en línea: 15 de septiembre de 2026

Proceso de revisión

Tipo de revisión: revisión por pares doble ciego
Número de revisores externos: 2
Rondas de revisión: 1



Resumen

Introducción: La incontinencia urinaria femenina es una condición prevalente que afecta significativamente la calidad de vida. La estimulación electromagnética focalizada de alta intensidad (HIFEM) ha surgido como una alternativa terapéutica no invasiva orientada al fortalecimiento del suelo pélvico. **Objetivo:** Evaluar la eficacia y seguridad de la tecnología electromagnética focalizada de alta intensidad en comparación con el manejo convencional en mujeres adultas con incontinencia urinaria. **Métodos:** Se realizó una revisión de la literatura siguiendo lineamientos PRISMA. La búsqueda se efectuó en las bases de datos Medline, Scopus y Web of Science. Se identificaron 389 registros; tras la eliminación de duplicados y la aplicación de criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron 12 estudios. Se analizaron características de la población, parámetros de intervención y desenlaces clínicos, incluyendo calidad de vida, número de compresas utilizadas y efectos adversos. **Resultados:** Los estudios incluidos mostraron una reducción significativa en el número de episodios de pérdida urinaria y en el uso diario de compresas, así como mejoras clínicamente relevantes en cuestionarios de calidad de vida. Los beneficios fueron consistentes en mujeres con incontinencia urinaria de esfuerzo y mixta. En comparación con terapias convencionales como el entrenamiento del piso pélvico, HIFEM demostró resultados comparables o superiores en algunos estudios, con adecuada tolerabilidad. Los efectos adversos reportados fueron escasos, leves y transitorios. **Conclusiones:** La tecnología HIFEM representa una alternativa conservadora, no invasiva, eficaz y segura para el tratamiento de la incontinencia urinaria femenina. En comparación con el manejo convencional y otras tecnologías terapéuticas, mostró beneficios en la reducción de los episodios de pérdida urinaria, disminución del uso de compresas y mejora de la calidad de vida. Sin embargo, se requieren estudios comparativos que permitan establecer con mayor precisión su superioridad o equivalencia frente a otras opciones terapéuticas.

Palabras clave: Calidad de Vida; Estimulación Eléctrica; Incontinencia Urinaria; Suelo Pélvico (Fuente: DeCS, BIREME).

Abstract

Introduction: Female urinary incontinence is a prevalent condition that significantly affects quality of life. High-intensity focused electromagnetic stimulation (HIFEM) has emerged as a non-invasive therapeutic alternative aimed at strengthening the pelvic floor. **Objective:** To evaluate the efficacy and safety of high-intensity focused electromagnetic technology compared to conventional management in adult women with urinary incontinence. **Methods:** A literature review was conducted following PRISMA guidelines. The search was performed in the Medline, Scopus, and Web of Science databases. 389 records were identified; after removing duplicates and applying inclusion and exclusion criteria, 12 studies were selected. Population characteristics, intervention parameters, and clinical outcomes were analyzed, including quality of life, number of pads used, and adverse effects. **Results:** The included studies showed a significant reduction in the number of urinary leakage episodes and in daily pad use, as well as clinically relevant improvements in quality of life questionnaires. The benefits were consistent in women with stress and mixed urinary incontinence. Compared to conventional therapies such as pelvic floor training, HIFEM demonstrated comparable or superior results in some studies, with good tolerability. Reported adverse effects were few, mild, and transient. **Conclusions:** HIFEM technology represents a conservative, non-invasive, effective, and safe alternative for the treatment of female urinary incontinence. Compared to conventional management and other therapeutic technologies, it showed benefits in reducing urinary leakage episodes, decreasing pad use, and improving quality of life. However, comparative studies are needed to more precisely establish its superiority or equivalence to other therapeutic options.

Keywords: Quality of Life; Electrical Stimulation; Urinary Incontinence; Pelvic Floor (Source: MeSH, NLM).

Introducción

La incontinencia urinaria en mujeres adultas representa un problema clínico de alta prevalencia y relevancia sanitaria, asociado no solo a la pérdida involuntaria de orina, sino también a una marcada disminución en la calidad de vida, afectando aspectos físicos, psicológicos y sociales de quienes la padecen ^[1]. Este trastorno, que incluye principalmente la incontinencia de esfuerzo, de urgencia o mixta, se ha abordado tradicionalmente mediante enfoques conservadores como el entrenamiento de los músculos del piso pélvico, incluyendo los ejercicios de Kegel supervisados por especialistas en fisioterapia ^{[2][3]}. Aunque dichos métodos han demostrado beneficios en varios estudios, la persistencia de síntomas y la variabilidad en la respuesta terapéutica han impulsado la búsqueda de alternativas no invasivas.

La incontinencia urinaria femenina es una condición frecuentemente subdiagnosticada ^[4]. A nivel global, se estima que afecta entre el 25% y más del 50% de las mujeres adultas, con un incremento progresivo con la edad, especialmente en el periodo posmenopáusico ^{[5][6]}. La incontinencia urinaria de esfuerzo constituye el subtipo más común en mujeres de mediana edad, mientras que la incontinencia de urgencia y mixta predominan en edades avanzadas. Diversos factores clínicos han sido consistentemente asociados, incluyendo multiparidad, obesidad, envejecimiento, comorbilidades metabólicas y alteraciones del suelo pélvico ^[7]. A pesar de su elevada frecuencia, hasta un tercio de las mujeres no consulta por síntomas debido al estigma social y la percepción de normalidad, lo que contribuye a su infradiagnóstico en la práctica clínica ^[8]. En contextos latinoamericanos, la evidencia es aún limitada, pero estudios recientes en Ecuador han confirmado una asociación significativa entre la incontinencia urinaria y factores obstétricos, etarios y socioculturales, reforzando la necesidad de estrategias de detección precoz y abordaje integral ^[9].

En los últimos años, el uso de tecnologías basadas en campos electromagnéticos de alta intensidad focalizados (HIFEM, por sus siglas en inglés: High-Intensity Focused Electromagnetic Therapy) ha emergido como una opción innovadora. Esta modalidad terapéutica induce contracciones neuromusculares profundas en la musculatura del suelo pélvico mediante pulsos electromagnéticos, con el objetivo de fortalecer la musculatura implicada en el mantenimiento de la continencia sin necesidad de estimulación interna ^[10]. Investigaciones recientes han sugerido que el tratamiento con HIFEM podría reducir de forma significativa los síntomas de incontinencia urinaria y mejorar parámetros de calidad de vida medidos con cuestionarios validados, al tiempo que ofrece una alternativa no invasiva para pacientes que prefieren evitar procedimientos quirúrgicos o invasivos ^[11].

No obstante, pese al creciente interés y a los resultados preliminares favorables, la evidencia que compara directamente la terapia electromagnética focalizada de alta intensidad con los métodos tradicionales de fortalecimiento del suelo pélvico continúa siendo limitada. Las diferencias en los protocolos de intervención, la duración del seguimiento y los instrumentos de medición dificultan establecer conclusiones definitivas sobre su superioridad o papel complementario dentro del manejo conservador de la incontinencia urinaria ^[12]. En este contexto, la presente revisión sistemática tiene como propósito analizar la efectividad de la tecnología electromagnética focalizada de alta intensidad en comparación con los ejercicios convencionales de fisioterapia del suelo pélvico, poniendo especial atención en desenlaces clínicamente relevantes como la reducción del uso diario de compresas y la mejoría en la calidad de vida de mujeres adultas con incontinencia urinaria.

Metodología

Tipo de estudio

Revisión sistemática de la literatura, diseñada conforme a los lineamientos establecidos por la declaración PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). El protocolo de estudio se registró en PROSPERO bajo el código CRD420251041631.

Criterios de elegibilidad

Se incluyeron ensayos clínicos y estudios observacionales realizados en mujeres mayores de 18 años con diagnóstico de incontinencia urinaria. Además, se consideraron únicamente aquellos estudios que evaluaron el uso de tecnología HIFEM como intervención terapéutica.

Se excluyeron los estudios realizados en pacientes embarazadas y aquellos que incluyeron mujeres con incontinencia urinaria de origen neurogénico, infeccioso o secundaria a cirugía reciente. Asimismo, no se consideraron artículos de revisión, editoriales, cartas al editor ni tesis.

Fuentes de información y estrategia de búsqueda

Se realizó una búsqueda en las bases de datos científicas dedicadas a la investigación biomédica: Medline, Scopus y Web of Science. Se aplicaron los términos preseleccionados en el MeSH (urinary incontinence, quality of life, prevention and control, HIFEM) en conjunto con operadores booleanos y/o sus equivalentes en inglés.

La estrategia de búsqueda se dividió en tres etapas, limitando la búsqueda a publicaciones entre 2020 y 2026. En la primera etapa, se realizó una búsqueda inicial estructurada en Medline, Scopus y Web of Science. Debido al escaso número de resultados con la sintaxis primaria en Medline, esta se amplió mediante términos adicionales para maximizar la sensibilidad. En la segunda

etapa, se analizaron las palabras clave de los títulos y resúmenes de los artículos identificados. Finalmente, la tercera etapa consistió en una búsqueda secundaria a partir de las listas de referencias de artículos clave.

A continuación, se detallan las ecuaciones de búsqueda utilizadas:

Medline

Búsqueda inicial: ("High-Intensity Focused Electromagnetic" OR "High Intensity Focused Electromagnetic" OR HIFEM) AND ("Urinary Incontinence"[MeSH Terms] OR "Urinary Incontinence" OR "Bladder Control" OR "Urine Leakage") AND ("Adult"[MeSH Terms] OR adult OR "Women"[MeSH Terms] OR women OR female) AND ("Effectiveness" OR efficacy OR "Treatment Outcome"[MeSH Terms]).

Búsqueda ampliada: ("Electromagnetic Stimulation" OR "Electromagnetic Field Therapy" OR "High-Intensity Focused Electromagnetic" OR HIFEM OR "Pelvic Floor Stimulation" OR "Pelvic Floor Muscle Training" OR "Neuromuscular Electrical Stimulation") AND ("Urinary Incontinence"[MeSH Terms] OR "Urinary Incontinence" OR "Bladder Control" OR "Urine Leakage" OR "Overactive Bladder") AND ("Women"[MeSH Terms] OR women OR female OR "Adult"[MeSH Terms])

Scopus

TITLE-ABS-KEY ("high intensity focused electromagnetic" OR HIFEM OR "focused electromagnetic") AND TITLE-ABS-KEY ("urinary incontinence" OR "stress urinary incontinence" OR "urge urinary incontinence" OR "mixed urinary incontinence")

Web of science

TS= (("Electromagnetic Stimulation" OR "Electromagnetic Field Therapy" OR "High-Intensity Focused Electromagnetic" OR HIFEM OR "Magnetic Stimulation" OR "Pelvic Floor Stimulation" OR "Pelvic Floor Muscle Training" OR "Neuromuscular Electrical Stimulation") AND ("Urinary Incontinence" OR "Stress Urinary Incontinence" OR "Urge Urinary Incontinence" OR "Mixed Urinary Incontinence" OR "Overactive Bladder" OR "Urine Leakage") AND (women OR female OR adult)).

Selección de estudios y extracción de datos

La información recolectada fue registrada en una matriz de autoría propia, utilizando el software Excel 2023, que incluyó datos relacionados con características del estudio, tipo de incontinencia urinaria, duración del tratamiento, frecuencia, resultados clínicos y efectos adversos.

Los estudios fueron evaluados de forma independiente por tres revisores mediante el programa informático Rayyan y se informaron utilizando el diagrama de flujo PRISMA 2020. Los desacuerdos entre revisores se resolvieron mediante discusión. Luego se evaluó la

calidad de los estudios válidos mediante la herramienta Study Quality Assessment Tools del NHLBI.

Instrumentos de evaluación

Para la valoración de la severidad de los síntomas y el impacto de la incontinencia urinaria, se emplearon instrumentos estandarizados y validados internacionalmente. El International Consultation on Incontinence Questionnaire – Urinary Incontinence – Short Form (ICIQ-UI-SF) es una escala breve que cuantifica la frecuencia y gravedad de la incontinencia urinaria, así como su repercusión en la calidad de vida de las pacientes, permitiendo comparaciones clínicas y epidemiológicas entre diferentes poblaciones afectadas por esta condición. Este cuestionario ha sido ampliamente utilizado en estudios clínicos y de investigación para evaluar desenlaces basados en experiencia reportada por la paciente ^[13].

El Urogenital Distress Inventory – Short Form (UDI-6) se utiliza para medir el grado de malestar o incomodidad generado por los síntomas urinarios, incluyendo sensación de urgencia, frecuencia y pérdida involuntaria de orina, aportando información relevante sobre la carga subjetiva de los síntomas ^[14]. El Incontinence Impact Questionnaire – Short Form (IIQ-7), por su parte, evalúa la influencia que la incontinencia urinaria tiene sobre las actividades físicas, sociales y emocionales de la vida diaria, proporcionando una medida de cómo los síntomas interfieren en la calidad de vida relacionada con la salud. Ambos cuestionarios han demostrado tener buena validez y fiabilidad para discriminar entre mujeres con y sin incontinencia urinaria y para reflejar diferencias clínicas significativas en estudios de tratamiento ^[15].

En estudios que incluyen síntomas de vejiga hiperactiva, se aplica el Overactive Bladder Symptom Score (OABSS), una herramienta específica diseñada para cuantificar la severidad de síntomas como urgencia urinaria, frecuencia de micción y nicturia, permitiendo una evaluación cuantitativa de los cambios clínicos tras la intervención terapéutica. Este cuestionario facilita la evaluación estandarizada de síntomas de vejiga hiperactiva y ayuda a monitorizar la respuesta al tratamiento en ensayos clínicos ^[15].

Estos instrumentos permitieron una evaluación estructurada y comparable de los desenlaces clínicos en los estudios incluidos, facilitando el análisis de la efectividad de las intervenciones sobre parámetros sintomáticos y de calidad de vida en mujeres con incontinencia urinaria.

Riesgo de sesgo

Cada estudio seleccionado en la investigación se evaluó mediante la herramienta Study Quality Assessment Tools, la misma que permitió evaluar la calidad metodológica y la validez de los estudios de investigación.

No se realizó evaluación de certeza de la evidencia mediante el enfoque GRADE (Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation), debido a la heterogeneidad metodológica observada entre los estudios incluidos. Las diferencias en diseño (ensayos clínicos no aleatorizados, estudios prospectivos y comparativos), protocolos de intervención, parámetros de aplicación, duración del seguimiento y herramientas de medición de desenlaces impidieron la síntesis cuantitativa y la comparación homogénea de resultados. En consecuencia, la presente revisión se limitó a un análisis cualitativo de la evidencia disponible (Tabla 1).

Síntesis de resultados

Los resultados de los estudios incluidos se organizaron y resumieron según los criterios establecidos previamente en el protocolo de revisión. Los estudios se organizaron de acuerdo con características relevantes, como el diseño de estudio, el tipo de intervención las variables estudiadas, y los resultados principales (Tabla 2).

Resultados

La estrategia de búsqueda sistemática, realizada conforme a las recomendaciones de la declaración PRISMA,

identificó un total de 389 artículos potencialmente relevantes en las bases de datos consultadas. Tras la eliminación de 76 registros duplicados, se procedió al proceso de cribado por título y resumen. Posteriormente, los artículos que cumplieron criterios preliminares fueron evaluados a texto completo para determinar su elegibilidad según los criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos. Finalmente, 12 estudios fueron incluidos en el análisis de la presente revisión sistemática (Figura 1).

Los 12 estudios incluidos evaluaron diferentes modalidades de estimulación electromagnética de alta intensidad en mujeres adultas con incontinencia urinaria de esfuerzo, mixta o asociada a vejiga hiperactiva, con tamaños muestrales que oscilaron entre 19 y 133 participantes y edades medias entre 31 y 65 años. La mayoría empleó dispositivos basados en tecnología HIFEM, principalmente BTL Industries (EMSELLA®) [16] [17] [18] [19] [20] [21] [22] [23] [24], con protocolos frecuentes de 6 a 10 sesiones de 20 a 30 minutos, dos veces por semana durante 3 a 8 semanas; algunos estudios utilizaron otras plataformas como Dr. Arnold® (DEKA MELA) o Tesla Care® [25] [26] [27] (Figura 2).

De manera consistente, los resultados mostraron reducciones significativas en la severidad de los síntomas, evidenciadas por la disminución en las puntuaciones del ICIQ-UI-SF, UDI-6, IIQ-7, OABSS y otros cuestionarios validados (Tabla 2). Además, se reportó una disminución relevante en el uso diario de compresas absorbentes, con reducciones de hasta el 50 a 60% tras el tratamiento y mantenimiento del efecto en seguimientos de 1 a 6 meses. En varios estudios, entre el 44% y el 70% de las pacientes fueron clasificadas como curadas o con mejoría significativa.

En los estudios que realizaron comparaciones directas, la terapia electromagnética se evaluó frente a electroestimulación convencional, ejercicios del suelo pélvico y, en algunos casos, procedimientos quirúrgicos. Los desenlaces reportados incluyeron cambios en síntomas urinarios, fuerza del suelo pélvico, calidad de vida, uso de compresas y parámetros anatómicos. Sin embargo, los resultados deben interpretarse con cautela, debido a diferencias en el tipo y grado de incontinencia urinaria, características basales de las participantes, duración del seguimiento y métodos utilizados para medir la respuesta terapéutica. Además, no todos los estudios emplearon pruebas urodinámicas, consideradas el estándar de referencia para caracterizar objetivamente el tipo y la severidad de la incontinencia urinaria.

Respecto a la seguridad, la intervención presentó un perfil favorable, sin eventos adversos graves. Cuando se describieron efectos secundarios, estos fueron leves y transitorios (dolor muscular leve, espasmos o eritema local), resolviéndose espontáneamente.

En la evaluación de la calidad metodológica mediante la herramienta de valoración del National Heart, Lung, and

Tabla 1. Autor, tipo de estudio y riesgo de sesgo.

Autor	Tipo de estudio	Riesgo de sesgo
Long et al. [16]	Estudio cuasi-experimental pre-post sin grupo control	Moderado
Sacarin et al. [17]	Estudio comparativo no aleatorizado	Moderado
Tosun et al. [18]	Estudio prospectivo pre-post sin grupo control	Moderado
Silantyeva et al. [19]	Estudio comparativo con grupo control no aleatorizado	Moderado
Elgayar [20]	Ensayo clínico controlado no aleatorizado	Moderado
Wang Y. et al. [21]	Ensayo clínico comparativo (no aleatorizado)	Moderado
Singhal & Gopal [22]	Estudio prospectivo pre-post en cohorte	Moderado
Jongjakapan et al. [23]	Estudio prospectivo pre-post sin control	Moderado
Lopopolo et al. [24]	Estudio prospectivo pre-post sin grupo control	Moderado
Chan et al. [25]	Ensayo clínico piloto aleatorizado con grupo sham	Bajo
Filippini et al. [26]	Estudio prospectivo pre-post sin grupo control	Moderado
Braga et al. [27]	Estudio prospectivo pre-post sin grupo control	Moderado

Tabla 2. Resultados de los estudios incluidos sobre el uso de radiación electromagnética focalizada de alta intensidad en incontinencia urinaria femenina.

Autor	Población (n, edad, tipo de IU, IMC, Tipo de incontinencia)	Intervención (tipo, parámetros, n° sesiones, tiempo)	Resultados principales	Efectos adversos
Long <i>et al.</i> [16]	19 mujeres Edad media 55,2 ± 13 años. IMC medio 24 ± 3,2. Pacientes con incontinencia urinaria de esfuerzo tipo II — hiperactividad del cuello vesical/uretra; clasificación por gravedad según ICIQ (ligero/moderado/grave).	HIFEM (dispositivo BTL EMSELLA): cada sesión 28 minutos; 6 sesiones, 2 veces por semana durante 3 semanas.	Mejoras estadísticamente significativas en pruebas objetivas y cuestionarios: pad test: 4,2 ± 5,5 a 0,6 ± 1,3 (6 meses; p=0,045). Reducciones significativas en OABSS (5,3 a 3,9), UDI-6 (35,7 a 15,2), IIQ-7 (33,1 a 14,3), ICIQ (9,4 a 5,4). El 68,4% mostró respuesta clínica (ausencia de escape) en el seguimiento a 6 meses. HIFEM (EMSELLA) es una terapia eficaz y segura no invasiva para incontinencia urinaria de esfuerzo, con mejoras sostenidas hasta 6 meses.	No se observaron reacciones adversas significativas.
Sacarin <i>et al.</i> [17]	133 mujeres con cistocele grado II e incontinencia urinaria (78 cirugía, 55 HIFEM-EMSELLA).	Grupo A: colpografía anterior Grupo B: HIFEM (BTL EMSELLA). 6 sesiones de 28 minutos durante 3 semanas, con intervalos regulares	Ambos tratamientos mejoraron la función vesical y la calidad de vida; la cirugía logró mayor corrección anatómica (88 % vs 64 %) y menor recurrencia (14 % vs 31 % p=0,03). HIFEM es una alternativa eficaz, segura y no invasiva frente a la cirugía en incontinencia urinaria asociada a cistocele leve-moderado.	Grupo EMSELLA tuvo menos infecciones y ninguna dispareunia, reflejando mejor perfil de seguridad.
Tosun <i>et al.</i> [18]	35 mujeres con incontinencia urinaria de esfuerzo y mixta Edad media: 55,3 ± 9,4 años IMC medio: 26,2 ± 2,9.	6 sesiones de 28 minutos, 2 veces por semana, en silla electromagnética (BTL EMSELLA®) estímulo ajustado a 100% tolerancia máxima. Seguimiento del uso de compresas absorbentes. Evaluaciones antes, después de 6 sesiones y al mes.	ICIQ-SF: 10,18 ± 4,19 a 5,33 ± 3,97 (tras 6 sesiones) a 4,26 ± 3,94 (a 1 mes). Mejora media 52,06% tras tratamiento, 59,6% a 1 mes, p < 0,001. Pacientes con puntuación 0 (sin síntomas): 25,7% tras 6 sesiones, 31,4% al mes. Uso de compresas: 2,5 ± 2,8 a 1,25 ± 1,54 (post) a 0,91 ± 1,11 (1 mes), p < 0,001. 82,8% reportó mejoría significativa.	Efectos adversos leves y transitorios, como dolor o espasmos musculares leves, molestias articulares o eritema local. Todos resolvieron espontáneamente sin intervención.
Silantyeva <i>et al.</i> [19]	95 mujeres multíparas. Edad media grupo HIFEM 31,1 ± 5,4 años. Grupo electroestimulación 32,0 ± 7,7 años Control 27,2 ± 4,3 años. Todas con debilidad del piso pélvico e incontinencia urinaria. No se reporta IMC. Sin prolapsos ni implantes metálicos.	Grupo I (n=50): HIFEM (BTL EMSELLA®), 10 sesiones de 28 minutos, 2-3 veces por semana. Grupo II (n=25): Electroestimulación BioBravo, autoaplicada en casa, misma duración (28 min), cada 2 días o ≥3 veces por semana. Grupo III (n=20): control.	Solo HIFEM mostró cambios significativos (p < 0,05) en los parámetros ecográficos 3D, diámetro anteroposterior, laterolateral y el área del hiato levatoriano disminuyeron. Síntomas de incontinencia urinaria disminuyeron 2,5 veces más en HIFEM. 44% de las pacientes HIFEM reportaron desaparición de la incontinencia urinaria vs. 16% en electroestimulación. La terapia HIFEM fue más eficaz que la electroestimulación en la mejora de la fuerza del piso pélvico y los síntomas de IU, demostrando cambios anatómicos objetivos y clínicos significativos. Se recomienda como opción de primera línea no invasiva.	No se registraron efectos adversos ni dolor durante el tratamiento. No se observaron prolapsos ni eventos indeseables. Ambas terapias fueron bien toleradas y seguras.
Elgayar [20]	43 mujeres postmenopáusicas (45 a 60 años, IMC <30). Tipo de incontinencia no especificado.	HIFEM (BTL EMSELLA) + ejercicios de suelo pélvico 2 por semana durante 12 semanas (24 sesiones). Grupo control: solo ejercicios.	HIFEM + ejercicios pélvicos mejoró significativamente la fuerza y resistencia del suelo pélvico, función sexual y calidad de vida vs control (p < 0,05).	No se reportaron efectos adversos.
Wang Y. <i>et al.</i> [21]	95 mujeres premenopáusicas con incontinencia urinaria de esfuerzo moderada. Edad media de Grupo 1: 37,3 Grupo 2: 35,8 años. IMC media: 25,7 kg/m ²	Estimulación magnética transperineal combinada con entrenamiento optimizado del piso pélvico YUN. Evaluaciones realizadas antes del tratamiento (semana 0), a las 6 semanas y a las 12 semanas. Se utilizó el instrumento de estimulación magnética Magneuro 30F (Nanjing Vishee Medical Technology Co., Ltd., Nanjing, China) sesiones de 20 minutos, 2 veces por semana, total 24 sesiones. YUN: 15 minutos calentamiento, 25 minutos contracción vaginal y anal y 15 minutos ejercicios de fortalecimiento muscular del suelo pélvico y relajación sistémica con música relajante.	Tasa de eficacia total del grupo experimental: 89,8% frente a 78,3% en el grupo control; mejoría significativa en electromiografía, puntuaciones del ICI-Q-SF, factores fisiológicos y emocionales (p < 0,05). El tratamiento combinado es eficaz para la incontinencia urinaria de esfuerzo moderada y mejora la función sexual.	No se reportaron efectos adversos.

Singhal, Gopal. [22]	50 mujeres (edad 35 a 80 años) con incontinencia urinaria persistente tras cirugía.	(HIFEM)) EMSELLA (BTL Industries Inc., Boston, MA) aplicado como fisioterapia pos-quirúrgica: 6 sesiones, 2 veces por semana durante 3 semanas.	El puntaje promedio combinado en el cuestionario Bristol Female Lower Urinary Tract Symptoms – Short Form (BFLUTS-SF) disminuyó de $17,4 \pm 1,5$ antes del tratamiento a $11,9 \pm 1,5$ a los 3 meses ($-5,5$ puntos) y $12,6 \pm 1,7$ a los 6 meses ($-4,8$ puntos) ($p < 0,001$). El procedimiento HIFEM es efectivo para reducir los síntomas de incontinencia urinaria persistente en mujeres tras cirugía de prolapso y/o anti incontinencia, mejorando la calidad de vida. El efecto se mantuvo a los 6 meses y fue más pronunciado en mujeres con mayor número de partos.	No se reportaron efectos adversos significativos durante el estudio.
Jongjakapan et al. [23]	57 mujeres adultas (≥ 20 años); incontinencia urinaria de esfuerzo: 43,9 %, mixta: 42,1 %, urgencia: 14 %. IMC no informado.	HIFEM 6 sesiones en 3 semanas; estimulación de suelo pélvico con EMSELLA®	Disminución significativa de puntuaciones en ICIQ-UI SF y IIQ-7 tras tratamiento y a 3 meses; mejoras en subescalas de función sexual en mujeres sexualmente activas	No se reportaron efectos adversos significativos durante el seguimiento
Lopopolo G. et al. [24]	50 mujeres con incontinencia urinaria mixta; edad promedio 65,3 años. IMC medio 24,6 kg/m ² .	Tecnología de estimulación magnética "Top Flat Magnetic Stimulation" Dr. ARNOLD (DEKA MELA Calenzano, Italia) 6 sesiones, 2 por semana durante 3 semanas; 28 minutos cada sesión.	Disminución de puntuaciones: cuestionario de incontinencia urinaria de forma corta: de $20,2 \pm 1,1$ a $1,8 \pm 2,4$ tras las 6 sesiones; a $4,8 \pm 2,8$ a los 3 meses. Cuestionario de vejiga hiperactiva: de $10,4 \pm 3,2$ a $1,4 \pm 0,8$ tras 6 sesiones; a $2,3 \pm 1,6$ a 3 meses. Cuestionario de impacto: de $20,2 \pm 1,7$ a $0,4 \pm 0,5$ tras 6 sesiones; a $4,7 \pm 2,8$ a 3 meses. ($p < 0,01$) La tecnología Top Flat Magnetic Stimulation podría reducir los síntomas de incontinencia urinaria mixta y mejorar la calidad de vida en mujeres, con buen perfil de seguridad.	No se reportaron efectos adversos significativos; bien tolerado.
Chan et al. [25]	40 mujeres con incontinencia urinaria de esfuerzo. IMC no informado.	HIFEM + entrenamiento de piso pélvico vs. entrenamiento de piso pélvico + sham HIFEM; sesiones semanales durante 6 semanas; mediciones con pad test e ICIQ-UI-SF; sonografía de movimiento del cuello vesical.	Mejoría significativa 1 hora pad test ($p = 0,049$) y reducción de puntuaciones en el ICIQ-UI-SF; mejorías de movimiento sonográfico del cuello vesical en ambos grupos, con tendencia mayor en el grupo combinado.	No se reportaron efectos adversos significativos en ninguno de los grupos durante el período del estudio.
Filippini et al. [26]	62 mujeres adultas, edad media 55,1 años ($\pm 14,5$), incontinencia urinaria de esfuerzo y de urgencia, IMC no especificado, tipos de incontinencia: estrés y urgencia	Estimulación magnética de alta intensidad mediante el dispositivo Dr. Arnold (deka mela, italia): 8 sesiones de 30 minutos, 2 veces por semana. Ecografía transperineal 3D antes y después del procedimiento.	Mejoría significativa en el tono de los músculos del suelo pélvico y reducción de los síntomas de incontinencia urinaria. Todas las puntuaciones medias mostraron disminución significativa tras el tratamiento: ICIQ-UI-SF de 12,44 a 6,75; UDI-6 de 49,26 a 20,83; IIQ-7 de 46,91 a 27,88, indicando mejora de síntomas de incontinencia y reducción del impacto en la calidad de vida.	No se reportaron efectos adversos significativos.
Braga A. et al. [27]	100 mujeres (60 con incontinencia de esfuerzo, 40 con vejiga hiperactiva). Edad media 52 a 63 años, IMC 26 a 29 kg/m ² . Se excluyeron mujeres con incontinencia urinaria mixta, prolapso de órganos pélvicos grado II o superior y cirugías pélvicas previas.	Estimulación magnética funcional de 3 Tesla (Tesla Care®). 16 sesiones, 20 minutos, 2 veces por semana por 8 semanas.	Curadas: 47% (incontinencia urinaria de esfuerzo), 50% (Vejiga hiperactiva). Curadas + mejoradas: 68 a 70%. Disminución significativa en todos los cuestionarios de síntomas ($p < 0,001$).	No se reportaron efectos adversos. Tratamiento indoloro y bien tolerado.

ICIQ-SF: International Consultation on Incontinence Questionnaire-Short Form

UDI-6 Urogenital Distress Inventory – Short Form MUCP Maximum Urethral Closure Pressure

Sham HIFEM significa una intervención simulada de HIFEM utilizada como control en estudios clínicos.

Blood Institute (NHLBI Study Quality Assessment Tools), se analizaron los 12 artículos incluidos en la revisión. Los resultados mostraron que 11 estudios fueron clasificados con calidad metodológica moderada, evidenciando adecuado control de sesgos, aunque con limitaciones en aspectos como tamaño muestral, cegamiento o seguimiento. Solo 1 estudio fue categorizado como de baja calidad, principalmente debido a debilidades en el diseño y reporte metodológico. No se identificaron

estudios con calidad alta según los criterios establecidos por la herramienta (Tabla 1).

Las características metodológicas de los estudios incluidos, el tipo de intervención evaluada, los comparadores utilizados y los desenlaces clínicos relacionados con síntomas urinarios, calidad de vida y seguridad se presentan en la Tabla 2.

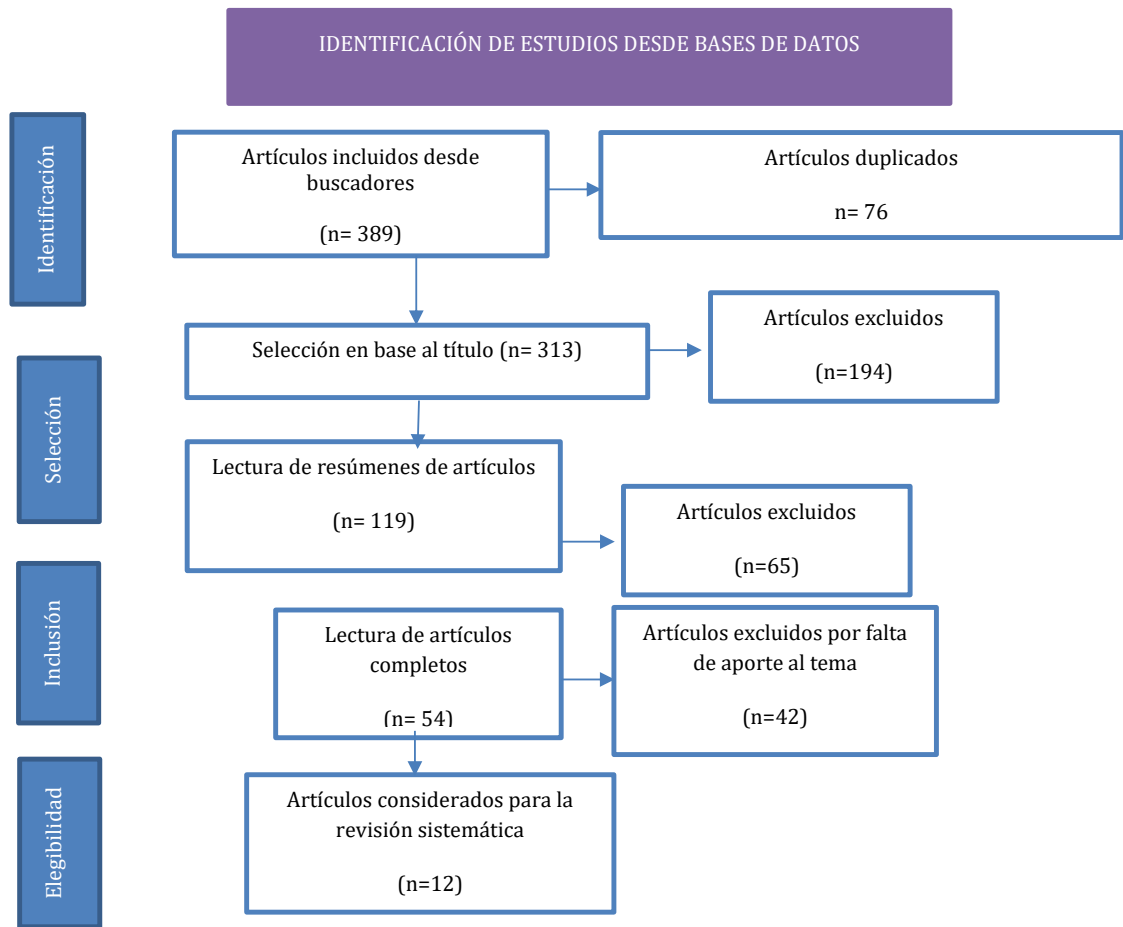


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios según la declaración PRISMA.

Discusión

Nuestros resultados muestran que la estimulación electromagnética focalizada de alta intensidad (HIFEM)



Figura 2. Dispositivos de estimulación electromagnética focalizada de alta intensidad (HIFEM) utilizados en mujeres con incontinencia urinaria: (A) BTL EMSella®, (B) Tesla Care®, (C) Dr. Arnold® Top Flat Magnetic Stimulation.

se asocia con mejoras significativas en los síntomas de incontinencia urinaria, reducción del uso de compresas y mejoras en cuestionarios validados de calidad de vida. Esta tendencia es respaldada por un metaanálisis reciente que concluyó que la terapia HIFEM reduce significativamente los episodios de incontinencia y mejora las puntuaciones del ICIQ-UI-SF en comparación con controles [12].

El diagnóstico de la incontinencia urinaria femenina se fundamenta en una evaluación clínica integral que combina anamnesis dirigida, examen físico y el uso de herramientas validadas que permiten caracterizar la severidad y el tipo de incontinencia. Las guías actuales destacan que la historia clínica debe incluir la identificación de síntomas predominantes como esfuerzo, urgencia o nicturia, así como su impacto en la calidad de vida [28]. El examen físico incorpora la evaluación ginecológica y neurológica, destacando la valoración funcional del suelo pélvico mediante escalas como la de Oxford modificada, que permite graduar la fuerza muscular perineal y orientar el enfoque terapéutico [29]. En la práctica clínica, los cuestionarios validados constituyen herramientas clave para objetivar los síntomas; entre ellos, el sistema ICIQ en sus diferentes módulos (ICIQ-UI SF, ICIQ-OAB, ICIQ-N) permite evaluar la frecuencia, severidad e impacto de

la incontinencia, incluyendo síntomas como urgencia y nicturia [30]. De manera complementaria, instrumentos como el OABSS permiten cuantificar la severidad de la vejiga hiperactiva mediante la valoración de frecuencia miccional, urgencia e incontinencia de urgencia, con adecuada correlación clínica. Asimismo, la evaluación de diarios miccionales resulta fundamental para diferenciar causas urológicas de trastornos sistémicos. Otros cuestionarios ampliamente utilizados, como el UDI-6, IIQ-7 y King's Health Questionnaire, aportan información sobre el impacto funcional y la calidad de vida, mejorando la precisión diagnóstica [31][32]. En cuanto a estudios complementarios, el uroanálisis y la medición del residuo posmiccional constituyen pruebas básicas, mientras que la urodinamia se reserva para casos complejos o previo a tratamiento quirúrgico. La evidencia reciente resalta que, en la mayoría de los casos no complicados, el diagnóstico puede establecerse con herramientas clínicas y cuestionarios validados, evitando procedimientos invasivos innecesarios [33][34][35]. En conjunto, la integración de escalas clínicas, instrumentos validados y evaluación funcional permite un abordaje diagnóstico más preciso, estandarizado y centrado en la paciente.

El manejo terapéutico de la incontinencia urinaria femenina es escalonado y depende del tipo y severidad de los síntomas, integrando intervenciones conservadoras, farmacológicas y quirúrgicas. Actualmente, se recomienda como primera línea el tratamiento conservador, destacando el entrenamiento de los músculos del suelo pélvico, que ha demostrado eficacia significativa en la reducción de episodios de incontinencia, especialmente en la incontinencia urinaria de esfuerzo [33]. Las modificaciones del estilo de vida, como la pérdida de peso, la reducción del consumo de cafeína y el manejo de comorbilidades, también forman parte del abordaje inicial [34]. En pacientes con síntomas de vejiga hiperactiva, los tratamientos farmacológicos incluyen antimuscarínicos y agonistas β 3-adrenérgicos, los cuales han mostrado mejorar la urgencia y la frecuencia miccional. Alternativas como la neuromodulación tibial percutánea y la estimulación del nervio sacro se reservan para casos refractarios, con evidencia creciente de eficacia y seguridad [35]. En cuanto al tratamiento quirúrgico, los procedimientos con cabestrillos suburetrales continúan siendo el estándar de oro para la incontinencia de esfuerzo moderada a severa, con altas tasas de éxito a largo plazo [36]. La evidencia reciente enfatiza la importancia de un enfoque individualizado, basado en las características clínicas de la paciente, la severidad de los síntomas y sus preferencias, con el objetivo de optimizar los resultados terapéuticos y la calidad de vida [37].

En los últimos años, el manejo de la incontinencia urinaria femenina ha evolucionado hacia la incorporación de terapias emergentes que buscan mejorar la eficacia clínica mediante abordajes mínimamente invasivos

y personalizados. Entre estas, la estimulación electromagnética focalizada de alta intensidad (HIFEM) ha demostrado inducir contracciones supramáximas del suelo pélvico, favoreciendo su fortalecimiento y mejorando el soporte uretral, con resultados prometedores en la reducción de síntomas y en la calidad de vida de las pacientes [38]. De forma complementaria, la neuromodulación del nervio tibial posterior y la estimulación sacra han mostrado eficacia en pacientes con vejiga hiperactiva refractaria, modulando las vías neurológicas implicadas en el control miccional. Asimismo, la aplicación intradetrusor de toxina botulínica tipo A se ha consolidado como una alternativa terapéutica efectiva en la incontinencia de urgencia severa, al reducir la hiperactividad del detrusor [39][40]. Otras tecnologías emergentes incluyen el uso de láser vaginal y radiofrecuencia, orientadas a mejorar la calidad del tejido conectivo y la función del suelo pélvico, aunque su evidencia aún es limitada y heterogénea [41][42]. En paralelo, las terapias regenerativas, como la utilización de células madre y factores de crecimiento, representan un campo en expansión con potencial para restaurar la función esfinteriana y del soporte pélvico [43][44]. Finalmente, estrategias combinadas que integran rehabilitación del suelo pélvico con tecnologías avanzadas han mostrado resultados superiores en comparación con intervenciones aisladas [9][10].

A continuación, se discuten los hallazgos de esta revisión sistemática sobre la efectividad de la estimulación electromagnética focalizada de alta intensidad (HIFEM) en el tratamiento de la incontinencia urinaria femenina.

La tecnología HIFEM actúa mediante campos electromagnéticos de alta intensidad que inducen contracciones supramáximas del suelo pélvico, favoreciendo el reclutamiento de fibras musculares relacionadas con el tono basal y la respuesta ante aumentos de presión intraabdominal [45][46]. Este mecanismo podría mejorar el soporte uretral y la función del piso pélvico, aspectos relevantes en la fisiopatología de la incontinencia urinaria de esfuerzo [47][48][49][50].

Los estudios incluidos reportaron disminución de episodios de fuga urinaria, reducción en el uso de compresas y mejoría en cuestionarios de síntomas y calidad de vida, hallazgos concordantes con revisiones recientes sobre HIFEM [12]. Sin embargo, estos resultados deben interpretarse con cautela, debido a diferencias en el tipo y grado de incontinencia, características basales de las participantes, instrumentos de medición y duración del seguimiento.

El entrenamiento de los músculos del suelo pélvico continúa siendo el tratamiento conservador de primera línea para la incontinencia urinaria femenina [51]. No obstante, su efectividad depende de la adherencia, la supervisión y la correcta ejecución de las contracciones

voluntarias [52][53]. En este contexto, HIFEM podría considerarse una alternativa o complemento terapéutico en mujeres con dificultad para realizar adecuadamente los ejercicios del suelo pélvico o con respuesta insuficiente al manejo convencional.

En comparación con la electroestimulación intravaginal, algunos estudios reportaron mejoría clínica con HIFEM y un perfil de mayor comodidad, debido a que no requiere dispositivos intracavitarios [19][54]. Además, la reducción de los síntomas urinarios se acompañó de mejoras en la calidad de vida, lo cual es relevante considerando el impacto físico, emocional, social y sexual de la incontinencia urinaria en las mujeres [55][56][57].

En cuanto a la seguridad, los eventos adversos descritos fueron escasos, leves y transitorios, principalmente molestias o fatiga muscular posterior al tratamiento [10][58]. Finalmente, la variabilidad en los protocolos de estimulación, número de sesiones, duración del tratamiento y dispositivos utilizados limita la comparación directa entre estudios y dificulta establecer un protocolo terapéutico estandarizado [59][60][61]. Por ello, se requieren ensayos clínicos con mayor tamaño muestral, seguimiento prolongado y criterios homogéneos de evaluación.

Limitaciones del estudio

Este estudio presenta algunas limitaciones que deben considerarse al interpretar los resultados. En primer lugar, solo se incluyeron artículos publicados en inglés y de acceso abierto, lo que pudo haber excluido investigaciones relevantes en otros idiomas o disponibles únicamente bajo suscripción. Si bien es ampliamente reconocido que los equipos de investigación, incluidos aquellos en regiones de habla hispana, optan predominantemente por publicar sus manuscritos en inglés para maximizar su visibilidad e impacto en bases de datos de alto nivel, reconocemos que esta delimitación pudo haber introducido un sesgo de selección e idioma. Como consecuencia, existe la posibilidad de que investigaciones regionales valiosas no hayan tenido la oportunidad de ser consideradas en este análisis. No obstante, dada la consistencia de los desenlaces en los 12 estudios incluidos, consideramos que es representativa de la evidencia científica actual sobre la tecnología HIFEM.

No se realizó una evaluación formal de la certeza de la evidencia mediante el sistema GRADE, lo que limita la capacidad de clasificar con precisión la solidez global de los hallazgos y la fuerza de las recomendaciones derivadas. Además, la variabilidad en los diseños metodológicos, tamaños muestrales y protocolos tecnológicos entre los estudios incluidos dificulta la comparación directa de resultados y la elaboración de conclusiones definitivas. Finalmente, la mayoría de los estudios presentaron seguimientos a corto o mediano plazo, lo que restringe la valoración de la eficacia sostenida y la durabilidad clínica del tratamiento con HIFEM a largo plazo.

Conclusiones

La presente revisión sistemática sugiere que la estimulación electromagnética focalizada de alta intensidad (HIFEM) constituye una alternativa terapéutica eficaz y segura para el tratamiento de la incontinencia urinaria en mujeres adultas. Los estudios analizados demuestran mejoras clínicas y estadísticamente significativas en la severidad de los síntomas, reducción del uso de compresas absorbentes y mejoría en los cuestionarios validados de calidad de vida, tanto en incontinencia urinaria de esfuerzo como mixta y en casos asociados a vejiga hiperactiva.

En comparación con los ejercicios tradicionales de fortalecimiento del suelo pélvico, la terapia electromagnética muestra resultados comparables o superiores en la mejoría sintomática a corto y mediano plazo, especialmente cuando se combina con programas de entrenamiento muscular convencional. Asimismo, frente a opciones quirúrgicas en casos seleccionados, HIFEM ofrece un perfil de seguridad favorable, asociándose únicamente a efectos adversos leves y transitorios.

No obstante, debido a la calidad metodológica mayoritariamente moderada y las limitaciones en cuanto al tamaño muestral, cegamiento y la escasez de seguimientos prolongados en la literatura actual, se requieren ensayos clínicos aleatorizados, estandarizados y a largo plazo para consolidar el nivel de recomendación de la tecnología HIFEM en las guías de práctica clínica.

Información Complementaria

Contribución de los autores (Taxonomía CrediT):

EPDA y DFVC participaron en la conceptualización, curación de datos, análisis formal e investigación, incluyendo la búsqueda, recolección y organización de los datos, así como en la obtención de resultados. CFPF contribuyó en la validación, supervisión y revisión crítica del contenido intelectual del manuscrito. KMBO estuvo a cargo de la redacción del borrador original, revisión y edición final del artículo, así como del envío del manuscrito a la revista. Todos los autores aprobaron la versión final del manuscrito.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Financiamiento: Esta investigación no recibió ninguna subvención específica de ninguna agencia de financiación de los sectores público, comercial o sin fines de lucro.

Disponibilidad de datos: Este estudio es una revisión sistemática basada en literatura previamente publicada.

Los datos analizados provienen de artículos indexados en bases de datos científicas y están disponibles públicamente a través de las referencias incluidas. La estrategia de búsqueda y los criterios de selección pueden ser proporcionados por los autores en caso de requerirlo.

Agradecimientos: Ninguno.

Declaración de uso de herramientas de inteligencia artificial (IA): Los autores declaran que se utilizaron herramientas de IA en la etapa de redacción con fines de

apoyo en la organización del contenido, mejora del estilo y corrección gramatical. Todo el contenido del manuscrito fue revisado, verificado y validado por los autores, quienes asumen plena responsabilidad por su exactitud, integridad y originalidad. Asimismo, se confirma que no se introdujeron datos sensibles o confidenciales en la herramienta de inteligencia artificial.

En el proceso editorial, incluida la revisión por pares, se desarrolló conforme a la política de la revista sobre el uso responsable de herramientas de IA.

Referencias

- Li N, Li L, Zang Y, Wang T, Du H, Yan G. Rehabilitation effect of magnetic stimulation on female stress urinary incontinence: A systematic review and meta-analysis. *Int J Gynaecol Obstet.* 2026;173(2):686-697. DOI: 10.1002/ijgo.70723.
- Leslie SW, Tran LN, Puckett Y. Urinary Incontinence. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559095/>
- Dudonienė V, Kirklytė I, Žlibinaitė L, Jerez-Roig J, Rutkauskaitė R. Pelvic Floor Muscle Training versus Functional Magnetic Stimulation for Stress Urinary Incontinence in Women: A Randomized Controlled Trial. *J Clin Med.* 2023;12(9):3157. DOI: 10.3390/jcm12093157.
- Lee UJ, Feinstein L, Ward JB, Kirkali Z, Martinez-Miller EE, Matlaga BR, et al. Prevalence of Urinary Incontinence among a Nationally Representative Sample of Women, 2005-2016: Findings from the Urologic Diseases in America Project. *J Urol.* 2021;205(6):1718-1724. DOI: 10.1097/JU.0000000000001634.
- Batmani S, Jalali R, Mohammadi M, Bokaei S. Prevalence and factors related to urinary incontinence in older adults women worldwide: a comprehensive systematic review and meta-analysis of observational studies. *BMC Geriatr.* 2021;21(1):212. DOI: 10.1186/s12877-021-02135-8.
- Abufaraj M, Xu T, Cao C, Siyam A, Isleem U, Massad A, et al. Prevalence and trends in urinary incontinence among women in the United States, 2005-2018. *Am J Obstet Gynecol.* 2021;225(2):166.e1-166.e12. DOI: 10.1016/j.ajog.2021.03.016.
- Akova İ. Factors Influencing the Prevalence of Urinary Incontinence in Women and its Impact on Sexual Quality of Life. *J Clin Pract Res.* 2024;46(1):32-40. DOI: 10.14744/cpr.2024.47955.
- Moris L, Heesakkers J, Nitti V, O'Connell HE, Peyronnet B, Serati M, et al. Prevalence, Diagnosis, and Management of Stress Urinary Incontinence in Women: A Collaborative Review. *Eur Urol.* 2025;87(3):292-301. DOI: 10.1016/j.eururo.2024.12.017.
- Torres CS, Esparza KG, Celi VA. Urinary Incontinence and Its Relationship with Obstetric, Age, and Ethnic Factors: A Cross-Sectional Study. *Healthcare.* 2025;13(24):3254. DOI: 10.3390/healthcare13243254.
- Samuels JB, Pezzella A, Berenholz J, Alinsod R. Safety and Efficacy of a Non-Invasive High-Intensity Focused Electromagnetic Field Device for Treatment of Urinary Incontinence and Enhancement of Quality of Life. *Lasers Surg Med.* 2019;51(9):760-766. DOI: 10.1002/lsm.23106.
- Guo Q, Pei Q, Dong J. Advances in the research and application of high-intensity focused electromagnetic technology for fat apoptosis and body shaping. *Chin J Plast Reconstr Surg.* 2022;4(3):123-125. DOI: 10.1016/j.cjprs.2022.06.005.
- Leonardo K, Rahardjo HE, Afriansyah A. Noninvasive High-Intensity Focused Electromagnetic Therapy in Women With Urinary Incontinence: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Neurourol Urodyn.* 2025;44(2):424-433. DOI: 10.1002/nau.25658.
- Skorupska K, Grzybowska ME, Kubik-Komar A, Rechberger T, Miotla P. Identification of the Urogenital Distress Inventory-6 and the Incontinence Impact Questionnaire-7 cutoff scores in urinary incontinent women. *Health Qual Life Outcomes.* 2021;19(1):87. DOI: 10.1186/s12955-021-01721-z.
- Loposso MN, Ndundu J, Mbunzu D, Matala T, Punga AM, De Ridder D. Assessing quality of life in obstetric fistula patients: Validation of the urogenital distress inventory and Incontinence Impact Questionnaire in Lingala and Kikongo in DR Congo. *Neurourol Urodyn.* 2019;38(7):1994-2000. DOI: 10.1002/nau.24105.
- Utomo E, Korfage IJ, Wildhagen MF, Steensma AB, Bangma CH, Blok BFM. Validation of the urogenital distress inventory and incontinence impact questionnaire in a Dutch population. *Neurourol Urodyn.* 2015;34(1):24-31. DOI: 10.1002/nau.22496.
- Long CY, Lin KL, Yeh JL, Feng CW, Loo ZX. Effect of High-Intensity Focused Electromagnetic Technology in the Treatment of Female Stress Urinary Incontinence. *Biomedicines.* 2024;12(12):2883. DOI: 10.3390/biomedicines12122883.
- Sacarin G, Abu-Awwad A, Razvan N, Craina M, Prodan M, Timircan MO, et al. Prospective Comparative Study of EMSella Therapy and Surgical Anterior Colporrhaphy for Urinary Incontinence: Outcomes and Efficacy. *Healthcare.* 2025;13(8):864. DOI: 10.3390/healthcare13080864.
- Tosun H, Akinsal E, Sönmez G, Baydilli N, Demirci D. Is the High-Intensity Focused Electromagnetic Energy an Effective Treatment for Urinary Incontinence in Women? *Ther Clin Risk Manag.* 2024;20:811-816. DOI: 10.2147/TCRM.S478919.
- Silantyeva E, Zarkovic D, Astafeva E, Soldatskaia R, Orazov M, Belkovskaya M, et al. A Comparative Study on the Effects of High-Intensity Focused Electromagnetic Technology and Electrostimulation for the Treatment of Pelvic Floor Muscles and Urinary Incontinence in Parous Women: Analysis of Posttreatment Data. *Female Pelvic Med Reconstr Surg.* 2021;27(4):269-273. DOI: 10.1097/SPV.0000000000000807.

20. Elgayar SL. Combined effects of high-intensity focused electromagnetic therapy and pelvic floor exercises on pelvic floor muscles and sexual function in postmenopausal women. *Obstet Gynecol Sci.* 2024;67(6):574-585. DOI: 10.5468/ogs.24103.
21. Wang Y, Shi C, Zhou D, Yu W, Jiao W, Shi G. Efficacy of optimized pelvic floor training of YUN combined with pelvic floor magnetic stimulation on female moderate stress urinary incontinence and sexual function: a retrospective cohort study. *Transl Androl Urol.* 2022;11(4):554-560. DOI: 10.21037/tau-22-222.
22. Singhal D, Gopal M. HIFEM procedure for Treatment of Persistent Urinary Incontinence Post-Pelvic Organ Prolapse and Anti-Incontinence Surgery. *J Womens Health Care.* 2023;12(12):701. DOI: 10.35248/2167-0420.23.12.701.
23. Jongjakapan A, Temtanakitpaisan T, Pinjaroen K, Chongsomchai C, Temtanakitpaisan A. Effectiveness of High-Intensity Focused Electromagnetic Therapy in Women with Urinary Incontinence. *Int Urogynecol J.* 2025. DOI: 10.1007/s00192-025-06362-0.
24. Lopopolo G, Salsi B, Banfi A, Isaza PG, Fusco I. Is It Possible to Improve Urinary Incontinence and Quality of Life in Female Patients? A Clinical Evaluation of the Efficacy of Top Flat Magnetic Stimulation Technology. *Bioengineering.* 2022;9(4):140. DOI: 10.3390/bioengineering9040140.
25. Chan WS, Chow WT, Poon YT, Tsang CSL, Yuen HHL, Lui EWY, et al. Effects of High-Intensity Focused Electromagnetic Therapy With Pelvic Floor Muscle Training in Mothers Living With Incontinence: A Pilot for a Randomized Controlled Trial. *Womens Health Issues.* 2026. DOI: 10.1016/j.whi.2025.12.002.
26. Filippini M, Biordi N, Curcio A, Comito A, Pennati BM, Farinelli M. A Qualitative and Quantitative Study to Evaluate the Effectiveness and Safety of Magnetic Stimulation in Women with Urinary Incontinence Symptoms and Pelvic Floor Disorders. *Medicina.* 2023;59(5):879. DOI: 10.3390/medicina59050879.
27. Braga A, Castronovo F, Caccia G, Papadia A, Regusci L, Torella M, et al. Efficacy of 3 Tesla Functional Magnetic Stimulation for the Treatment of Female Urinary Incontinence. *J Clin Med.* 2022;11(10):2805. DOI: 10.3390/jcm11102805.
28. Lenger SM, Chu CM, Ghetti C, Hardi AC, Lai HH, Pakpahan R, et al. Adult female urinary incontinence guidelines: a systematic review of evaluation guidelines across clinical specialties. *Int Urogynecol J.* 2021;32(10):2671-2691. DOI: 10.1007/s00192-021-04777-z.
29. Nambiar AK, Arlandis S, Bø K, Cobussen-Boekhorst H, Costantini E, De Heide M, et al. European Association of Urology Guidelines on the Diagnosis and Management of Female Non-neurogenic Lower Urinary Tract Symptoms. Part 1: Diagnostics, Overactive Bladder, Stress Urinary Incontinence, and Mixed Urinary Incontinence. *Eur Urol.* 2022;82(1):49-59. DOI: 10.1016/j.eururo.2022.01.045.
30. O'Neil B, Gilmour D. Approach to urinary incontinence in women. Diagnosis and management by family physicians. *Can Fam Physician.* 2003;49:611-618.
31. Medeiros Araujo C, De Moraes NR, Sacomori C, De Sousa Dantas D. Pad test for urinary incontinence diagnosis in adults: Systematic review of diagnostic test accuracy. *Neurourol Urodyn.* 2022;41(3):696-709. DOI: 10.1002/nau.24878.
32. Sharma N, Chakrabarti S. Clinical evaluation of urinary incontinence. *J Midlife Health.* 2018;9(2):55-60. DOI: 10.4103/jmh.JMH_122_17.
33. Dumoulin C, Cacciari LP, Hay-Smith EJC. Pelvic floor muscle training versus no treatment, or inactive control treatments, for urinary incontinence in women. *Cochrane Database Syst Rev.* 2018;10(10):CD005654. DOI: 10.1002/14651858.CD005654.pub4.
34. Subak LL, Wing R, West DS, Franklin F, Vittinghoff E, Creasman JM, et al. Weight Loss to Treat Urinary Incontinence in Overweight and Obese Women. *N Engl J Med.* 2009;360(5):481-490. DOI: 10.1056/NEJMoa0806375.
35. Todhunter-Brown A, Hazelton C, Campbell P, Elders A, Hagen S, McClurg D. Conservative interventions for treating urinary incontinence in women: an Overview of Cochrane systematic reviews. *Cochrane Database Syst Rev.* 2022;9(9):CD012337. DOI: 10.1002/14651858.CD012337.pub2.
36. Ford AA, Rogerson L, Cody JD, Ogah J. Mid-urethral sling operations for stress urinary incontinence in women. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;7(7):CD006375. DOI: 10.1002/14651858.CD006375.pub3.
37. McKinney JL, Keyser LE, Pulliam SJ, Ferzandi TR. Female Urinary Incontinence Evidence-Based Treatment Pathway: An Infographic for Shared Decision-Making. *J Womens Health.* 2022;31(3):341-346. DOI: 10.1089/jwh.2021.0266.
38. Toledano O. Energy-Based Devices: Comparisons and Indications. In: Jindal P, Malhotra N, Joshi S, editors. *Aesthetic and Regenerative Gynecology.* Singapore: Springer; 2022. p. 37-51. DOI: 10.1007/978-981-16-1743-0_6.
39. Chen YH, Kuo JH, Huang YT, Lai PC, Ou YC, Lin YC. Evaluating the Efficacy and Safety of Botulinum Toxin in Treating Overactive Bladder in the Elderly: A Meta-Analysis with Trial Sequential Analysis of Randomized Controlled Trials. *Toxins.* 2024;16(11):484. DOI: 10.3390/toxins16110484.
40. Orasanu B, Mahajan S. The use of botulinum toxin for the treatment of overactive bladder syndrome. *Indian J Urol.* 2013;29(1):2-11. DOI: 10.4103/0970-1591.109975.
41. Ribeiro FC, Silva MLA, Silva MAPSD, Gouveia GPDM, Eufrásio LS, Micussi MTABC. Use of radiofrequency for the treatment of urinary incontinence in women: a systematic review. *Rev Assoc Med Bras.* 2021;67(12):1857-1862. DOI: 10.1590/1806-9282.20210266.
42. Ranjbar A, Mehrnoush V, Darsareh F, Kotb A, Zakaria A, Shekari M, et al. Vaginal Laser Therapy for Stress Urinary Incontinence: A Systematic Review of Prospective Randomized Clinical Trials. *J Menopausal Med.* 2022;28(3):103-111. DOI: 10.6118/jmm.22017.
43. Roman MP, Ciortea R, Doumouchtsis SK, Măluțan AM, Bucuri CE, Ormindean CM, et al. Comparison of Different Treatment Outcomes for Refractory Overactive Bladder: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Toxins.* 2025;17(10):479. DOI: 10.3390/toxins17100479.
44. Aref-Adib M, Lamb BW, Lee HB, Akinawo E, Raza MMA, Hughes A, et al. Stem cell therapy for stress urinary incontinence: a systematic review in human subjects. *Arch Gynecol Obstet.* 2013;288(6):1213-1221. DOI: 10.1007/s00404-013-3028-0.
45. González-Isaza P, Sánchez-Borrego R, Lugo Salcedo F, Rodríguez N, Vélez Rizo D, Fusco I, et al. Pulsed Magnetic Stimulation for Stress Urinary Incontinence and Its Impact on Sexuality and Health. *Medicina.* 2022;58(12):1721. DOI: 10.3390/medicina58121721.
46. Milosevic M, Marquez-Chin C, Masani K, Hirata M, Nomura T, Popovic MR, et al. Why brain-controlled neuroprosthetics matter: mechanisms underlying electrical stimulation of muscles and nerves in rehabilitation. *BioMed Eng Online.* 2020;19(1):81. DOI: 10.1186/s12938-020-00824-w.
47. Shah AP, Mevcha A, Wilby D, Alatsatianos A, Hardman JC, Jacques S, et al. Continence and micturition: An anatomical basis. *Clin Anat.* 2014;27(8):1275-1283. DOI: 10.1002/ca.22388.
48. Allen C, Keane D. Pathophysiology of urinary incontinence. *Rev Gynaecol Pract.* 2005;5(2):65-70. DOI: 10.1016/j.rigp.2004.08.001.

49. Stölting M, Handschin C, Attila B, Sulser T, Eberli D. Noninvasive electromagnetic stimulation for stress urinary incontinence improves regeneration of skeletal muscle, increases nerve ingrowth and acetylcholine receptor clustering. *J Urol.* 2012;187(4 Suppl):e210. DOI: [10.1016/j.juro.2012.02.586](https://doi.org/10.1016/j.juro.2012.02.586).
50. He Q, Xiao K, Peng L, Lai J, Li H, Luo D, et al. An Effective Meta-analysis of Magnetic Stimulation Therapy for Urinary Incontinence. *Sci Rep.* 2019;9(1):9077. DOI: [10.1038/s41598-019-45330-9](https://doi.org/10.1038/s41598-019-45330-9).
51. Bø K, Anglès-Acedo S, Batra A, Brækken IH, Chan YL, Jorge CH, et al. International urogynecology consultation chapter 3 committee 2; conservative treatment of patient with pelvic organ prolapse: Pelvic floor muscle training. *Int Urogynecol J.* 2022;33(10):2633-2667. DOI: [10.1007/s00192-022-05324-0](https://doi.org/10.1007/s00192-022-05324-0).
52. Papanikolaou DT, Lampropoulou S, Giannitsas K, Skoura A, Fousekis K, Billis E. Pelvic floor muscle training: Novel versus traditional remote rehabilitation methods. A systematic review and meta-analysis on their effectiveness for women with urinary incontinence. *Neurourol Urodyn.* 2023;42(5):856-874. DOI: [10.1002/nau.25150](https://doi.org/10.1002/nau.25150).
53. Ayeleke RO, Hay-Smith EJC, Omar MI. Pelvic floor muscle training added to another active treatment versus the same active treatment alone for urinary incontinence in women. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;2015(11):CD010551. DOI: [10.1002/14651858.CD010551.pub3](https://doi.org/10.1002/14651858.CD010551.pub3).
54. Ignácio Antônio F, Bø K, Pena CC, Bueno SM, Mateus-Vasconcelos ECL, Fernandes ACNL, et al. Intravaginal electrical stimulation increases voluntarily pelvic floor muscle contractions in women who are unable to voluntarily contract their pelvic floor muscles: a randomised trial. *J Physiother.* 2022;68(1):37-42. DOI: [10.1016/j.jphys.2021.12.004](https://doi.org/10.1016/j.jphys.2021.12.004).
55. Pilarska B, Strojek K, Radzińska A, Weber-Rajek M, Jarzowski P. Assessing Quality of Life Among Women with Urinary Incontinence—Medical, Psychological, and Sociodemographic Determinants. *J Clin Med.* 2025;14(14):4839. DOI: [10.3390/jcm14144839](https://doi.org/10.3390/jcm14144839).
56. Shearon TL, Alexander JL. Urinary Incontinence and Quality of Life: A Cross-Sectional Study. *OTJR Occup Particip Health.* 2025;45(1):105-112. DOI: [10.1177/15394492241256869](https://doi.org/10.1177/15394492241256869).
57. Krhut J, Gärtner M, Mokris J, Horcicka L, Svabik K, Zachoval R, et al. Effect of severity of urinary incontinence on quality of life in women. *Neurourol Urodyn.* 2018;37(6):1925-1930. DOI: [10.1002/nau.23568](https://doi.org/10.1002/nau.23568).
58. Tosun H, Akinsal E, Bas U, Sonmez G, Baydilli N, Demirci D. Evaluating the Efficacy of High-Intensity Focused Electromagnetic Therapy for Postprostatectomy Incontinence in Men. *Ther Clin Risk Manag.* 2025;21:1309-1315. DOI: [10.2147/TCRM.S534674](https://doi.org/10.2147/TCRM.S534674).
59. DEKA M.E.L.A. S.R.L. PelviTouchTM. Calenzano (IT): DEKA Intimate; 2024. <https://www.dekalaser.com>
60. BTL Industries. EMSELLA®. Marlborough (MA): BTL Industries; 2024. <https://www.btl.net>
61. BTL Industries. Tesla Care® Technical Parameters. Marlborough (MA): BTL Industries; 2024. <https://www.btl.net>

Doppler de la arteria pulmonar fetal y QuantusFLM en la evaluación de la madurez pulmonar: Revisión sistemática

Fetal Pulmonary Artery Doppler and QuantusFLM for the Assessment of Fetal Lung Maturity: A Systematic Review

Diego Fernando Vega-Cuadrado^{1,a}, Erika Paola Delgado-Astudillo^{1,a}, Carem Francelys Prieto-Fuenmayor^{1,b}

¹ Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.

^a Médico, Posgradista de Ginecología y Obstetricia.

^b Docente Universitario, Doctora en Ciencias de la Salud.

Información del artículo

Citar como: Vega-Cuadrado DF, Delgado-Astudillo EP, Prieto-Fuenmayor CF. Doppler de la arteria pulmonar fetal y QuantusFLM en la evaluación de la madurez pulmonar: Revisión sistemática. Health Care & Global Health.2026;10(3):218-230.

DOI: 10.22258/hgh.v10i3.438

Autor de Correspondencia

Diego Fernando Vega Cuadrado
Dirección: Cuenca, Ecuador.
Email: diegofv19@hotmail.com
Teléfono: 0984821658

Historial del artículo

Recibido : 12 de mayo de 2026
Primera decisión editorial: 20 de mayo de 2026
Versión revisada recibida: 27 de agosto de 2026
Aceptado: 31 de agosto de 2026
Publicado en línea: 15 de septiembre de 2026

Proceso de revisión

Tipo de revisión: revisión por pares doble ciego
Número de revisores externos: 2
Rondas de revisión: 1



Resumen

Objetivo: Evaluar la evidencia disponible sobre el rendimiento diagnóstico del índice Doppler de la arteria pulmonar fetal, particularmente la relación tiempo de aceleración/tiempo de eyección (TA/TE), en comparación con QuantusFLM®, para la estimación de la madurez pulmonar fetal y la predicción de morbilidad respiratoria neonatal. **Metodología:** Se realizó una revisión sistemática de estudios observacionales publicados entre 2019 y 2025 en bases de datos electrónicas internacionales MEDLINE/PubMed y Scopus. Se incluyeron estudios que evaluaron métodos ecográficos no invasivos de madurez pulmonar fetal y reportaron desenlaces respiratorios neonatales. El proceso de selección se efectuó mediante la plataforma Rayyan, y la evaluación del riesgo de sesgo se realizó utilizando las Study Quality Assessment Tools del National Heart, Lung, and Blood Institute (NHLBI). Debido a la heterogeneidad clínica y metodológica de los estudios incluidos, no se realizó metaanálisis; los resultados fueron integrados mediante una síntesis cualitativa y narrativa, comparando las características de las pruebas diagnósticas, los parámetros evaluados y su desempeño para predecir madurez pulmonar y morbilidad respiratoria neonatal. **Resultados:** Se incluyeron 14 estudios observacionales con tamaños muestrales entre 40 y 790 gestaciones. Los índices Doppler de la arteria pulmonar fetal mostraron una asociación consistente con el desarrollo de síndrome de dificultad respiratoria neonatal, destacando la relación TA/TE con sensibilidades entre 71,4 % y 94,8 % y especificidades entre 79,7 % y 96,2 %. QuantusFLM® demostró alta capacidad diagnóstica, especialmente por su elevado valor predictivo negativo, superior al 89 % en la mayoría de los estudios. Métodos emergentes, como la evaluación de la microvasculatura pulmonar fetal mediante MV-Flow Doppler, mostraron resultados prometedores. La mayoría de los estudios presentó un riesgo de sesgo moderado. **Conclusión:** Los métodos ecográficos no invasivos, particularmente QuantusFLM® y los índices Doppler de la arteria pulmonar fetal, muestran utilidad clínica para la estimación de la madurez pulmonar fetal y la predicción de morbilidad respiratoria neonatal, con potencial para complementar los criterios tradicionales basados en edad gestacional.

Palabras clave: Madurez de los Órganos Fetales; Arteria Pulmonar; Ultrasonografía Doppler (Fuente: DeCS, BIREME).

Abstract

Objective: To evaluate the available evidence on the diagnostic performance of the fetal pulmonary artery Doppler index, particularly the acceleration-to-ejection time (AT/ET) ratio, compared to QuantusFLM®, for estimating fetal lung maturity and predicting neonatal respiratory morbidity. **Methodology:** A systematic review of observational studies published between 2019 and 2025 was conducted using the international electronic databases MEDLINE/PubMed and Scopus. Studies evaluating non-invasive ultrasound-based methods for assessing fetal lung maturity and reporting neonatal respiratory outcomes were included. Study selection was performed using the Rayyan platform, and risk of bias was assessed using the National Heart, Lung, and Blood Institute (NHLBI) Study Quality Assessment Tools. Due to the clinical and methodological heterogeneity of the included studies, a meta-analysis was not performed. Instead, findings were integrated through a qualitative and narrative synthesis comparing the characteristics of the diagnostic tests, the parameters assessed, and their performance in predicting fetal lung maturity and neonatal respiratory morbidity. **Results:** Fourteen observational studies with sample sizes ranging from 40 to 790 pregnancies were included. Fetal pulmonary artery Doppler indices showed a consistent association with the development of neonatal respiratory distress syndrome, with the TA/TE ratio being particularly noteworthy, exhibiting sensitivities between 71.4% and 94.8% and specificities between 79.7% and 96.2%. QuantusFLM® demonstrated high diagnostic accuracy, especially due to its high negative predictive value, exceeding 89% in most studies. Emerging methods, such as fetal pulmonary microvasculature assessment using MV-Flow Doppler, showed promising results. Most studies presented a moderate risk of bias. **Conclusion:** Non-invasive ultrasound methods, particularly QuantusFLM® and fetal pulmonary artery Doppler indices, show clinical utility for estimating fetal lung maturity and predicting neonatal respiratory morbidity, with the potential to complement traditional criteria based on gestational age.

Keywords: Fetal Organ Maturity; Pulmonary Artery; Ultrasonography, Doppler (Source: MeSH, NLM).

Introducción

La maduración pulmonar fetal es un determinante esencial de la transición exitosa del feto a la vida extrauterina, al permitir el establecimiento eficaz de la respiración espontánea tras el nacimiento ^[1]. El desarrollo pulmonar insuficiente se asocia con un aumento significativo de complicaciones respiratorias neonatales, particularmente el síndrome de dificultad respiratoria, que representa una causa importante de morbilidad, ingreso a unidad de cuidados intensivos neonatales y prolongación de la estancia hospitalaria ^[2] ^[3]. Este fenómeno no depende exclusivamente de la edad gestacional cronológica, sino de la adquisición funcional del pulmón fetal, condicionada por la producción de surfactante y por cambios estructurales y hemodinámicos progresivos del sistema respiratorio ^[4].

Durante décadas, la evaluación de la madurez pulmonar se ha sustentado en pruebas bioquímicas obtenidas a partir del líquido amniótico mediante procedimientos invasivos, como la determinación de la relación lecitina-esfingomielina o el recuento de cuerpos lamelares ^[5] ^[6]. Si bien estos métodos han demostrado utilidad diagnóstica, su aplicación clínica se ve limitada por los riesgos inherentes a la amniocentesis, la necesidad de infraestructura especializada y su escasa disponibilidad en muchos entornos ^[7]. En consecuencia, el desarrollo de herramientas no invasivas que permitan estimar la madurez pulmonar fetal de manera confiable se ha convertido en un objetivo prioritario en la medicina materno-fetal contemporánea.

En este contexto, la velocimetría Doppler de la arteria pulmonar fetal ha emergido como una alternativa prometedora para la evaluación indirecta de la madurez pulmonar. Parámetros como el índice de pulsatilidad, el índice de resistencia y, de manera particular, la relación entre el tiempo de aceleración y el tiempo de eyección del flujo pulmonar, reflejan la disminución progresiva de la resistencia vascular pulmonar conforme avanza la gestación ^[8] ^[9]. Diversos estudios han demostrado que estos cambios hemodinámicos se correlacionan con la funcionalidad pulmonar posnatal, lo que ha posicionado a los índices Doppler pulmonares como posibles predictores no invasivos del riesgo de morbilidad respiratoria neonatal ^[10].

De forma paralela, los avances en el procesamiento digital de imágenes han permitido el desarrollo de técnicas basadas en el análisis cuantitativo de la textura ecográfica del pulmón fetal. Entre estas, Quantus Fetal Lung Maturity (QuantusFLM) utiliza algoritmos automatizados para evaluar patrones de textura del parénquima pulmonar obtenidos mediante ecografía bidimensional estándar, generando una estimación objetiva del riesgo de

inmadurez pulmonar y de complicaciones respiratorias neonatales ^[11] ^[12]. Esta tecnología ha mostrado resultados comparables a los métodos tradicionales invasivos, con la ventaja adicional de ser reproducible, no dependiente del operador y exenta de riesgos materno-fetales ^[13] ^[14].

La evaluación de estas herramientas adquiere especial relevancia en los embarazos comprendidos entre 36 y 37 semanas de gestación, periodo en el cual la maduración pulmonar puede ser heterogénea y en el que las decisiones obstétricas dependen de una adecuada estimación de la capacidad respiratoria fetal. A pesar de la creciente evidencia que respalda tanto el uso del Doppler de la arteria pulmonar como el análisis cuantitativo mediante QuantusFLM, persiste incertidumbre respecto a su desempeño comparativo y aplicabilidad clínica específica en este rango gestacional.

Además, la identificación precisa de la madurez pulmonar fetal en edades gestacionales tardías posee importantes implicaciones clínicas, debido a que puede contribuir a evitar intervenciones obstétricas innecesarias, como la administración empírica de corticosteroides antenatales, la prolongación injustificada del embarazo o la realización de procedimientos invasivos en fetos con adecuada capacidad respiratoria ^[15] ^[16] ^[17]. En este contexto, los métodos no invasivos basados en ultrasonografía han adquirido creciente relevancia, especialmente en gestaciones cercanas al término, donde la edad gestacional por sí sola no siempre refleja el verdadero grado de maduración pulmonar fetal. Diversas investigaciones recientes han demostrado que tanto la velocimetría Doppler de la arteria pulmonar fetal como el análisis automatizado de textura pulmonar permiten estimar el riesgo de morbilidad respiratoria neonatal con adecuada sensibilidad y especificidad, favoreciendo una toma de decisiones más individualizada y potencialmente más segura para el binomio materno-fetal ^[18].

Sin embargo, pese a los resultados alentadores reportados en los últimos años, la evidencia disponible continúa mostrando una considerable heterogeneidad metodológica relacionada con los puntos de corte utilizados, los parámetros Doppler evaluados, la definición de morbilidad respiratoria neonatal y las poblaciones incluidas en cada estudio ^[19]. Asimismo, algunas investigaciones han señalado variaciones en el rendimiento diagnóstico de estas herramientas según la edad gestacional, las comorbilidades maternas y la calidad de adquisición de las imágenes ecográficas, lo que ha limitado su incorporación sistemática en las guías clínicas internacionales ^[20] ^[21]. Por ello, resulta necesario sintetizar críticamente la evidencia científica reciente acerca del desempeño del Doppler de la arteria pulmonar fetal y de QuantusFLM, particularmente en el intervalo de 36 a 37 semanas de gestación, periodo en el que la predicción del riesgo respiratorio neonatal puede

modificar de manera significativa la conducta obstétrica y los resultados perinatales.

Por lo tanto, la presente revisión sistemática tiene como objetivo evaluar la evidencia disponible sobre el rendimiento diagnóstico de los índices Doppler de la arteria pulmonar fetal, particularmente la relación tiempo de aceleración/tiempo de eyección (TA/TE), en comparación con QuantusFLM®, para la estimación de la madurez pulmonar fetal y la predicción de morbilidad respiratoria neonatal.

Metodología

Diseño del estudio

Revisión sistemática de la literatura con base en los lineamientos PRISMA 2020.

Registro

El protocolo de la revisión sistemática fue registrado en PROSPERO (*International Prospective Register of Systematic Reviews*) bajo el número de registro CRD420251051377.

Fuentes de información y estrategia de búsqueda

La búsqueda bibliográfica se realizó en las bases de datos biomédicas MEDLINE (vía PubMed), y Scopus incluyendo estudios publicados en idioma inglés y español, desde el 1 de enero de 2019 hasta el 31 de diciembre de 2025. El periodo de búsqueda se delimitó con el propósito de identificar y sintetizar la evidencia contemporánea sobre métodos ecográficos no invasivos para la evaluación de la madurez pulmonar fetal y la predicción de morbilidad respiratoria neonatal.

Se consideraron los estudios que cumplieron los criterios de elegibilidad establecidos y cuyo texto completo pudo ser recuperado mediante las fuentes bibliográficas, suscripciones institucionales y repositorios disponibles para los investigadores. La disponibilidad en acceso abierto no se estableció como criterio de inclusión o exclusión. La búsqueda se complementó mediante la revisión de las referencias bibliográficas de los artículos seleccionados con el propósito de identificar estudios potencialmente elegibles no recuperados durante la búsqueda electrónica inicial.

Criterios de inclusión y exclusión

Se incluyeron estudios observacionales, tanto estudios de cohortes y de casos y controles, así como ensayos clínicos que evaluaron la madurez pulmonar fetal mediante parámetros Doppler de la arteria pulmonar fetal —índice de pulsatilidad, tiempo de aceleración, tiempo de eyección y relación tiempo de aceleración/tiempo de eyección (TA/TE)— y/o mediante Quantus Fetal Lung Maturity (QuantusFLM®), en gestaciones únicas mayores de 24 semanas y sin malformaciones fetales mayores.

Como desenlaces de interés se consideraron la relación entre los parámetros ecográficos evaluados y la madurez pulmonar fetal, así como su asociación con resultados respiratorios neonatales, entre ellos síndrome de dificultad respiratoria, necesidad de soporte ventilatorio e ingreso a la unidad de cuidados intensivos neonatales. Cuando los estudios reportaron medidas de rendimiento diagnóstico, como sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo o valor predictivo negativo, estas fueron extraídas como resultados adicionales para la síntesis cualitativa.

Se excluyeron revisiones narrativas, editoriales, cartas al editor y resúmenes de congresos, además de estudios realizados en embarazos múltiples, fetos con malformaciones pulmonares o cardíacas congénitas y aquellos que evaluaron la madurez pulmonar exclusivamente mediante métodos invasivos o determinaciones bioquímicas del líquido amniótico.

Proceso de selección de estudios

La selección de los estudios se llevó a cabo en dos fases. En una primera etapa, dos revisores independientes evaluaron los títulos y resúmenes de los registros identificados para determinar su elegibilidad preliminar. Posteriormente, los artículos potencialmente relevantes fueron revisados en texto completo para confirmar su inclusión de acuerdo con los criterios previamente establecidos.

Las discrepancias entre los revisores se resolvieron mediante consenso y, en caso necesario, con la intervención de un tercer revisor. El proceso de selección de estudios se documentó mediante un diagrama de flujo PRISMA, detallando el número de registros identificados, excluidos y finalmente incluidos en la revisión (**Figura 1**).

Para el proceso de cribado y selección de estudios se utilizó la plataforma Rayyan®, la cual facilitó la revisión independiente de títulos y resúmenes por parte de los revisores, así como la identificación de duplicados y la resolución de discrepancias ^[22].

Extracción y manejo de datos

La extracción de datos se realizó utilizando un formulario previamente diseñado, el cual incluyó información sobre características del estudio, características de la población, descripción de los métodos diagnósticos evaluados (índice de pulsatilidad de la arteria pulmonar fetal, parámetros Doppler asociados y/o QuantusFLM) y desenlaces neonatales respiratorios.

Evaluación del riesgo de sesgo y calidad metodológica

Para valorar el riesgo de sesgos, se empleó la herramienta Study Quality Assessment Tools del National Heart, Lung, and Blood Institute (NHLBI), aplicando las listas de verificación correspondientes al diseño de cada estudio ^[23]. Los resultados se sintetizaron mediante un sistema visual tipo semáforo, donde el color verde indica estudios con bajo riesgo de sesgo ("Bueno"), caracterizados

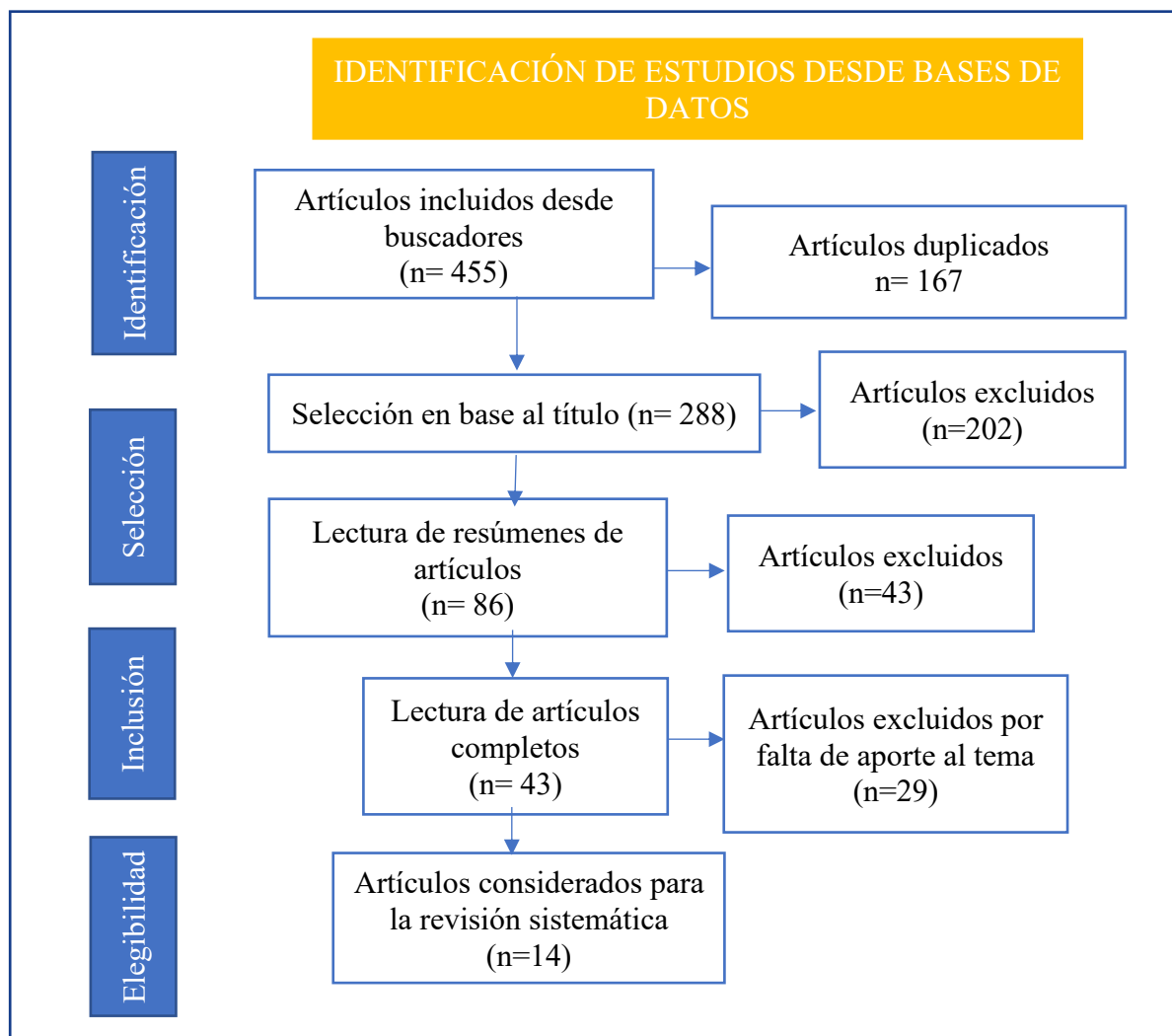


Figura 1. Proceso de selección de artículos.

por adecuada aleatorización, control de confusores y claridad metodológica; el color amarillo corresponde a estudios con riesgo moderado (“Regular”), usualmente debido a diseños pre-post, métodos observacionales o falta de cegamiento; y el color rojo identifica estudios con alto riesgo de sesgo (“Pobre”), en los que existen limitaciones importantes como ausencia de control, sesgo de selección significativo o fuentes no abordadas de confusión. Esta clasificación permitió estandarizar la valoración metodológica y asegurar que la síntesis de resultados considere la calidad interna de cada estudio. Los resultados del análisis se presentan en la [Tabla 1](#).

En la presente revisión sistemática no se realizó la evaluación de la certeza global de la evidencia mediante el enfoque GRADE (Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation). Esta decisión se fundamentó en que los estudios incluidos correspondieron predominantemente a diseños observacionales con heterogeneidad metodológica

significativa en cuanto a población, puntos de corte diagnósticos y desenlaces respiratorios neonatales, lo que limitó la posibilidad de realizar una síntesis cuantitativa formal o una comparación estructurada de la magnitud del efecto.

Resultados

La búsqueda bibliográfica identificó 455 registros potencialmente relevantes. Después de eliminar 167 registros duplicados, se evaluaron 288 registros mediante título. En esta etapa se excluyeron 202, por lo que 86 artículos continuaron a la evaluación de sus resúmenes. Tras esta revisión, se excluyeron 43 registros y 43 artículos fueron evaluados mediante lectura de texto completo. De estos, 29 fueron excluidos por no cumplir con los criterios de elegibilidad o por falta de pertinencia con el tema de investigación. Finalmente, 14 estudios fueron incluidos en la síntesis cualitativa de la revisión

Tabla 1. Riesgo de sesgo de los estudios según el NHLBI.

Autor / Año	Tipo de estudio	Riesgo de sesgo (NHLBI)
Abdelhamid <i>et al.</i> , 2020	Estudio prospectivo observacional	Moderado
Abbas & Mayallo, 2024	Estudio prospectivo observacional	Moderado
Hassan <i>et al.</i> , 2023	Estudio prospectivo observacional	Moderado
Essameldin <i>et al.</i> , 2021	Estudio prospectivo observacional	Bajo
Alkashty <i>et al.</i> , 2021	Estudio prospectivo observacional	Moderado
Tanta <i>et al.</i> , 2023	Estudio prospectivo observacional	Moderado
Mendoza <i>et al.</i> , 2024	Estudio prospectivo observacional	Bajo
Tang <i>et al.</i> , 2020	Estudio observacional transversal	Moderado
Burgos <i>et al.</i> , 2019	Estudio prospectivo observacional	Bajo
Zamarian <i>et al.</i> , 2022	Estudio de cohorte	Moderado
Flosi <i>et al.</i> , 2020	Estudio prospectivo observacional	Moderado
Caetano <i>et al.</i> , 2023	Estudio observacional prospectivo	Moderado
López Sánchez <i>et al.</i> , 2019	Estudio prospectivo observacional	Moderado
Wang <i>et al.</i> , 2025	Estudio prospectivo observacional	Moderado

sistemática. El proceso completo de identificación, selección, elegibilidad e inclusión se presenta en la **Figura 1**.

La presente revisión sistemática incluyó un total de 14 estudios observacionales publicados entre 2019 y 2025, que evaluaron métodos ecográficos no invasivos para la estimación de la madurez pulmonar fetal y la predicción de morbilidad respiratoria neonatal, principalmente el síndrome de dificultad respiratoria neonatal (SDRN). No se identificaron ensayos clínicos que cumplieran los criterios de elegibilidad establecidos. Los tamaños muestrales oscilaron entre 40 y 790 gestaciones, abarcando tanto poblaciones obstétricas de bajo riesgo como subgrupos clínicos específicos, entre ellos diabetes materna, preeclampsia severa, restricción del crecimiento fetal y ruptura prematura de membranas.

Características generales de los métodos evaluados
Los estudios analizados se presentan en la **Tabla 2**, y emplearon tres enfoques diagnósticos principales:

- **Índices Doppler de la arteria pulmonar fetal:** con énfasis en la relación tiempo de aceleración/tiempo de eyección (TA/TE), así como en el índice de pulsatilidad (PI), índice de resistencia (RI), velocidad sistólica máxima (PSV) y relación sístole/diástole (S/D) ^[24].

- **Análisis cuantitativo automatizado de la textura pulmonar fetal mediante QuantusFLM®** ^[25].
- **Técnicas ecográficas emergentes:** evaluación de la microvasculatura pulmonar fetal mediante detección de flujos sanguíneos de muy baja velocidad en vasos de pequeño calibre (MV-Flow Doppler), y métodos combinados que integran ultrasonido bidimensional y tridimensional ^[26].

Resultados de los estudios basados en Doppler de la arteria pulmonar fetal

La evidencia mostró de manera consistente que los índices Doppler de la arteria pulmonar fetal se asocian significativamente con la aparición de SDRN. Los fetos que desarrollaron morbilidad respiratoria neonatal presentaron valores disminuidos de TA/TE y PSV, junto con valores elevados de PI y RI, en comparación con aquellos sin compromiso respiratorio.

En múltiples estudios, el índice TA/TE demostró una elevada capacidad predictiva, con puntos de corte cercanos a 0,30, alcanzando sensibilidades entre 71,4 % y 94,8 % y especificidades entre 79,7 % y 96,2 %. Asimismo, algunos trabajos reportaron un desempeño diagnóstico destacado del índice de resistencia, que en determinadas cohortes alcanzó valores de sensibilidad y especificidad cercanos al 100 %. Estos hallazgos fueron reproducibles tanto en poblaciones generales como en subgrupos de alto riesgo, lo que respalda la utilidad del Doppler pulmonar como marcador funcional no invasivo de madurez pulmonar fetal ^{[27] [28] [29] [30] [31] [32] [33] [34]}.

Resultados de los estudios que emplearon QuantusFLM

Los estudios que evaluaron el análisis cuantitativo de textura pulmonar fetal mediante QuantusFLM® demostraron un alto rendimiento diagnóstico para la predicción de madurez pulmonar y morbilidad respiratoria neonatal. Las sensibilidades reportadas oscilaron entre 60 % y 97,2 %, mientras que las especificidades variaron entre 33,3 % y 94,7 %. De forma consistente, QuantusFLM® presentó un valor predictivo negativo elevado, frecuentemente superior al 89 %, lo que indica una elevada capacidad para descartar inmadurez pulmonar funcional.

Aunque la mayoría de los estudios no incluyó una evaluación comparativa directa entre ambas técnicas diagnósticas, la comparación indirecta es metodológicamente razonable, ya que los estudios comparten desenlaces clínicos homogéneos y criterios diagnósticos similares de morbilidad respiratoria neonatal ^{[35] [36] [37] [38] [39]}.

Estudios comparativos y métodos ecográficos emergentes

Un estudio comparativo directo entre TA/TE Doppler y QuantusFLM® evidenció que ambos métodos poseen

Tabla 2. Resultados de la revisión sistemática.

Autor / Año	N	Intervención	Resultado y conclusiones
Abdelhamid <i>et al.</i> , 2020 ^[27]	40	Comparación entre el índice Doppler TA/TE de la arteria pulmonar fetal y el análisis cuantitativo de textura pulmonar mediante Quantus FLM® para la predicción de síndrome de dificultad respiratoria neonatal en gestaciones entre 28 y 40 semanas.	Ambos métodos demostraron capacidad para predecir morbilidad respiratoria neonatal. El índice TA/TE mostró una sensibilidad del 77,8 % y especificidad del 83,9 %, mientras que QuantusFLM® presentó mayor precisión diagnóstica, con sensibilidad cercana al 89 %, especificidad alrededor del 90 % y alto valor predictivo negativo. El estudio concluye que ambos métodos son útiles y no invasivos, con un desempeño global superior de QuantusFLM®, aunque potencialmente complementarios en la evaluación de la maduración pulmonar fetal.
Abbas & Mayallo, 2024 ^[28]	100	Estudio prospectivo que evaluó los índices Doppler de la arteria pulmonar fetal (incluyendo TA/ET, PSV, PI, RI y relación S/D) en gestantes en tercer trimestre, con el objetivo de predecir el desarrollo de síndrome de dificultad respiratoria neonatal.	Once neonatos (11 %) desarrollaron SDRN. Los neonatos con SDRN presentaron valores significativamente menores de TA/ET, PSV y S/D, y mayores valores de PI y RI en comparación con aquellos sin SDRN. En el análisis de corte diagnóstico, el índice de resistencia (RI) > 0,785 mostró sensibilidad 100 % y especificidad 100 % para la predicción de SDRN en este grupo. Los hallazgos sugieren que los parámetros Doppler de la arteria pulmonar fetal son predictores altamente sensibles y específicos de madurez pulmonar y de riesgo de SDRN neonatal, aunque los autores recomiendan la combinación de índices para optimizar la especificidad en diferentes edades gestacionales.
Hassan <i>et al.</i> , 2023 ^[29]	70	Evaluación de índices Doppler de la arteria pulmonar principal fetal (PI, RI, PSV y relación TA/TE) en embarazos de 34–38 semanas, correlacionándolos con el desarrollo de síndrome de dificultad respiratoria neonatal.	De los 70 fetos estudiados, 26 (37,1 %) desarrollaron SDRN. Los fetos con SDRN presentaron mayor índice de pulsatilidad (PI) y mayor índice de resistencia (RI), y menor relación tiempo de aceleración/tiempo de eyección (TA/TE) y menor velocidad sistólica máxima (PSV) comparado con los que no desarrollaron SDRN. Estas mediciones Doppler de la arteria pulmonar fetal predijeron significativamente la aparición de SDR neonatal, sugiriendo que los parámetros Doppler de la arteria pulmonar son útiles como marcadores no invasivos de madurez pulmonar fetal.
Essameldin <i>et al.</i> , 2021 ^[30]	143	Evaluó múltiples parámetros ecográficos prenatales en fetos entre 32 y 40 semanas: índices Doppler de la arteria pulmonar principal (PI, RI, TA/TE), fetal lung-to-liver intensity ratio (FLLIR) y fetal lung volume (FLV) obtenidos por ultrasonido 3D (VOCAL), con el objetivo de predecir el desarrollo de síndrome de dificultad respiratoria neonatal.	El 26,5 % de los neonatos desarrolló SDRN. Los fetos con SDRN presentaron TA/TE significativamente menor y PI/RI mayores. Un punto de corte TA/TE ≤ 0,30 mostró alta capacidad predictiva (sensibilidad 89,5 %, especificidad 96,2 %, VPN 96,2 %). Los neonatos con síndrome de dificultad respiratoria neonatal requirieron ingreso a UCI neonatal con mayor frecuencia y presentaron peores puntuaciones de Apgar. El TA/TE es un marcador no invasivo fiable de madurez pulmonar fetal, y su combinación con otros parámetros ecográficos mejora la predicción de resultados respiratorios neonatales.
Alkashty <i>et al.</i> , 2021 ^[31]	102	MPA Doppler TA/TE en preeclampsia severa.	Un corte de TA/TE 0,3 se asoció con sensibilidad 71,4 % y especificidad 79,7 % para síndrome de dificultad respiratoria neonatal, indicando utilidad del Doppler pulmonar para madurez pulmonar en este subgrupo.
Tanta <i>et al.</i> , 2023 ^[32]	50	TA/TE y RI Doppler de arteria pulmonar para predicción de RDS neonatal en gestaciones 34-39 SG.	TA/TE < 0,297 predijo RDS con sensibilidad 94,8 % y especificidad 83,5 %, y RI > 0,889 predijo RDS con sensibilidad 89,1 % y especificidad 78,2 %, apoyando la utilidad de Doppler pulmonar para madurez pulmonar.
Mendoza <i>et al.</i> , 2024 ^[33]	90	Evaluación de presión sistólica de arteria pulmonar fetal estimada por Doppler como marcador de madurez pulmonar fetal.	La presión de la arteria pulmonar fetal disminuye significativamente con la edad gestacional (p<0,001). Existe una asociación inversa significativa entre presión pulmonar fetal y madurez fetal (p<0,001). Un punto de corte de 55,9 mm Hg mostró sensibilidad 93,75 %, especificidad 80,77 %, VPP 92,31 % y VPN 84 % para diagnóstico de madurez pulmonar fetal. Concluye que la estimación de presión pulmonar fetal por Doppler es útil como indicador de madurez pulmonar fetal.

Tang <i>et al.</i> , 2020 ^[34]	208	Estudio descriptivo: medición ecográfica de parámetros de pulmón fetal y Doppler de arteria pulmonar (diámetros pulmonares y de arteria pulmonar; TA, TA, TA/TE) para establecer "parámetros normales" de crecimiento pulmonar.	Se observaron correlaciones positivas significativas entre edad gestacional y: diámetro de arteria pulmonar, tiempo de aceleración (TA) y relación TA/TE ($r = 0,948, 0,875, 0,810$; $p = 0,012$). No hubo correlación significativa del tiempo de eyección (TE) con edad gestacional. Los diámetros pulmonares y áreas pulmonares también se correlacionaron positivamente con la edad gestacional. Concluye que la ultrasonografía Doppler es útil para evaluar el crecimiento pulmonar fetal, lo cual puede apoyar la evaluación de madurez pulmonar fetal no invasiva.
Burgos <i>et al.</i> , 2019 ^[35]	790	QuantusFLM v3.0 con modelado automático para NRM.	De las 790 imágenes analizadas, QuantusFLM® predijo morbilidad respiratoria neonatal con una sensibilidad del 71,0 %, especificidad del 94,7 %, valor predictivo positivo del 67,9 %, valor predictivo negativo del 95,4 % y exactitud diagnóstica del 91,5 %. La precisión fue similar al análisis con delineación manual (90,3 %) y superior a la basada únicamente en edad gestacional (75,6 %), indicando que el enfoque automatizado de QuantusFLM® mejora la predicción no invasiva del riesgo de síndrome de dificultad respiratoria neonatal en comparación con criterios tradicionales. El modelo se asoció con resultados clínicos de morbilidad respiratoria neonatal (incluyendo SDRN y complicaciones respiratorias), mostrando alto valor predictivo negativo, lo que sugiere utilidad para descartar inmadurez pulmonar funcional en poblaciones fetales en edad de evaluación prenatal.
Zamarian <i>et al.</i> , 2022 ^[36]	110	QuantusFLM® en fetos con restricción de crecimiento.	Predicción de madurez pulmonar con sensibilidad 96,2%, especificidad 50%, VPN 98,1% para morbilidad respiratoria neonatal y evidencia de utilidad en restricción de crecimiento.
Flosi <i>et al.</i> , 2020 ^[37]	54	Evaluación de la maduración pulmonar fetal mediante análisis cuantitativo de textura ecográfica del pulmón fetal con QuantusFLM®, realizado dentro de las 48 horas previas al parto en gestaciones únicas con ruptura prematura de membranas entre 24 y 38+6 semanas.	La morbilidad respiratoria neonatal fue del 18,5 %. QuantusFLM® mostró sensibilidad del 60 %, especificidad del 79,5 %, valor predictivo positivo del 40 %, valor predictivo negativo del 89,7 % y exactitud del 75,9 % para predecir morbilidad respiratoria neonatal. El método demostró especial utilidad para confirmar la madurez pulmonar fetal (alto VPN), sin influencia significativa de la edad gestacional, índice de masa corporal materno u oligohidramnios.
Caetano <i>et al.</i> , 2023 ^[38]	111	Evaluación de QuantusFLM® para predecir madurez pulmonar fetal en gestaciones entre 34+0 y 38+6 semanas, en mujeres con y sin diabetes durante el embarazo.	QuantusFLM® predijo madurez pulmonar con alta exactitud (95,5 %), sensibilidad 97,2 %, especificidad 33,3 %, VPP 98,1 % y VPN 25 % para el total de pacientes; en el grupo diabético, la precisión fue 96,4 % con sensibilidad 96,4 % y VPP 100 %. Se concluye que QuantusFLM® es un método no invasivo preciso para estimar madurez pulmonar fetal y puede apoyar decisiones sobre el momento de la finalización del embarazo.
López Sánchez <i>et al.</i> , 2019 ^[39]	96	Evaluación de madurez pulmonar fetal mediante QuantusFLM® (análisis cuantitativo de textura ecográfica pulmonar) en diabetes gestacional controlada con dieta vs. insulina y controles.	QuantusFLM permitió identificar diferencias significativas en el riesgo estimado de inmadurez pulmonar. Sugiere mayor riesgo potencial de morbilidad respiratoria neonatal en embarazos con diabetes gestacional insulinodependiente.
Wang <i>et al.</i> , 2025 ^[40]	42	Estudio de MV-Flow Doppler para medir vascularización pulmonar fetal y predecir riesgo de RDS.	Los fetos que desarrollaron síndrome de dificultad respiratoria neonatal presentaron valores significativamente menores de intensidad vascular del volumen microvascular (VI^4MV) en comparación con aquellos sin compromiso respiratorio. El parámetro VI^4MV demostró capacidad predictiva para SDRN, con una sensibilidad aproximada del 82 % y una especificidad cercana al 84 %. Estos hallazgos sugieren que la evaluación de la microvasculatura pulmonar fetal mediante MV-Flow Doppler constituye un biomarcador ecográfico no invasivo prometedor para la estimación de la madurez pulmonar fetal y la predicción de resultados respiratorios neonatales adversos.

una capacidad significativa para predecir morbilidad respiratoria neonatal; no obstante, QuantusFLM® mostró un desempeño diagnóstico global superior, con mayores valores de sensibilidad y especificidad. Los autores destacaron que ambos enfoques podrían ser complementarios, al evaluar distintos aspectos de la maduración pulmonar fetal.

Por otro lado, un estudio reciente que empleó MV-Flow Doppler demostró que los fetos que desarrollaron SDRN presentaron valores significativamente menores de la intensidad vascular del volumen microvascular (VI^ΔMV). Este parámetro mostró una sensibilidad aproximada del 82 % y una especificidad cercana al 84 %, lo que sugiere que la evaluación de la microvasculatura pulmonar fetal podría constituir un biomarcador ecográfico innovador para la predicción de resultados respiratorios neonatales adversos ^[40].

Evaluación del riesgo de sesgo

La evaluación metodológica realizada mediante las Study Quality Assessment Tools del National Heart, Lung, and Blood Institute (NHLBI) mostró que la mayoría de los estudios incluidos presentaron un riesgo de sesgo moderado, principalmente debido a limitaciones inherentes al diseño observacional, ausencia de cegamiento y tamaños muestrales reducidos en algunas cohortes. Sin embargo, varios estudios, en particular aquellos con diseño prospectivo y mayor tamaño muestral, fueron clasificados como de bajo riesgo de sesgo.

En conjunto, la calidad metodológica de la evidencia disponible fue considerada adecuada para la síntesis de resultados, sin identificarse estudios con alto riesgo de sesgo, lo que respalda la consistencia interna de los hallazgos presentados.

Discusión

La presente revisión sistemática sintetiza la evidencia disponible sobre métodos ecográficos no invasivos para la evaluación de la madurez pulmonar fetal y la predicción de morbilidad respiratoria neonatal, particularmente el síndrome de dificultad respiratoria neonatal (SDRN). Los resultados muestran que tanto los índices Doppler de la arteria pulmonar fetal como el análisis cuantitativo de textura pulmonar mediante QuantusFLM® presentan un desempeño diagnóstico clínicamente relevante, con perfiles de utilidad diferenciados y potencialmente complementarios.

Relación con las guías clínicas actuales

Las principales guías clínicas internacionales, incluyendo las del American College of Obstetricians and

Gynecologists (ACOG), el Royal College of Obstetricians and Gynaecologists (RCOG) y la International Federation of Gynecology and Obstetrics (FIGO), coinciden en que la edad gestacional continúa siendo el principal criterio para decidir el momento del parto electivo. Sin embargo, estas guías reconocen que la edad gestacional por sí sola no garantiza la madurez pulmonar funcional, especialmente en contextos clínicos complejos como diabetes materna, restricción del crecimiento fetal, preeclampsia o indicaciones de interrupción del embarazo en el término tardío ^{[41] [42] [43]}.

En este escenario, los resultados de la presente revisión demuestran que los métodos ecográficos no invasivos pueden aportar información funcional adicional, por lo que es fundamental adoptar un enfoque individualizado en la toma de decisiones obstétricas cuando la finalización anticipada del embarazo está clínicamente indicada, valorando de manera integral el equilibrio entre los riesgos materno-fetales de prolongar la gestación y la probabilidad de morbilidad respiratoria neonatal.

Doppler de la arteria pulmonar fetal y su aplicabilidad clínica

Los estudios incluidos muestran de forma consistente que los índices Doppler de la arteria pulmonar fetal, en particular la relación TA/TE, se asocian significativamente con el desarrollo de SDRN. Los puntos de corte cercanos a 0,30 demostraron sensibilidades y especificidades elevadas, incluso en subgrupos de alto riesgo. Estos hallazgos respaldan la hipótesis fisiopatológica de que la disminución progresiva de la resistencia vascular pulmonar acompaña la maduración pulmonar fetal ^[44].

El Doppler pulmonar, al ser una técnica ampliamente disponible y de bajo costo, podría representar una herramienta complementaria en centros con recursos limitados, aunque las guías aún no lo incorporan de forma explícita debido a la heterogeneidad metodológica y a la ausencia de ensayos clínicos aleatorizados ^[45].

La utilidad clínica del Doppler de la arteria pulmonar fetal también radica en que sus mediciones pueden obtenerse durante la ecografía obstétrica convencional, sin recurrir a procedimientos invasivos ni a plataformas digitales externas. Estudios previos han descrito que parámetros como el tiempo de aceleración, el tiempo de eyección, la relación TA/TE, el índice de resistencia y el índice de pulsatilidad presentan cambios progresivos conforme avanza la gestación, lo que permite aproximarse de manera indirecta al proceso de maduración vascular pulmonar ^{[46] [47]}. No obstante, su interpretación debe realizarse con cautela, ya que la exactitud diagnóstica puede variar según la edad gestacional, la condición clínica maternofetal, el sitio de medición dentro del árbol pulmonar y la experiencia del operador, por lo que aún se requieren protocolos estandarizados antes de

recomendar su uso rutinario como prueba definitiva de madurez pulmonar fetal ^[48] ^[49].

QuantusFLM® y el análisis cuantitativo de la textura pulmonar

Los estudios que evaluaron QuantusFLM® mostraron un rendimiento diagnóstico elevado, con especial énfasis en su alto valor predictivo negativo, lo que sugiere una utilidad clínica destacada para descartar inmadurez pulmonar funcional. Este aspecto es particularmente relevante a la luz de la evidencia disponible en la literatura científica, que ha señalado la importancia de evitar intervenciones potencialmente innecesarias, como la administración empírica de corticosteroides antenatales o la postergación injustificada del parto en gestaciones cercanas al término, cuando no existe una indicación clínica clara. Diversos estudios han demostrado que la exposición a corticosteroides en embarazos que finalmente culminan a término puede no conferir beneficios respiratorios significativos y, en algunos casos, asociarse a desenlaces adversos, lo que refuerza la necesidad de estrategias diagnósticas más precisas para estratificar el riesgo respiratorio neonatal ^[50] ^[51] ^[52].

Aunque QuantusFLM® no está actualmente incorporado en las guías ACOG, RCOG o FIGO, los resultados de esta revisión indican que su uso podría alinearse con los principios de medicina individualizada y toma de decisiones basada en riesgo, especialmente en situaciones en las que la edad gestacional no refleja adecuadamente la madurez pulmonar fetal.

Métodos emergentes y perspectivas futuras

La evidencia reciente sobre la evaluación de la microvasculatura pulmonar fetal mediante MV-Flow Doppler introduce un enfoque innovador en el análisis de la maduración pulmonar. A diferencia de los índices Doppler convencionales, que estiman indirectamente la resistencia vascular a partir de parámetros hemodinámicos macroscópicos, el MV-Flow permite la visualización y cuantificación del flujo sanguíneo en vasos de muy pequeño calibre, ofreciendo una aproximación más directa a la arquitectura microvascular pulmonar. La asociación observada entre valores reducidos de intensidad vascular microvascular (VI^ΔMV) y el desarrollo de síndrome de dificultad respiratoria neonatal sugiere que la microcirculación pulmonar podría constituir un biomarcador temprano de inmadurez pulmonar funcional ^[53] ^[54].

Desde el punto de vista fisiopatológico, el desarrollo pulmonar fetal implica una angiogénesis progresiva y remodelación vascular, con aumento del número y calibre de los vasos y disminución de la resistencia vascular, por lo que la evaluación de la densidad microvascular podría reflejar de manera más precisa el estado funcional del parénquima pulmonar que parámetros basados únicamente en edad gestacional o en medidas indirectas

de impedancia vascular; en este contexto, el MV-Flow Doppler podría complementar índices tradicionales como TA/TE, PI o RI al aportar información adicional sobre la maduración estructural pulmonar ^[30]. Sin embargo, se trata aún de una tecnología emergente, sustentada principalmente en estudios observacionales con muestras pequeñas, además de requerir equipos de alta gama que limitan su aplicabilidad en entornos con recursos restringidos. Por ello, son necesarios estudios prospectivos multicéntricos de mayor tamaño que definan valores de referencia por edad gestacional, evalúen la reproducibilidad interobservador y comparen su rendimiento diagnóstico con herramientas no invasivas como QuantusFLM® y Doppler convencional.

La evidencia más reciente sugiere que la predicción de morbilidad respiratoria neonatal podría fortalecerse mediante modelos integrados que combinen parámetros hemodinámicos fetales con variables clínicas y biometría pulmonar ^[55]. En este sentido, estudios recientes han mostrado que la relación TA/TE de la arteria pulmonar fetal mantiene un papel relevante como marcador no invasivo de riesgo respiratorio, especialmente cuando se analiza junto con otros factores obstétricos o con mediciones estructurales del pulmón fetal ^[56]. Este enfoque resulta clínicamente importante porque permite superar la interpretación aislada de un único parámetro Doppler y avanzar hacia una estratificación de riesgo más individualizada, particularmente en fetos con condiciones maternas o placentarias que pueden modificar la maduración pulmonar.

De manera complementaria, el desarrollo de modelos basados en análisis automatizado de textura ecográfica refuerza el potencial de la inteligencia artificial como apoyo diagnóstico en la evaluación de la madurez pulmonar fetal ^[57]. Estas herramientas permiten extraer información cuantitativa de imágenes ecográficas convencionales que no siempre es perceptible mediante la valoración visual del operador, y han demostrado un rendimiento prometedor para predecir morbilidad respiratoria neonatal ^[58]. Sin embargo, su implementación clínica aún exige validación externa, estandarización en la adquisición de imágenes y análisis de costo-efectividad, especialmente considerando que la indicación de corticosteroides antenatales en gestaciones tardías o en embarazos con diabetes continúa siendo un escenario de beneficio variable y potenciales riesgos metabólicos neonatales ^[59].

Consideraciones sobre costos y accesibilidad de los métodos diagnósticos

El Doppler de la arteria pulmonar fetal, particularmente la medición de la relación TA/TE, utiliza equipamiento ecográfico convencional ampliamente disponible en la mayoría de los servicios de obstetricia, no requiere software adicional ni licencias comerciales, y puede ser realizado durante una evaluación ecográfica rutinaria sin

incrementar de forma significativa el tiempo de exploración. Estas características lo convierten en una herramienta de bajo costo y alta factibilidad, especialmente relevante en contextos con recursos limitados o en sistemas de salud públicos, donde las guías clínicas enfatizan la necesidad de intervenciones costo-efectivas ^{[60] [61]}.

En contraste, el análisis cuantitativo de textura pulmonar mediante QuantusFLM® requiere el uso de software especializado, procesamiento externo de imágenes y licencias comerciales, lo que implica mayores costos directos e indirectos, además de depender de infraestructura tecnológica adicional y capacitación específica. No obstante, su alto valor predictivo negativo observado de forma consistente en los estudios incluidos sugiere que podría ser costo-efectivo en escenarios clínicos seleccionados, al reducir intervenciones innecesarias, como la administración empírica de corticosteroides antenatales o el diferimiento injustificado del parto ^[25].

Desde una perspectiva de salud pública y alineada con las recomendaciones de las guías clínicas actuales, estos hallazgos sugieren que el TA/TE Doppler podría constituir una estrategia de primera línea para la evaluación no invasiva de la madurez pulmonar fetal, mientras que QuantusFLM® podría reservarse como herramienta complementaria en casos seleccionados, donde la incertidumbre clínica persiste o el impacto potencial de una decisión obstétrica incorrecta sea elevado.

Calidad de la evidencia e implicaciones para la práctica clínica

De acuerdo con la evaluación del riesgo de sesgo mediante las herramientas del NHLBI, la mayoría de los estudios incluidos presentaron un riesgo de sesgo moderado, lo cual es esperable dado el predominio de diseños observacionales. No obstante, la ausencia de estudios con alto riesgo de sesgo y la consistencia de los resultados fortalecen la validez de las conclusiones.

En conjunto, los hallazgos de esta revisión sugieren que los métodos ecográficos no invasivos, particularmente QuantusFLM® y los índices Doppler de la arteria pulmonar fetal, tienen el potencial de complementar las recomendaciones actuales de las guías clínicas, aportando información funcional relevante para optimizar el momento de la finalización del embarazo y reducir la morbilidad respiratoria neonatal. Sin embargo, se requiere mayor evidencia prospectiva y comparativa para definir su integración formal en algoritmos clínicos estandarizados.

Limitaciones

La presente revisión sistemática presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas al interpretar

sus resultados. En primer lugar, la evidencia disponible se basa predominantemente en estudios observacionales, lo que implica un riesgo inherente de confusión residual y limita la posibilidad de establecer relaciones causales. En segundo lugar, se observó heterogeneidad metodológica entre los estudios incluidos, tanto en los rangos de edad gestacional evaluados como en los puntos de corte utilizados para los índices Doppler y los modelos de análisis cuantitativo de textura pulmonar, lo que dificultó la realización de un metanálisis. Adicionalmente, la mayoría de los estudios carecieron de cegamiento del evaluador, lo cual podría introducir sesgo de medición.

Debe considerarse como una limitación la posibilidad de sesgo de disponibilidad, debido a que la inclusión final dependió de la posibilidad de recuperar el texto completo de los estudios identificados. Aunque el acceso abierto no constituyó un criterio de elegibilidad y se recurrió a las fuentes bibliográficas y repositorios disponibles para los investigadores, no puede descartarse que estudios potencialmente relevantes cuyo texto completo no fue accesible hayan quedado excluidos. Esta situación podría haber limitado la exhaustividad de la evidencia incorporada en la revisión. Finalmente, la escasa disponibilidad de estudios con comparación directa entre métodos limita la capacidad de establecer superioridad definitiva entre las técnicas evaluadas.

Conclusiones

La evidencia sintetizada en esta revisión sistemática sugiere que los métodos ecográficos no invasivos para la evaluación de la madurez pulmonar fetal, particularmente los índices Doppler de la arteria pulmonar fetal y el análisis cuantitativo de textura pulmonar mediante QuantusFLM®, presentan un desempeño diagnóstico clínicamente relevante para la predicción de morbilidad respiratoria neonatal. Los índices Doppler, especialmente la relación TA/TE, demostraron una asociación consistente con el desarrollo de síndrome de dificultad respiratoria neonatal, mientras que QuantusFLM® destacó por su alto valor predictivo negativo, lo que lo posiciona como una herramienta útil para descartar inmadurez pulmonar funcional. Métodos emergentes, como la evaluación de la microvasculatura pulmonar fetal mediante MV-Flow Doppler, muestran resultados prometedores, aunque aún requieren validación adicional. En conjunto, estos hallazgos respaldan el potencial de estas técnicas como herramientas complementarias a los criterios clínicos tradicionales y a las guías actuales, especialmente en escenarios donde la edad gestacional no refleja adecuadamente la madurez pulmonar fetal. Se requieren estudios prospectivos comparativos y ensayos clínicos bien diseñados para definir su integración formal en la práctica clínica y en futuras recomendaciones internacionales.

Información Complementaria

Contribución de los autores (Taxonomía CRediT):

DFVC y EPDA participaron en la conceptualización, curación de datos, análisis formal e investigación, incluyendo la búsqueda, recolección y organización de los datos, así como en la obtención de resultados. CFPF contribuyó en la validación, supervisión y revisión crítica del contenido intelectual del manuscrito. Todos los autores aprobaron la versión final del manuscrito.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Financiamiento: La presente investigación fue autofinanciada.

Disponibilidad de datos: Este estudio es una revisión sistemática basada en literatura previamente publicada. Los datos analizados provienen de artículos indexados

en bases de datos científicas y están disponibles públicamente a través de las referencias incluidas. La estrategia de búsqueda y los criterios de selección pueden ser proporcionados por los autores en caso de requerirlo.

Agradecimientos: Ninguno.

Declaración de uso de herramientas de inteligencia artificial (IA):

Los autores declaran que se utilizó herramientas de IA en la etapa de redacción-borrador original con fines de apoyo en la organización del contenido, mejora del estilo y corrección gramatical. Todo el contenido fue revisado, verificado y validado por los autores, quienes asumen plena responsabilidad por la exactitud, integridad y originalidad del manuscrito. No se introdujeron datos sensibles o confidenciales en las herramientas de IA.

En el proceso editorial, incluida la revisión por pares, se desarrolló conforme a la política de la revista sobre el uso responsable de herramientas de IA.

Referencias

1. Michel A, Lowe NK. The successful immediate neonatal transition to extrauterine life. *Biological Research for Nursing*. 2017;19(3):287-294. DOI: 10.1177/1099800416685178.
2. Pattnaik P, Adebisi K, Lee B. Neonatal respiratory distress syndrome. In: *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026.
3. Orellana Ortega JP, Salazar Torres ZK, Orellana Guerrero RV, Méndez Cabrera SF, Sánchez Salazar GM. Ecografía Doppler de la arteria pulmonar como indicador de madurez pulmonar fetal, Cuenca-Ecuador. *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Cuenca*. 2020;38(2):29-38. DOI: 10.18537/RFCM.38.02.03.
4. Pranty AI, Cuevas Ocaña S, Dickens JA. Mechanisms of surfactant maturation in development and disease. *Physiology*. 2026;41(6):364-380. DOI: 10.1152/physiol.00033.2025.
5. Ahmed B, Konje JC. Fetal lung maturity assessment: a historic perspective and non-invasive assessment using an automatic quantitative ultrasound analysis (a potentially useful clinical tool). *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*. 2021; 258:343-347. DOI: 10.1016/j.ejogrb.2021.01.025.
6. Štimac T, Petrović O, Krajina R, Prodan M, Bilić-Zulle L. Lamellar body count as a diagnostic test in predicting neonatal respiratory distress syndrome. *Croatian Medical Journal*. 2012;53(3):234-238. DOI: 10.3325/cmj.2012.53.234.
7. Zubair M, Ogbjesi C, Tadi P. Lecithin sphingomyelin ratio. In: *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025.
8. Ezveci H, Doğru Ş, Yaman FK. Predictability of fetal pulmonary artery Doppler on neonatal outcomes in pregnant women with gestational diabetes mellitus. *Congenital Anomalies*. 2025;65(5). DOI: 10.1111/cga.70018.
9. Schenone MH, Samson JE, Jenkins L, Suhag A, Mari G. Predicting fetal lung maturity using the fetal pulmonary artery Doppler wave acceleration/ejection time ratio. *Fetal Diagnosis and Therapy*. 2014;36(3):208-214. DOI: 10.1159/000358299.
10. Duncan JR, Tobiasz AM, Dorsett KM, Aziz MM, Thompson RE, Bursac Z, et al. Fetal pulmonary artery acceleration/ejection time prognostic accuracy for respiratory complications in preterm prelabor rupture of membranes. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*. 2020;33(12):2054-2058. DOI: 10.1080/14767058.2018.1536744.
11. Moreno-Espinosa AL, Hawkins-Villarreal A, Coronado-Gutierrez D, Burgos-Artiz XP, Martínez-Portilla RJ, Peña-Ramírez T, et al. Prediction of neonatal respiratory morbidity assessed by quantitative ultrasound lung texture analysis in twin pregnancies. *Journal of Clinical Medicine*. 2022;11(16):4895. DOI: 10.3390/jcm11164895.
12. Albinagorta Olórtégui R, Miranda Tapia M. Actualización en la evaluación de la madurez pulmonar fetal por ultrasonido. *Revista Peruana de Ginecología y Obstetricia*. 2016;61(4):433-438. DOI: 10.31403/rpgo.v61i1877.
13. Singh A, Sumbra V. Doppler assessment of fetal pulmonary artery as a predictor in neonatal respiratory distress. *Journal of Medical Ultrasound*. 2026;34(2):220-225. DOI: 10.4103/jmu.D-25-00057.
14. Cobo T, Bonet-Carne E, Martínez-Torrón M, Perez-Moreno A, Elías N, Luque J, et al. Feasibility and reproducibility of fetal lung texture analysis by automatic quantitative ultrasound analysis and correlation with gestational age. *Fetal Diagnosis and Therapy*. 2012;31(4):230-236. DOI: 10.1159/000335349.
15. Zullo F, Gulersen M, Di Mascio D, Roth SC, Logue TC, Rizzo G, et al. Antenatal corticosteroids for patients at risk of late preterm birth: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *American Journal of Obstetrics & Gynecology MFM*. 2025;7(10):101709. DOI: 10.1016/j.ajogmf.2025.101709.
16. Vafaei H, Kaveh Baghbahadorani F, Asadi N, Kasraeian M, Faraji A, Roozmeh S, et al. The impact of betamethasone on fetal pulmonary, umbilical and middle cerebral artery Doppler velocimetry and its relationship with neonatal respiratory distress syndrome. *BMC Pregnancy and Childbirth*. 2021;21(1):188. DOI: 10.1186/s12884-021-03655-2.

17. Vogel JP, Ramson J, Darmstadt GL, Qureshi ZP, Chou D, Bahl R, *et al.* Updated WHO recommendations on antenatal corticosteroids and tocolytic therapy for improving preterm birth outcomes. *The Lancet Global Health*. 2022;10(12). DOI: [10.1016/S2214-109X\(22\)00434-X](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(22)00434-X).
18. Jiao J, Du Y, Li X, Guo Y, Ren Y, Wang Y. Prenatal prediction of neonatal respiratory morbidity: a radiomics method based on imbalanced few-shot fetal lung ultrasound images. *BMC Medical Imaging*. 2022;22(1):2. DOI: [10.1186/s12880-021-00731-z](https://doi.org/10.1186/s12880-021-00731-z).
19. Aafreen S, Kumar M, Nangia S. Prenatal ultrasound markers: a comparative study for prediction of respiratory distress in early preterm newborns. *Journal of Obstetrics and Gynecology of India*. 2022;72(3):198-203. DOI: [10.1007/s13224-021-01592-w](https://doi.org/10.1007/s13224-021-01592-w).
20. Xia T, Song S, Wang L, Sun L, Wang J, Wu Q. Establishing reference intervals for normal fetal lung biological parameters at 21–40 weeks of gestation in the Chinese population: a cross-sectional study. *Diagnostics*. 2023;13(23):3525. DOI: [10.3390/diagnostics13233525](https://doi.org/10.3390/diagnostics13233525).
21. Keshuraj V, Prakash A, Boruah DK, Ramanna HC, Sowmyashree AR, Mithun SK. Validity of foetal Doppler indices in predicting postnatal respiratory distress syndrome: a prospective study. *Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2022;53(1):183. DOI: [10.1186/s43055-022-00865-2](https://doi.org/10.1186/s43055-022-00865-2).
22. Ouzzani M, Hammady H, Fedorowicz Z, Elmagarmid A. Rayyan: a web and mobile app for systematic reviews. *Systematic Reviews*. 2016;5(1):210. DOI: [10.1186/s13643-016-0384-4](https://doi.org/10.1186/s13643-016-0384-4).
23. National Heart, Lung, and Blood Institute. Study Quality Assessment Tools [Internet]. Bethesda: National Heart, Lung, and Blood Institute; 2024.
24. Peñaherrera-Ron MT, Villalobos-Inciarte N, López-Mayorga OR, López-López AP, Rodríguez-Cruz VE, Peñaherrera-Ron MA, *et al.* Tiempo de aceleración y tiempo de eyección de la arteria pulmonar fetal como predictor de madurez pulmonar. *Dominio de las Ciencias*. 2019;5(3):42. DOI: [10.23857/dc.v5i3.923](https://doi.org/10.23857/dc.v5i3.923).
25. QuantusFLM. Servicio de madurez pulmonar fetal no invasivo basado en análisis de ultrasonido [Internet]. n.d.
26. Avena-Zampieri CL, Hutter J, Rutherford M, Milan A, Hall M, Egloff A, *et al.* Assessment of the fetal lungs in utero. *American Journal of Obstetrics & Gynecology MFM*. 2022;4(5):100693. DOI: [10.1016/j.ajogmf.2022.100693](https://doi.org/10.1016/j.ajogmf.2022.100693).
27. Kamaleldin Abdelhamid M, Said Abdel Ghani H, Abdel Wadood Khalil O, El-Gelany S, Mohamed Osman N. Quantitative ultrasound texture analysis of fetal lung versus fetal pulmonary artery Doppler as a predictor of neonatal respiratory distress syndrome (RDS). *International Journal of Medical Imaging*. 2020;8(2):23-29. DOI: [10.11648/j.ijmi.20200802.12](https://doi.org/10.11648/j.ijmi.20200802.12).
28. Abbas M, Mayallo R. Fetal pulmonary artery Doppler's predictive usefulness in newborn respiratory distress syndrome. *Journal of the Journal of Obstetrics and Applied Sciences*. 2024;18(1). DOI: [10.35192/jjoas-n.v18i1.1848](https://doi.org/10.35192/jjoas-n.v18i1.1848).
29. Hassan HGEMA, Nagi MAMA, Salama AMM, Dawoud MOAEA, Elgendy GG, Abdelrahman AS. Sonographic prediction of fetal main pulmonary artery Doppler indices of lung maturity and neonatal respiratory distress syndrome (RDS) development. *Journal of Ultrasound*. 2023;26(3):525-533. DOI: [10.1007/s40477-023-00780-w](https://doi.org/10.1007/s40477-023-00780-w).
30. Khalifa YEA, Aboulghar MM, Hamed ST, Tomerak RH, Asfour AM, Kamal EF. Prenatal prediction of respiratory distress syndrome by multimodality approach using 3D lung ultrasound, lung-to-liver intensity ratio tissue histogram and pulmonary artery Doppler assessment of fetal lung maturity. *British Journal of Radiology*. 2021;94(1128):20210577. DOI: [10.1259/bjr.20210577](https://doi.org/10.1259/bjr.20210577).
31. Alkashty A, Omar K, Eid S. Prediction of fetal lung maturity by fetal pulmonary artery Doppler in cases of severe pre-eclampsia. *International Journal of Medical Arts*. 2021;3(4):1862-1873. DOI: [10.21608/ijma.2021.90115.1348](https://doi.org/10.21608/ijma.2021.90115.1348).
32. Kandil SA, Elshafey RA, Eltokhi HM, Eldeeb BS. Fetal main pulmonary artery Doppler and prediction of lung maturity. *Tanta Medical Journal*. 2023;51(1):48-54. DOI: [10.4103/tmj.tmj_46_22](https://doi.org/10.4103/tmj.tmj_46_22).
33. Mendoza Mora JG, Urbina Labrador RJ, González Blanco M. Madurez fetal: utilidad de la estimación de la presión de la arteria pulmonar fetal. *Revista de Obstetricia y Ginecología de Venezuela*. 2024;84(1):49-58. DOI: [10.51288/00840109](https://doi.org/10.51288/00840109).
34. Tang Y, Jin X, Xu L, Deng Y, Chang Z, Li Q, *et al.* The value of ultrasonography in assessing fetal lung maturity. *Journal of Computer Assisted Tomography*. 2020;44(3):328-333. DOI: [10.1097/RCT.0000000000001011](https://doi.org/10.1097/RCT.0000000000001011).
35. Burgos-Artiz XP, Perez-Moreno Á, Coronado-Gutierrez D, Gratacos E, Palacio M. Evaluation of an improved tool for non-invasive prediction of neonatal respiratory morbidity based on fully automated fetal lung ultrasound analysis. *Scientific Reports*. 2019;9(1):1950. DOI: [10.1038/s41598-019-38576-w](https://doi.org/10.1038/s41598-019-38576-w).
36. Zamarian ACP, Caetano ACR, Grohmann RM, Mazzola JB, Milani HJF, Passos JP, *et al.* Prediction of lung maturity in fetuses with growth restriction through quantitative ultrasound analysis. *Ultrasound in Medicine & Biology*. 2022;48(1):20-26. DOI: [10.1016/j.ultrasmedbio.2021.08.020](https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2021.08.020).
37. Flosi FB, Da Silva FC, De Jesús GR, Velarde LGC, De Sá RAM. Assessment of fetal lung maturity using quantitative ultrasound analysis in patients with prelabor rupture of membranes. *Fetal Diagnosis and Therapy*. 2020;47(8):636-641. DOI: [10.1159/000507550](https://doi.org/10.1159/000507550).
38. Rabachini Caetano AC, Machado Nardozza LM, Perez Zamarian AC, Silva Drumond LG, Chiaratti De Oliveira A, Dualib PM, *et al.* Prediction of lung maturity through quantitative ultrasound analysis of fetal lung texture in women with diabetes during pregnancy. *Journal of Perinatal Medicine*. 2023;51(7):913-919. DOI: [10.1515/jpm-2023-0009](https://doi.org/10.1515/jpm-2023-0009).
39. López Sánchez F, Delgado Sánchez E, Duyos Mateo I, González Álvarez M de la C, Antolín Alvarado E, Bartha JL. Evaluation of fetal lung maturity by quantitative analysis (quantusFLM) in women with gestational diabetes mellitus. *Fetal Diagnosis and Therapy*. 2019;45(5):345-352. DOI: [10.1159/000488939](https://doi.org/10.1159/000488939).
40. Wang Q, Chen Y, Xu S, Lin Y. Assessment of fetal lung maturity and prediction of neonatal respiratory distress syndrome by MV-Flow imaging. *Ultrasonography*. 2025;44(4):470-482. DOI: [10.14366/usg.24200](https://doi.org/10.14366/usg.24200).
41. Stock SJ, Thomson AJ, Papworth S; Royal College of Obstetricians and Gynaecologists. Antenatal corticosteroids to reduce neonatal morbidity and mortality: Green-top Guideline No. 74. *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology*. 2022;129(8). DOI: [10.1111/1471-0528.17027](https://doi.org/10.1111/1471-0528.17027).
42. American College of Obstetricians and Gynecologists. ACOG Committee Opinion No. 765: Avoidance of nonmedically indicated early-term deliveries and associated neonatal morbidities. *Obstetrics & Gynecology*. 2019;133(2). DOI: [10.1097/AOG.0000000000003076](https://doi.org/10.1097/AOG.0000000000003076).
43. Norman J, Shennan A, Jacobsson B, Stock SJ; FIGO Working Group for Preterm Birth. FIGO good practice recommendations on the use of prenatal corticosteroids to improve outcomes and minimize harm in babies born preterm. *International Journal of Gynecology & Obstetrics*. 2021;155(1):26-30. DOI: [10.1002/ijgo.13836](https://doi.org/10.1002/ijgo.13836).
44. Phuakpoolpol S, Trakulmongkichkarn T, Diawtipsukon S, Junhasavasdikul S. Reference values of fetal pulmonary artery branch from 18 to 40 weeks of gestation. *Scientific*

- Reports. 2025;15(1):17343. DOI: [10.1038/s41598-025-00589-z](https://doi.org/10.1038/s41598-025-00589-z).
45. Ghanayem NS, Gordon JB. Modulation of pulmonary vasomotor tone in the fetus and neonate. *Respiratory Research*. 2001;2(3):139-144. DOI: [10.1186/rr50](https://doi.org/10.1186/rr50).
 46. Moety GAFA, Gaafar HM, El Rifai NM. Can fetal pulmonary artery Doppler indices predict neonatal respiratory distress syndrome? *Journal of Perinatology*. 2015;35(12):1015-1019. DOI: [10.1038/jp.2015.128](https://doi.org/10.1038/jp.2015.128).
 47. Kumar I, Kukreja K, Kumar A, Aggarwal P, Sachan S, Verma A. Predicting neonatal RDS with fetal pulmonary artery Doppler: a diagnostic performance and ROC curve analysis. *The Ultrasound Journal*. 2025;17(1):57. DOI: [10.1186/s13089-025-00456-y](https://doi.org/10.1186/s13089-025-00456-y).
 48. Azpurua H, Norwitz ER, Campbell KH, Funai EF, Pettker CM, Kleine M, et al. Acceleration/ejection time ratio in the fetal pulmonary artery predicts fetal lung maturity. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 2010;203(1):40.e1-40.e8. DOI: [10.1016/j.ajog.2010.01.075](https://doi.org/10.1016/j.ajog.2010.01.075).
 49. Ceylan M, Oktem A, Gercik Arzik I, Balci MF, Emiralioglu Cakir Z, Golbasi H. Evaluation of pulmonary artery acceleration/ejection time ratio (PATET) and the AST-to-platelet ratio index (APRI) in intrahepatic cholestasis of pregnancy. *Journal of Clinical Medicine*. 2026;15(10):3632. DOI: [10.3390/jcm15103632](https://doi.org/10.3390/jcm15103632).
 50. Palacio M, Bonet-Carne E, Cobo T, Perez-Moreno A, Sabrià J, Richter J, et al. Prediction of neonatal respiratory morbidity by quantitative ultrasound lung texture analysis: a multicenter study. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 2017;217(2):196.e1-196.e14. DOI: [10.1016/j.ajog.2017.03.016](https://doi.org/10.1016/j.ajog.2017.03.016).
 51. Rohwer AC, Oladapo OT, Hofmeyr GJ. Strategies for optimising antenatal corticosteroid administration for women with anticipated preterm birth. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2020;5. DOI: [10.1002/14651858.CD013633](https://doi.org/10.1002/14651858.CD013633).
 52. Ninan K, Gojic A, Wang Y, Asztalos EV, Beltempo M, Murphy KE, et al. The proportions of term or late preterm births after exposure to early antenatal corticosteroids, and outcomes: systematic review and meta-analysis of 1.6 million infants. *BMJ*. 2023;382. DOI: [10.1136/bmj-2023-076035](https://doi.org/10.1136/bmj-2023-076035).
 53. Chen D, Yang H, Cao Y, Cheng W, Duan T, Fan C, et al. Expert consensus for managing pregnant women and neonates born to mothers with suspected or confirmed novel coronavirus infection. *International Journal of Gynecology & Obstetrics*. 2020;149(2):130-136. DOI: [10.1002/ijgo.13146](https://doi.org/10.1002/ijgo.13146).
 54. Malho ADS, Ximenes R, Ferri A, Bravo-Valenzuela NJ, Araujo Júnior E. MV-Flow and LumiFlow: new Doppler tools for the visualization of fetal blood vessels. *Radiologia Brasileira*. 2021;54(4):277-278. DOI: [10.1590/0100-3984.2020.0109](https://doi.org/10.1590/0100-3984.2020.0109).
 55. Seth N, Verma S. Foetal pulmonary artery derived Doppler parameters for foetal lung maturity assessment: an observational study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2024;18(8). DOI: [10.7860/JCDR/2024/70374.19711](https://doi.org/10.7860/JCDR/2024/70374.19711).
 56. Rehman S, Hashmi MF, Nelson VL. Blood pressure measurement. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023.
 57. Ibrahim MEA, Rezk MA, El-Khouli H, Owais AS. Integrating fetal pulmonary artery Doppler with 2D lung volumetry to predict neonatal respiratory distress. *Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2026;57(1):2. DOI: [10.1186/s43055-025-01665-0](https://doi.org/10.1186/s43055-025-01665-0).
 58. Duygulu Bulan D, Dayanan R, Kahraman NC, Kunt S, Celen S. Pulmonary vascular Doppler and fetal lung biometry as predictors of neonatal respiratory complications in early- and late-onset fetal growth restriction. *Pediatric Pulmonology*. 2025;60(10). DOI: [10.1002/ppul.71333](https://doi.org/10.1002/ppul.71333).
 59. Ibrahim AF, Melkie TB, Filatie TD, Tegegne BA, Admassie BM. Practice of enhanced recovery after cesarean delivery in resource-limited setting. *Annals of Medicine & Surgery*. 2024;86(1):139-145. DOI: [10.1097/MS9.0000000000001571](https://doi.org/10.1097/MS9.0000000000001571).
 60. Melo G, Aguilar-Farias N, López Barrera E, Chomali L, Moz-Christofolletti MA, Salgado JC, et al. Structural responses to the obesity epidemic in Latin America: what are the next steps for food and physical activity policies? *The Lancet Regional Health - Americas*. 2023;21:100486. DOI: [10.1016/j.lana.2023.100486](https://doi.org/10.1016/j.lana.2023.100486).
 61. Bhide A, Acharya G, Bilardo CM, Brezinka C, Cafici D, Hernandez-Andrade E, et al. ISUOG practice guidelines: use of Doppler ultrasonography in obstetrics. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*. 2013;41(2):233-239. DOI: [10.1002/uog.12371](https://doi.org/10.1002/uog.12371).

Eficacia de las intervenciones no farmacológicas no convencionales en la reducción del riesgo cardiovascular: Revisión narrativa

Efficacy of Nonconventional Nonpharmacological Interventions in Reducing Cardiovascular Risk: A Narrative Review

Joel Sebastian Vintimilla-Contreras^{1,2,a}, Verónica Alexandra Chiriboga-Pasaca^{1,b}, Juan Antonio Coyago-Íñiguez^{1,c}

¹ Universidad Católica de Cuenca. Cuenca, Ecuador.

² Comité de Investigación de Internos de Medicina del Hospital de Especialidades Eugenio Espejo. Quito, Ecuador.

^a Interno Rotativo de Medicina.

^b Estudiante de Medicina.

^c Médico, Especialista en Medicina Interna.

Información del artículo

Citar como: Vintimilla-Contreras JS, Chiriboga-Pasaca VA, Coyago-Íñiguez JA. Eficacia de las intervenciones no farmacológicas no convencionales en la reducción del riesgo cardiovascular: Revisión narrativa. *Health Care & Global Health*. 2026;10(3):231-239.

DOI: 10.22258/hgh.v10i3.473

Autor de Correspondencia

Joel Sebastian Vintimilla Contreras
Dirección: Avenida de las Américas y Humbolt
Email: joels200210@gmail.com
Teléfono: +593 99 327 2133

Historial del artículo

Recibido: 24 de junio de 2026
Primera decisión editorial: 27 de junio de 2026
Versión revisada recibida: 19 de agosto de 2026
Aceptado: 30 de agosto de 2026
Publicado en línea: 15 de septiembre de 2026

Proceso de revisión

Tipo de revisión: revisión editorial
Número de revisores externos: no aplica
Rondas de revisión: 1



Resumen

Introducción: A pesar de los avances farmacológicos, el riesgo cardiovascular residual sigue impulsando altas tasas de morbilidad global. El modelo preventivo tradicional suele omitir el impacto de variables ambientales, conductuales y biológicas emergentes sobre la homeostasis vascular. **Objetivo:** Revisar de forma narrativa la evidencia científica sobre los mecanismos fisiopatológicos y la eficacia clínica de las intervenciones no farmacológicas no convencionales en la optimización de la función endotelial y la reducción del riesgo cardiovascular. **Metodología:** Revisión narrativa de la literatura científica en bases de datos PubMed/MEDLINE, EMBASE, SciELO, Cochrane Library y Google Scholar. Se seleccionaron ensayos clínicos aleatorizados, estudios de cohortes y metaanálisis en inglés y español, utilizando descriptores DeCS/MeSH y operadores booleanos. **Resultados:** Se identificaron y analizaron seis ejes terapéuticos no convencionales: optimización de la arquitectura del sueño mediante CPAP, estrés térmico hormético por termoterapia pasiva, mitigación del exposoma urbano (contaminación por PM_{2.5} y ruido), exposición estructurada a espacios verdes (biofilia), erradicación mecánica de biopelículas periodontales disbióticas y modulación neuroendocrina mediante la terapia asistida por animales. Estas estrategias demostraron un impacto positivo medible en parámetros hemodinámicos, reducción de citocinas proinflamatorias sistémicas (IL-6, PCR-us, TNF- α), incremento de la dilatación mediada por flujo y optimización de la variabilidad de la frecuencia cardíaca. **Conclusiones:** Las intervenciones no farmacológicas no convencionales representan herramientas coadyuvantes eficaces y de bajo costo. Su integración sistemática en la práctica clínica permite un abordaje integral y multidimensional capaz de mitigar el riesgo cardiovascular residual crónico.

Palabras clave: Contaminantes Ambientales; Endotelio Vascular; Factores de Riesgo de Enfermedad Cardíaca; Terapia Asistida por Animales (Fuente: DeCS, BIREME).

Abstract

Introduction: Despite pharmacological advances, residual cardiovascular risk continues to drive high global morbidity and mortality rates. The traditional preventive model frequently overlooks the impact of emerging environmental, behavioral, and biological variables on vascular homeostasis. **Objective:** To narratively review the contemporary scientific evidence regarding the pathophysiological mechanisms and clinical efficacy of unconventional non-pharmacological interventions in optimizing endothelial function and reducing cardiovascular risk. **Methodology:** A narrative review of the scientific literature was conducted across the PubMed/MEDLINE, EMBASE, SciELO, Cochrane Library, and Google Scholar databases. Randomized clinical trials, cohort studies, and meta-analyses in English and Spanish were selected using DeCS/MeSH descriptors and Boolean operators. **Results:** Six unconventional therapeutic axes were identified and analyzed: optimization of sleep architecture via CPAP, hermetic thermal stress through passive thermotherapy, mitigation of the urban exposome (noise and PM_{2.5} pollution), structured exposure to green spaces (biophilia), mechanical eradication of dysbiotic periodontal biofilms, and neuroendocrine modulation via animal-assisted therapy. These strategies demonstrated a measurable positive impact on hemodynamic parameters, a reduction in systemic pro-inflammatory cytokines (IL-6, hs-CRP, TNF- α), an increase in flow-mediated dilation, and optimization of heart rate variability. **Conclusions:** Unconventional non-pharmacological interventions represent effective, low-cost coadjutant tools. Their systematic integration into clinical practice enables a translational and multidimensional approach capable of mitigating chronic residual cardiovascular risk.

Keywords: Environmental Pollutants; Endothelium Vascular; Heart Disease Risk Factors; Animal Assisted Therapy (Source: MeSH, NLM).

Introducción

A pesar de los grandes esfuerzos globales en prevención y la variedad de tratamientos farmacológicos, las enfermedades cardiovasculares (ECV) se mantienen invictas como la principal causa de muerte a nivel mundial, correspondiendo a aproximadamente dieciocho millones de personas cada año ^[1]. El escenario en Latinoamérica resulta particularmente adverso, pues la región atraviesa una transición epidemiológica acelerada donde la urbanización descontrolada y las brechas socioeconómicas amplifican el impacto de la cardiopatía isquémica y los eventos cerebrovasculares ^[2]. Históricamente, la práctica clínica ha centrado el control del riesgo cardiovascular (RCV) en la manipulación farmacológica de variables hemodinámicas y en la restauración del binomio clásico compuesto por la reestructuración dietética y el ejercicio físico regular ^[3]. No obstante, la persistencia de eventos isquémicos recurrentes en pacientes que logran las metas terapéuticas convencionales subraya la existencia del “riesgo cardiovascular residual” ^[4]. Este fenómeno pone en evidencia que el modelo preventivo bidimensional es insuficiente para mitigar la complejidad de la enfermedad aterotrombótica, forzando a la búsqueda de estrategias complementarias más allá de las intervenciones habituales.

Investigaciones describen cómo la integridad del endotelio vascular y la estabilidad del sistema nervioso autónomo responden a estímulos ambientales y conductuales que se solía pasar por alto. Por ejemplo, las alteraciones en el sueño y los episodios crónicos de hipoxia tisular que caracterizan a la apnea obstructiva inducen un estado de hiperactivación simpática y estrés oxidativo que daña directamente las paredes arteriales ^[5]. Por otro lado, los estímulos físicos controlados como la termoterapia pasiva a través de saunas tradicionales o inmersión en agua caliente inducen adaptaciones hemodinámicas protectoras mediante la liberación de proteínas de choque térmico (HSP), incrementando la biodisponibilidad de óxido nítrico y reduciendo la rigidez vascular ^{[6][7]}. Asimismo, el impacto ecológico mediado por el exposoma urbano, plagado de contaminación por material particulado (PM_{2.5}) y ruido ambiental, ocasiona una respuesta inflamatoria sistémica de bajo grado ^[8]; la inmersión programada en espacios verdes y el diseño biofílico regulan el eje del cortisol, devolviendo al organismo el predominio del tono parasimpático que actúa como un protector ^[9].

El impacto sobre el endotelio es influenciado por focos inflamatorios periféricos que muchas veces pasan desapercibidos, como por ejemplo en la enfermedad periodontal crónica, en donde las bacterias transitorias y la cascada de citocinas proinflamatorias como la

interleucina 6 (IL-6) viajan por el torrente sanguíneo y aceleran la inestabilidad y posterior rotura de las placas de ateroma ^[10]. Además, la esfera psicosocial ejerce una influencia biológica mediante complejas vías neuroendocrinas, dado que la tensión derivada de determinantes psicosociales desfavorables cronifica la disfunción endotelial; por el contrario, los estados de atención plena y el vínculo emocional consolidado con la terapia asistida con animales actúan como barreras autonómicas que estabilizan la variabilidad de la frecuencia cardíaca ^[11]. Debido a la fragmentación extensa de estas intervenciones no farmacológicas en la literatura médica, el objetivo principal de esta investigación es analizar la evidencia científica sobre los mecanismos fisiopatológicos y el impacto clínico de intervenciones no farmacológicas no convencionales en la optimización de la función endotelial y la reducción del riesgo cardiovascular residual.

Metodología

Se realizó una revisión narrativa de la literatura científica orientada a identificar y sintetizar la evidencia sobre intervenciones no farmacológicas no convencionales en el riesgo cardiovascular. La búsqueda de información se ejecutó en las bases de datos de PubMed/MEDLINE, EMBASE, SciELO, Cochrane Library y Google Scholar. No se estableció un límite temporal en la cohorte de selección de los estudios, con el objetivo de abarcar tanto investigaciones históricas fundamentales en salud vascular como evidencia reciente. Para la estrategia de búsqueda se emplearon descriptores oficiales en ciencias de la salud extraídos de los tesauros DeCS y MeSH, los cuales se combinaron mediante los operadores booleanos AND y OR. Las ecuaciones de búsqueda principales incluyeron combinaciones de términos en inglés y español como “Endothelium, Vascular” AND “Risk Factors” AND “Cardiovascular Diseases”, “Environmental Pollutants” AND “Cardiovascular Diseases” AND “Endothelial Function”, “Animal-Assisted Therapy” AND “Cardiovascular Risk” y “Green Spaces” OR “Biophilia” AND “Vascular Homeostasis”.

Respecto a los criterios de inclusión y selección, se admitieron artículos publicados en idiomas inglés y español, priorizando ensayos clínicos aleatorizados, revisiones, estudios de cohortes prospectivos y metaanálisis que evaluaran el impacto fisiopatológico y clínico. Por el contrario, se excluyeron aquellas publicaciones que no contaran con un respaldo metodológico importante, estudios con sesgos críticos evidentes y cartas al editor. La selección, análisis crítico y extracción de los datos de los 55 artículos finales se realizó de manera independiente, garantizando la congruencia y validez de la información sintetizada en esta revisión.

Resultados

El abordaje integral del riesgo cardiovascular residual requiere superar la visión farmacológica tradicional, mediante la incorporación de determinantes ambientales, conductuales y biológicos no convencionales que modulan directamente la función endotelial. Por ello, se integran seis intervenciones no farmacológicas con evidencia emergente, como la optimización de la arquitectura del sueño con CPAP, el estrés térmico hormético mediante termoterapia pasiva, la mitigación del exposoma urbano, la exposición estructurada a espacios verdes, la eliminación de biopelículas periodontales disbióticas y la terapia asistida por animales, evidenciando un impacto directo en la reducción de citocinas proinflamatorias sistémicas, el incremento de la dilatación mediada por flujo y la autorregulación del tono parasimpático. En la **Tabla 1** se sintetiza de forma puntual los mecanismos fisiopatológicos, las vías moleculares implicadas y los principales desenlaces clínicos asociados a cada una de estas intervenciones no farmacológicas no convencionales.

Discusión

Sueño y optimización cardiovascular

La creencia convencional de que el sueño es un proceso únicamente pasivo de restauración cerebral ha quedado invalidada ante la evidencia que lo posiciona como un modulador crítico de la homeostasis cardiovascular ^[12]. El sueño se organiza en ciclos repetitivos de fases de movimientos oculares rápidos (REM) y fases no REM (NREM), esta última subdividida en tres estadios, donde el estadio N3 representa el sueño de ondas lentas ^[12]. Durante el sueño NREM, el organismo experimenta un fenómeno conocido clínicamente como “*dipping*”, caracterizado por un descenso fisiológico entre 10% y 20% de la presión arterial sistólica y diastólica con respecto a los valores de vigilia, acompañado de una de las mayores reducciones de la frecuencia cardíaca del ciclo cardíaco ^{[12][13]}. Este estado de reposo hemodinámico está mediado por un aumento del tono parasimpático vagal y una drástica atenuación de la actividad simpática eferente, actuando como un mecanismo diario de cardioprotección que reduce la tensión parietal sobre el árbol vascular ^[13].

Tabla 1. Fisiopatología y efectividad clínica de las intervenciones no farmacológicas no convencionales en la reducción del riesgo cardiovascular residual.

Intervenciones no farmacológicas	Mecanismo fisiopatológico	Vías moleculares	Impacto clínico
Optimización del sueño (Terapia CPAP)	Restauración del descenso fisiológico nocturno; atenuación de la hipoxia intermitente y reoxigenación cíclica.	Disminución de cortisol, catecolaminas séricas, PCR, IL-6 y TNF-α.	Reducción de la PA nocturna, atenuación de la VOP y conversión a patrón reductor fisiológico.
Termoterapia pasiva	Estrés térmico hormético; incremento de la fuerza de cizallamiento hidrodinámico sobre el endotelio vascular.	Activación de eNOS, inducción de HSF-1, Hsp70 y Hsp27; reducción de LDL oxidadas.	Vasodilatación periférica generalizada, disminución de la RVS y optimización de la elasticidad arterial.
Mitigación del exposoma urbano	Supresión de la activación de la NADPH oxidasa vascular inducida por material particulado; atenuación de la hiperactividad amigdalina por contaminantes acústicos.	Reducción en la formación de peroxinitrito, inhibición de NF-KB y disminución de VCAM-1 e ICAM-1.	Incremento de la FMF y estabilización de la VFC nocturna.
Exposición a espacios verdes	Desactivación del estado de alerta biológica central; inducción de respuestas inmunomoduladoras mediante la inhalación de fitoncidas.	Atenuación del eje HHA, reducción de cortisol salival e incremento del recuento y actividad de células NK.	Descenso sostenido de la PAS y PAD, con optimización concomitante del tono parasimpático vagal.
Salud oral y tratamiento periodontal	Erradicación mecánica de biopelículas subgingivales disbióticas; preservación y restauración de la barrera epitelial del surco gingival.	Interrupción de la translocación de P. gingivalis, disminución de la expresión de TLR-2 y TLR-4, y reducción de MCP-1 y fibrinógeno.	Ralentización de la progresión del GIM carotídeo y mejoría de la FMF de la arteria braquial.
Terapia asistida por animales	Amortiguación etológica de estresores psicosociales crónicos; inducción de un estado de vigilia relajada mediante estimulación táctil y visual.	Incremento de la liberación hipotalámica de oxitocina, dopamina y serotonina, con supresión de ACTH plasmática y cortisol.	Reducción significativa del riesgo de mortalidad cardiovascular global y aumento del componente de alta frecuencia en la VFC.

Nota: ACTH: hormona adrenocorticotropa; CPAP: presión positiva continua en la vía aérea; eNOS: óxido nítrico sintasa endotelial; Eje HHA: eje hipotálamo-hipófisis-adrenal; FMF: dilatación mediada por flujo (flow-mediated dilation); GIM: grosor íntima-media; HSF-1: factor de choque térmico 1 (heat shock factor 1); Hsp: proteínas de choque térmico (heat shock proteins); ICAM-1: molécula de adhesión intercelular 1; IL-6: interleucina 6; LDL: lipoproteínas de baja densidad; MCP-1: proteína quimiotáctica de monocitos 1; NADPH: nicotinamida adenina dinucleótido fosfato; NF-KB: factor nuclear kappa B; NK: células asesinas naturales (natural killer); P. gingivalis: Porphyromonas gingivalis; PA: presión arterial (PAS: sistólica; PAD: diastólica); PCR: proteína C reactiva; RVS: resistencia vascular sistémica; TLR: receptores tipo Toll; TNF-α: factor de necrosis tumoral alfa; VCAM-1: molécula de adhesión vascular 1; VFC: variabilidad de la frecuencia cardíaca; VOP: velocidad de la onda de pulso.

La fragmentación crónica del sueño y la privación de horas de descanso (cuantificadas de forma sistemática como menos de seis a siete horas por noche) desestabilizan este equilibrio homeostático [14]. La pérdida de las fases profundas NREM impide la consolidación del *dipping*, consolidando un patrón de presión arterial no reductor (*non-dipping*), el cual se asocia de forma independiente con un incremento del riesgo de hipertrofia ventricular izquierda, disfunción endotelial y eventos cerebrovasculares [14]. A nivel molecular, la privación del sueño desencadena una respuesta neuroendocrina de estrés que activa el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal, elevando las concentraciones circulantes de cortisol y catecolaminas [14][15]. Este ambiente autonómico adverso induce vasoconstricción periférica, promueve la retención de sodio por estimulación del sistema renina-angiotensina-aldosterona y perpetúa una cascada inflamatoria de bajo grado mediante el aumento de citocinas proinflamatorias como el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α), IL-6 y la proteína C reactiva ultrasensible (PCR-us), acelerando el reclutamiento de macrófagos en la íntima arterial [15].

Este modelo de la disrupción cardiovascular mediada por trastornos del sueño se consolida en el síndrome de apnea obstructiva del sueño [15]. La fisiopatología de este síndrome involucra el colapso cíclico de la vía aérea superior durante el sueño, lo que genera episodios repetitivos de hipoxia intermitente seguidos de reoxigenación forzada, además de oscilaciones drásticas en la presión intratorácica debido al esfuerzo respiratorio contra una faringe ocluida [5][16]. La hipoxia intermitente actúa como un potente estímulo para los quimiorreceptores carotídeos, desencadenando descargas simpáticas masivas que persisten incluso durante las horas de vigilia [5]. A la vez, el ciclo repetitivo de desoxigenación y reoxigenación simula un daño por isquemia-reperfusión a nivel sistémico, sobrecargando las mitocondrias endoteliales y generando una producción masiva de especies reactivas de oxígeno [16]. Este estrés oxidativo degrada directamente el óxido nítrico, reduciendo su biodisponibilidad y atenuando la capacidad de vasodilatación mediada por flujo, lo que se traduce clínicamente en hipertensión arterial refractaria y remodelación miocárdica adversa [5][16].

Frente a este deterioro sistémico, el uso de la presión positiva continua en la vía aérea (CPAP) ha surgido como la intervención mecánica estándar de oro, demostrando un impacto metabólico y hemodinámico directo [5][17]. Al actuar como una férula neumática que mantiene la permeabilidad faríngea, el CPAP con una adherencia mínima de cuatro horas por noche reduce significativamente las cifras de presión arterial, con un beneficio especialmente pronunciado en el control de la presión arterial nocturna y en la conversión de pacientes con patrón *non-dipping* a patrones reductores fisiológicos [17]. Además, a nivel de biomarcadores plasmáticos, la terapia a largo plazo con CPAP atenúa la actividad del sistema nervioso simpático, reduce los niveles circulantes de PCR-us, disminuye la

agregabilidad plaquetaria y mejora los índices de rigidez arterial evaluados mediante la velocidad de la onda de pulso (VOP), consolidándose como una estrategia cardioprotectora complementaria crucial para mitigar el riesgo residual [16][17].

Termoterapia pasiva y respuestas hemodinámicas

La exposición controlada a estímulos exógenos, mediante el uso de saunas tradicionales, cabinas de infrarrojos o baños de inmersión en agua caliente, ha dejado de considerarse una mera práctica de relajación recreativa para consolidarse como una intervención hormética con implicaciones cardiovasculares [6]. Puesto que la termoterapia pasiva somete al cuerpo a un estrés térmico agudo que eleva la temperatura corporal central hasta un rango de 38°C a 39°C provocando una redistribución hemodinámica masiva [6][18]. Este incremento térmico desencadena una vasodilatación mediada por el sistema nervioso autónomo que triplica el flujo sanguíneo de la piel, disminuyendo drásticamente la resistencia vascular periférica y reduciendo de forma aguda la carga de trabajo del ventrículo izquierdo. Como respuesta compensatoria inmediata, la frecuencia cardíaca se eleva de manera proporcional a la temperatura corporal, simulando las demandas cronotrópicas y el gasto cardíaco que caracterizan al ejercicio físico de intensidad moderada [6][18].

A nivel molecular, el beneficio central de la termoterapia pasiva radica en la restauración de la función del endotelio vascular [19]. Puesto que el incremento sostenido del flujo sanguíneo cutáneo y muscular genera una fuerza de cizallamiento hidrodinámico sobre las paredes de los vasos sanguíneos, provocando una sobreactivación de la enzima óxido nítrico sintasa endotelial (eNOS) y optimiza de forma inmediata la producción local del óxido nítrico [18][19]. Este gas difunde hacia las células de músculo liso adyacentes, induciendo su relajación y contrarrestando la rigidez arterial [19]. Paralelamente, el choque térmico estimula la transcripción celular del factor de choque térmico 1 (HSF1), el cual dirige la síntesis y liberación masiva de proteínas de choque térmico, específicamente la HSP70 y la HSP27 [6][19]. Estas moléculas despliegan un efecto citoprotector directo al optimizar el plegamiento de proteínas dañadas por el estrés oxidativo, inhiben las vías de señalización de citocinas proinflamatorias circulantes y protegen a las células endoteliales de los mecanismos celulares de apoptosis inducidos por la acumulación local de lipoproteínas de baja densidad oxidadas (LDL-ox) [6][19].

El uso sistemático y regular de la termoterapia pasiva (con una dosificación de cuatro a siete sesiones semanales de 15 a 20 minutos cada una) correlaciona de manera inversa con la incidencia de eventos cardiovasculares mayores, muerte súbita cardíaca y desarrollo de hipertensión arterial sistémica crónica [6]. Las mediciones hemodinámicas seriadas mediante la monitorización ambulatoria de la presión arterial (MAPA) y la velocidad

de la onda de pulso (VOP) revelan que los pacientes que mantienen esta adherencia térmica muestran una reducción persistente de las cifras de presión arterial en reposo y una mejora medible en los índices de elasticidad de las grandes arterias [20]. De igual forma, la atenuación concomitante del tono simpático basal y la restauración de la sensibilidad barorrefleja contribuyen de manera directa a la prevención del remodelado miocárdico adverso, posicionando al estrés térmico pasivo como una herramienta no farmacológica idónea para disminuir el riesgo residual en pacientes con baja tolerancia o impedimentos físicos para el ejercicio convencional [6][20].

Exposoma urbano y contaminantes ambientales

El término de exposoma abarca la totalidad de las exposiciones ambientales no genéticas a las que un individuo es sometido desde su concepción, destacando el entorno urbano como un determinante crítico de la salud endotelial y del riesgo cardiovascular sistémico [7]. Dentro de este ecosistema, la contaminación del aire por material particulado fino, específicamente las partículas con un diámetro aerodinámico inferior a 2,5 micrómetros (PM2,5), representa el componente químico más agresivo. Debido a su tamaño microscópico, las PM2,5 eluden las barreras mucociliares del sistema respiratorio, penetran profundamente en los alvéolos e ingresan de manera directa a la circulación sistémica. Una vez en el torrente sanguíneo, estas partículas interactúan de forma directa con los componentes vasculares, induciendo un estado de inflamación sistémica crónica de bajo grado y desencadenando una disfunción endotelial [7][21].

El daño molecular causado por las PM2,5 está mediado por la sobreproducción masiva de especies reactivas de oxígeno a través de la activación de la enzima NADPH oxidasa vascular [21][22]. Este estrés oxidativo local reacciona de inmediato con el óxido nítrico circulante para formar peroxinitrito (una molécula citotóxica que desacopla a la enzima eNOS). Al desacoplarse, la eNOS deja de sintetizar óxido nítrico y comienza a producir más anión superóxido, desencadenando un círculo vicioso de daño celular [23]. Paralelamente, esta agresión oxidativa activa el factor nuclear potenciador de las cadenas ligeras kappa de las células B activadas (NF- κ B), un factor de transcripción celular que lidera la liberación de citocinas proinflamatorias como el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α) y la interleucina 1 beta (IL-1 β), al igual que moléculas de adhesión vascular como VCAM-1 e ICAM-1 [21][24]. Este reclutamiento molecular promueve la quimiotaxis de monocitos hacia el espacio subendotelial, acelerando la formación de células espumosas y la progresión de la placa aterosclerótica desestabilizada [25].

Por otra parte, la contaminación acústica urbana (especialmente el ruido derivado del tráfico terrestre y aeronáutico nocturno) actúa como un estresor físico que perturba las vías neurológicas centrales de forma

independiente a la percepción consciente del individuo [7][26]. El ruido ambiental activa de forma anómala las estructuras límbicas, en particular la amígdala cerebral, lo que desencadena una respuesta refleja de estrés mediada por el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal y el sistema nervioso simpático [7][21]. Esta señalización neuroendocrina eleva de forma crónica las concentraciones plasmáticas de cortisol, adrenalina y noradrenalina, induciendo vasoconstricción periférica y un incremento sostenido de la presión arterial media. Estudios clínicos demuestran que la exposición sostenida a niveles de ruido superiores a los 55 decibelios durante la noche no solo fragmenta la arquitectura del sueño, sino que incrementa de forma medible la velocidad de la onda de pulso y reduce la dilatación mediada por flujo, consolidando al exposoma urbano como un factor de riesgo modificable crucial en la génesis de eventos isquémicos agudos [27].

Frente a este panorama, las intervenciones de mitigación del exposoma han demostrado una eficacia medible en la restauración de la función vascular [21]. Ensayos clínicos controlados constatan que la implementación domiciliaria de sistemas de filtrado de aire de alta eficiencia (filtros HEPA) reduce de forma significativa la exposición interna a PM2,5, lo que se traduce en una disminución de los niveles circulantes de PCR-us y en una optimización de la dilatación mediada por flujo [28]. Asimismo, el uso de barreras de aislamiento acústico residencial y la planificación de movilidad urbana orientadas a evitar las horas pico de tráfico logran atenuar la reactividad simpática y estabilizar la variabilidad de la frecuencia cardíaca nocturna, validando la viabilidad de la protección ambiental personalizada como una estrategia terapéutica directa para reducir el riesgo cardiovascular residual [21][29].

Biofilia e intervenciones basadas en la exposición a espacios verdes

La hipótesis de la biofilia postula que existe una tendencia evolutiva e intrínseca del ser humano a buscar conexiones con la naturaleza y su entorno biológico, un vínculo que la medicina contemporánea ha comenzado a instrumentalizar por medio de estudios cuantitativos de los factores ambientales frente al riesgo cardiovascular [8]. Las intervenciones basadas en la exposición a espacios verdes, que abarcan desde caminatas programadas en entornos forestales hasta la integración en parques urbanos, actúan como potentes moduladores de la homeostasis hemodinámica [8][30]. A nivel sistémico, el contacto con estos microambientes naturales induce una desactivación casi inmediata del estado de alerta biológica, promoviendo un cambio drástico en el balance autonómico al deprimir la actividad del sistema nervioso simpático y restaurar el tono parasimpático vagal [26].

Los beneficios de esta exposición ambiental se dividen en dos vías de señalización complementarias: la vía neuroendocrina y la vía inmuno-inhalatoria [29]. En

primer lugar, la integración visual y auditiva en entornos naturales mitiga la actividad de la amígdala cerebral y la corteza prefrontal. Esta desactivación suprime de forma aguda el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal, lo que reduce drásticamente las concentraciones salivales y plasmáticas de cortisol, contrarrestando de este modo la vasoconstricción periférica y la disautonomía inducida por el estrés crónico. En segundo lugar, los ecosistemas forestales albergan altas concentraciones de fitoncias, compuestos orgánicos volátiles antimicrobianos liberados por la vegetación para su propia defensa [30]. La inhalación de estos compuestos induce una respuesta inmunomoduladora humana que eleva la actividad y el número de células asesinas naturales (NK), además de disminuir de manera medible la expresión de proteínas proinflamatorias circulantes, atenuando el daño oxidativo crónico sobre el endotelio vascular [30][31]. Los estudios de cohortes prospectivas corroboran que una mayor densidad de espacios verdes residenciales correlaciona de manera inversa con la mortalidad por todas las causas [31]. Específicamente, se ha documentado una reducción significativa en la incidencia de eventos cardiovasculares, como el infarto agudo de miocardio y los accidentes cerebrovasculares, en poblaciones con acceso continuo a entornos naturales [32]. Además, ensayos clínicos controlados revelan reducciones estadísticamente significativas en las cifras de presión arterial sistólica y diastólica, con descensos promedio de entre 3 y 5 mmHg [33]. Estos estudios también reportan mejoras objetivas en los índices de dilatación mediada por flujo de la arteria braquial y una optimización de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) [33][34]. Estos hallazgos validan a las intervenciones basadas en la exposición a espacios verdes como una estrategia preventiva no farmacológica real y de bajo costo, idónea para ser prescrita en el manejo del paciente con hipertensión arterial limítrofe o disautonomía autonómica urbana [25][34].

Higiene oral y salud periodontal

La cavidad bucal funciona como un reservorio de patógenos cuya disbiosis crónica se ha establecido como un factor de riesgo independiente para el desarrollo de eventos aterotrombóticos [35]. La enfermedad periodontal es una afección de naturaleza inmuno-inflamatoria desencadenada por biopelículas bacterianas subgingivales que induce una disrupción persistente de la barrera epitelial del surco gingival [36]. Esta pérdida de la integridad permite el paso de bacterias gramnegativas a la circulación sistémica, un fenómeno de bacteriemia subclínica recurrente que ocurre durante actividades cotidianas como la masticación o el cepillado traumático [37]. Entre los patógenos periodontogénicos con mayor tropismo cardiovascular destaca *Porphyromonas gingivalis*, la cual posee la capacidad demostrada de invadir de manera directa las células endoteliales y las células musculares lisas de las arterias coronarias [38].

La persistencia de *P. gingivalis* en el espacio subendotelial gatilla una cascada inflamatoria que acelera el remodelado de la placa de ateroma. Los lipopolisacáridos (LPS) de la membrana externa bacteriana son reconocidos por los receptores tipo Toll (TLR-2 y TLR-4) expresados en la superficie del endotelio vascular [39]. Esta interacción activa de forma inmediata la vía del factor nuclear kappa B (NF- κ B), induciendo una expresión aberrante de moléculas de adhesión celular (ICAM-1 y VCAM-1) [40], al igual que la liberación local de la proteína quimiotáctica de monocitos-1 (MCP-1) [41]. Este reclutamiento quimiotáctico promueve la migración masiva de monocitos hacia el espacio subendotelial, donde se transforman en células espumosas tras internalizar lipoproteínas modificadas [42]. Asimismo, la liberación sistémica de interleucina-1 beta (IL-1B) e interleucina-6 (IL-6) desde el tejido gingival estimula la síntesis hepática de la PCR-us, perpetuando un estado procoagulante y de disfunción endotelial generalizada [43].

Frente a este escenario, las intervenciones no farmacológicas basadas en el tratamiento periodontal no quirúrgico que incluye el raspado y alisado radicular de manera regular y la optimización de las pautas de higiene oral diaria han demostrado una eficacia contundente en la reducción del riesgo vascular residual [44]. Ensayos clínicos aleatorizados constatan que la erradicación mecánica de la biopelícula subgingival disminuye significativamente la carga inflamatoria sistémica, logrando una reducción medible de los niveles plasmáticos de PCR-us, IL-6 y fibrinógeno a los tres y seis meses post-intervención [45]. Adicionalmente, estudios ecográficos longitudinales confirman una mejoría estadísticamente significativa en la dilatación mediada por flujo de la arteria braquial y una ralentización en la progresión del espesor íntima-media carotídeo (EIMC) tras el control de la periodontitis [46]. Estos hallazgos respaldan la inclusión de los protocolos de salud periodontal como un pilar terapéutico formal dentro de las estrategias de prevención cardiovascular global [47].

Terapia asistida por animales y sus repercusiones neurocardiovasculares

La interacción dirigida con animales de compañía, especialmente mediante programas de terapia asistida por caninos o la convivencia residencial crónica con mascotas, se ha descrito como una intervención no farmacológica eficaz para la modulación del riesgo cardiovascular. Desde una perspectiva etológica, el vínculo antrozoológico actúa como un amortiguador atenuante ante los estresores psicosociales diarios [48]. El contacto táctil y visual con el animal induce una modulación de la actividad cortical, caracterizada por un incremento en la producción de ondas electroencefalográficas alfa, las cuales están directamente relacionadas con el estado de calma y vigilia relajada. Esta desactivación del estado de alerta cortical deprime de forma refleja las proyecciones autonómicas eferentes hacia la periferia vascular [49].

La interacción con el animal estimula de forma aguda la liberación de oxitocina desde los núcleos paraventriculares y supraópticos del hipotálamo. La oxitocina circulante actúa como un potente contrarregulador del eje hipotálamo-hipófisis-adrenal, inhibiendo directamente la secreción de la hormona adrenocorticotropa y reduciendo las concentraciones plasmáticas de cortisol^[50]. Paralelamente, este estímulo neurobiológico eleva la disponibilidad central de dopamina y serotonina, al tiempo que reduce los niveles de norepinefrina circulante^[51]. Esta drástica retirada del tono simpático periférico disminuye la estimulación crónica sobre los receptores alfa-1 y beta-1 vasculares, previniendo el desarrollo de disfunción endotelial crónica y disminuyendo la resistencia vascular sistémica^[52].

Los estudios emergentes respaldan de forma contundente la relevancia pronóstica de estas modificaciones neurocardiovasculares, donde describen que los propietarios de animales de compañía exhiben una reducción del 31% en el riesgo de mortalidad por causas cardiovasculares en comparación con los no propietarios, un beneficio especialmente pronunciado en individuos con antecedentes previos de infarto agudo de miocardio o accidente cerebrovascular^[53]. Asimismo, los ensayos clínicos aleatorizados que evalúan sesiones de terapia asistida por animales demuestran reducciones agudas y sostenidas en las cifras de presión arterial sistólica y diastólica, acompañadas de una optimización en la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) debido al incremento del tono parasimpático de control vagal^[51]. Estos hallazgos consolidan a la interacción con animales como una estrategia de intervención conductual y ambiental legítima para mitigar el riesgo residual^{[54][55]}.

Limitaciones y fortalezas

La principal fortaleza de esta revisión radica en integrar seis intervenciones no convencionales para ofrecer una perspectiva amplia sobre la reducción del riesgo cardiovascular residual. Por su parte, la principal limitación se relaciona con la escasez actual de ensayos clínicos a gran escala y metaanálisis dedicados a evaluar específicamente este tipo de estrategias, lo que restringe la posibilidad de establecer pautas clínicas estandarizadas.

Conclusión

El control del riesgo cardiovascular residual exige trascender el enfoque farmacológico e higiénico-dietético convencional, integrando variables ambientales, conductuales y biológicas que modulan directamente la homeostasis endotelial. Los hallazgos de este trabajo demuestran que la optimización de la arquitectura del sueño mediante CPAP y la aplicación de estrés térmico hormético por termoterapia pasiva actúan como potentes estabilizadores hemodinámicos mecánicos y

moleculares, logrando la restauración del patrón reductor nocturno (dipping) y un incremento en la producción de óxido nítrico estimulado por proteínas de choque térmico. Asimismo, la mitigación dirigida del exposoma urbano y la inmersión estructurada en espacios verdes o biofilia logran suprimir la inflamación sistémica de bajo grado inducida por material particulado, reduciendo drásticamente la reactividad de la amígdala cerebral y equilibrando el tono autonómico a favor del predominio parasimpático.

Por otra parte, la erradicación mecánica de biopelículas periodontales disbióticas interrumpe la translocación sistémica de patógenos con alto tropismo cardiovascular, deteniendo la cascada proinflamatoria y quimiotáctica que desestabiliza la placa aterosclerótica. De manera complementaria, el vínculo antrozoológico de la terapia asistida por animales reconfigura la respuesta neurocardiovascular ante el estrés crónico, promoviendo la liberación de oxitocina y optimizando de forma medible la variabilidad de la frecuencia cardíaca. En conjunto, estas seis intervenciones representan herramientas de base traslacional y bajo costo que, al impactar positivamente en biomarcadores críticos (IL-6, PCR-us, TNF- α) y parámetros clínicos como la dilatación mediada por flujo, reducen de forma objetiva la morbimortalidad vascular global.

A pesar de la heterogeneidad metodológica observada en la literatura, es evidente la necesidad de incorporar estas dimensiones emergentes dentro de las guías de práctica clínica internacionales como estrategias coadyuvantes formales. El diseño de futuros ensayos clínicos aleatorizados a gran escala que estandarice las pautas y dosis de prescripción de estas terapias no solo optimizará la función endotelial a corto plazo, sino que consolidará un modelo de prevención cardiovascular verdaderamente multidimensional, personalizado y de alto impacto social.

Información Complementaria

Contribución de los autores (Taxonomía CRediT):

JSVC: Participó en la conceptualización, análisis formal, investigación, metodología, administración del proyecto, supervisión, validación, visualización y redacción-borrador original. VACP: Participó en la conceptualización, análisis formal, investigación, metodología, administración del proyecto, supervisión, validación, visualización y redacción-borrador original. JACI: Participó en la investigación, metodología, administración del proyecto, supervisión, validación, visualización y redacción-revisión y edición.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Financiamiento: La investigación fue financiada por los autores.

Disponibilidad de datos: No aplica.

Agradecimientos: No aplica.

Declaración de uso de herramientas de inteligencia

artificial (IA): Los autores declaran el uso de herramientas de IA en la etapa de redacción con fines de optimizar la fluidez lingüística de la prosa. Todo el contenido fue

revisado, verificado y validado por los autores, quienes asumen plena responsabilidad por la exactitud, integridad y originalidad del manuscrito. No se introdujeron datos sensibles o confidenciales en las herramientas de IA.

En el proceso editorial, incluida la revisión por pares, se desarrolló conforme a la política de la revista sobre el uso responsable de herramientas de IA.

Referencias

1. Ibrahim H. Global Trends in Cardiovascular Mortality and Risk Factors: Insights from WHO and Global Burden of Disease Data. *Libyan Open University Journal of Medical Sciences and Sustainability*. 2025;28-36. DOI: [10.65422/loujmss.v1i1.40](https://doi.org/10.65422/loujmss.v1i1.40).
2. Brant LCC, Miranda JJ, Carrillo-Larco RM, Flood D, Irazola V, Ribeiro ALP. Epidemiology of cardiometabolic health in Latin America and strategies to address disparities. *Nat Rev Cardiol*. 2024;21(12):849-864. DOI: [10.1038/s41569-024-01058-2](https://doi.org/10.1038/s41569-024-01058-2).
3. Dhindsa DS, Sandesara PB, Shapiro MD, Wong ND. The Evolving Understanding and Approach to Residual Cardiovascular Risk Management. *Front Cardiovasc Med*. 2020;7:88. DOI: [10.3389/fcvm.2020.00088](https://doi.org/10.3389/fcvm.2020.00088).
4. Alkhalil M. Mechanistic Insights to Target Atherosclerosis Residual Risk. *Curr Probl Cardiol*. 2021;46(3):100432. DOI: [10.1016/j.cpcardiol.2019.06.004](https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2019.06.004).
5. Peracaula M, Torres D, Poyatos P, Luque N, Rojas E, Obrador A, Oriols R, Tura-Ceide O. Endothelial Dysfunction and Cardiovascular Risk in Obstructive Sleep Apnea: A Review Article. *Life*. 2022;12(4):537. DOI: [10.3390/life12040537](https://doi.org/10.3390/life12040537).
6. Atkeson A, Yeh SY, Malhotra A, Jelic S. Endothelial function in obstructive sleep apnea. *Prog Cardiovasc Dis*. 2009;51(5):351-62. DOI: [10.1016/j.pcad.2008.08.002](https://doi.org/10.1016/j.pcad.2008.08.002).
7. Brunt VE, Howard MJ, Francisco MA, Ely BR, Minson CT. Passive heat therapy improves endothelial function, arterial stiffness and blood pressure in sedentary humans. *J Physiol*. 2016;594(18):5329-42. DOI: [10.1113/JP272453](https://doi.org/10.1113/JP272453).
8. Krittanawong C, Qadeer YK, Hayes RB, Wang Z, Thurston GD, Virani S, Lavie CJ. PM 2.5 and cardiovascular diseases: State-of-the-Art review. *International Journal of Cardiology Cardiovascular Risk and Prevention*. 2023; 19:200217. DOI: [10.1016/j.ijcrp.2023.200217](https://doi.org/10.1016/j.ijcrp.2023.200217).
9. Twohig-Bennett C, Jones A. The health benefits of the great outdoors: A systematic review and meta-analysis of greenspace exposure and health outcomes. *Environ Res*. 2018; 166:628-637. DOI: [10.1016/j.envres.2018.06.030](https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.06.030).
10. Mazurek-Mochol M, Bonsmann T, Mochol M, Poniewierska-Baran A, Pawlik A. The Role of Interleukin 6 in Periodontitis and Its Complications. *Int J Mol Sci*. 2024; 25(4):2146. DOI: [10.3390/ijms25042146](https://doi.org/10.3390/ijms25042146).
11. Brown L, Rando AA, Eichel K, Van Dam NT, Celano CM, Huffman JC, *et al.* The Effects of Mindfulness and Meditation on Vagally Mediated Heart Rate Variability: A Meta-Analysis. *Psychosom Med*. 2021;83(6):631-640. DOI: [10.1097/PSY.0000000000000900](https://doi.org/10.1097/PSY.0000000000000900).
12. Tobaldini E, Costantino G, Solbiati M, Cogliati C, Kara T, Nobili L, *et al.* Sleep, sleep deprivation, autonomic nervous system and cardiovascular diseases. *Neurosci Biobehav Rev*. 2017;74(Pt B):321-329. DOI: [10.1016/j.neubiorev.2016.07.004](https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.07.004).
13. Mancia G, De Backer G, Dominiczak A, Cifkova R, Fagard R, Germano G, *et al.* 2007 Guidelines for the Management of Arterial Hypertension: The Task Force for the Management of Arterial Hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). *J Hypertens*. 2007;25(6):1105-87. DOI: [10.1097/HJH.0b013e3281fc975a](https://doi.org/10.1097/HJH.0b013e3281fc975a).
14. Irwin MR. Sleep and inflammation: partners in sickness and in health. *Nat Rev Immunol*. 2019;19(11):702-715. DOI: [10.1038/s41577-019-0190-z](https://doi.org/10.1038/s41577-019-0190-z).
15. Fava C, Dorigoni S, Dalle Vedove F, Danese E, Montagnana M, Guidi GC, *et al.* Effect of CPAP on blood pressure in patients with OSA/hypopnea: a systematic review and meta-analysis. *Chest*. 2014;145(4):762-771. DOI: [10.1378/chest.13-1115](https://doi.org/10.1378/chest.13-1115).
16. Grandner MA, Sands-Lincoln MR, Pak VM, Garland SN. Sleep duration, cardiovascular disease, and proinflammatory biomarkers. *Nat Sci Sleep*. 2013; 5:93-107. DOI: [10.2147/NSS.S31063](https://doi.org/10.2147/NSS.S31063).
17. Amin KD, Thakkar A, Budampati T, Matai S, Akkaya E, Shah NP. A good night's rest: A contemporary review of sleep and cardiovascular health. *Am J Prev Cardiol*. 2024; 21:100924. DOI: [10.1016/j.ajpc.2024.100924](https://doi.org/10.1016/j.ajpc.2024.100924).
18. Laukkanen T, Khan H, Zaccardi F, Laukkanen JA. Association between sauna bathing and fatal cardiovascular and all-cause mortality events. *JAMA Intern Med*. 2015;175(4):542-8. DOI: [10.1001/jamainternmed.2014.8187](https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2014.8187).
19. Hachem G, Slim JR, Imam B, Nawaz UH, Razzaq M, Touny M, *et al.* The Role of Sauna Bathing in Ischemic Heart Disease: A Narrative Review of Therapeutic Potential, Physiological Mechanisms, and Emerging Clinical Applications. *Cureus*. 2025;17(11):e98162. DOI: [10.7759/cureus.98162](https://doi.org/10.7759/cureus.98162).
20. Kihara T, Biro S, Imamura M, Yoshifuku S, Takasaki K, Ikeda Y, *et al.* Repeated sauna treatment improves vascular endothelial and cardiac function in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol*. 2002;39(5):754-9. DOI: [10.1016/s0735-1097\(01\)01824-1](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(01)01824-1).
21. Feng S, Huang F, Zhang Y, Feng Y, Zhang Y, Cao Y, Wang X. The pathophysiological and molecular mechanisms of atmospheric PM 2.5 affecting cardiovascular health: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2023; 249:114444. DOI: [10.1016/j.ecoenv.2022.114444](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.114444).
22. Miller MR. Oxidative stress and the cardiovascular effects of air pollution. *Free Radic Biol Med*. 2020; 151:69-87. DOI: [10.1016/j.freeradbiomed.2020.01.004](https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2020.01.004).
23. Daiber A, Rajagopalan S, Kuntic M, Münzel T. Cardiovascular risk posed by the exposome. *Atherosclerosis*. 2025; 405:119222. DOI: [10.1016/j.atherosclerosis.2025.119222](https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2025.119222).
24. Munzel T, Sorensen M, Lelieveld J, Landrigan PJ, Kuntic M, Nieuwenhuijsen M, *et al.* A comprehensive review/expert statement on environmental risk factors of cardiovascular

- disease. *Cardiovasc Res.* 2025;121(11):1653-1678. DOI: [10.1093/cvr/cvae153](https://doi.org/10.1093/cvr/cvae153).
25. Lederer AM, Fredriksen PM, Nkeh-Chungag BN, Everson F, Strijdom H, De Boever P, *et al.* Cardiovascular effects of air pollution: current evidence from animal and human studies. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2021;320(4):H1417-H1439. DOI: [10.1152/ajpheart.000706.2020](https://doi.org/10.1152/ajpheart.000706.2020).
 26. Munzel T, Schmidt FP, Steven S, Herzog J, Daiber A, Sorensen M. Environmental Noise and the Cardiovascular System. *J Am Coll Cardiol.* 2018;71(6):688-697. DOI: [10.1016/j.jacc.2017.12.015](https://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.12.015).
 27. Allen RW, Carlsten C, Karlen B, Leckie S, van Eeden S, Vedal S, *et al.* An air filter intervention study of endothelial function among healthy adults in a woodsmoke-impacted community. *Am J Respir Crit Care Med.* 2011;183(9):1222-30. DOI: [10.1164/rccm.201010-1572OC](https://doi.org/10.1164/rccm.201010-1572OC).
 28. Gomez-Delgado F, Raya-Cruz M, Romero-Cabrera JL, Perez-Martinez P. Environmental pollution and cardiovascular health. Challenges and new perspectives. *Clin Investig Arterioscler.* 2025. DOI: [10.1016/j.arteri.2025.500802](https://doi.org/10.1016/j.arteri.2025.500802).
 29. Grifoni D, Bustaffa E, Sabatino L, Calastrini F, Minichilli F, Gaggini M, *et al.* The Dark Triad of Particulate Matter, Oxidative Stress and Coronary Artery Disease: What About the Antioxidant Therapeutic Potential. *Antioxidants (Basel).* 2025;14(5):572. DOI: [10.3390/antiox14050572](https://doi.org/10.3390/antiox14050572).
 30. Lew T, Fleming KJ. Phytoncides and immunity from forest to facility: a systematic review and meta-analysis. *Pharmacological Research - Natural Products.* 2024;4:100061. DOI: [10.1016/j.prenap.2024.100061](https://doi.org/10.1016/j.prenap.2024.100061).
 31. Park BJ, Tsunetsugu Y, Kasetani T, Kagawa T, Miyazaki Y. The physiological effects of Shinrin-yoku (taking in the forest atmosphere or forest bathing): evidence from field experiments in 24 forests across Japan. *Environ Health Prev Med.* 2010;15(1):18-26. DOI: [10.1007/s12199-009-0086-9](https://doi.org/10.1007/s12199-009-0086-9).
 32. Yeager RA, Smith TR, Bhatnagar A. Green environments and cardiovascular health. *Trends Cardiovasc Med.* 2020;30(4):241-246. DOI: [10.1016/j.tcm.2019.06.005](https://doi.org/10.1016/j.tcm.2019.06.005).
 33. Miola L, Boldrini A, Pazzaglia F. The healing power of nature. Biophilic design applied to healthcare facilities. *Curr Opin Psychol.* 2025;102049. DOI: [10.1016/j.copsyc.2025.102049](https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2025.102049).
 34. Chandra Mouli S, Lozada C, Dong W, Nasir K, Ganatra S, Osi K, *et al.* Green One Health Cardiology: Integrating Nature and Sustainability Into Cardiovascular Prevention and Care. *JACC Adv.* 2025;4(12 Pt 2):102368. DOI: [10.1016/j.jacadv.2025.102368](https://doi.org/10.1016/j.jacadv.2025.102368).
 35. Morón-Araújo M. Periodontitis and its relationship with cardiovascular diseases. Promotion of cardiovascular health from the dental office. *Rev Colomb Cardiol.* 2021;28(5):464-472. DOI: [10.24875/rccar.m21000085](https://doi.org/10.24875/rccar.m21000085).
 36. Sanz M, Marco Del Castillo A, Jepsen S, Gonzalez-Juanatey JR, D'Aiuto F, Bouchard P, *et al.* Periodontitis and cardiovascular diseases: Consensus report. *J Clin Periodontol.* 2020;47(3):268-288. DOI: [10.1111/jcpe.13189](https://doi.org/10.1111/jcpe.13189).
 37. Zaman MS, Golam Alam SM, Razzaque MS. Oral Hygiene and Cardiovascular Health. *Hygiene.* 2025;5(2):14. DOI: [10.3390/hygiene5020014](https://doi.org/10.3390/hygiene5020014).
 38. Church L, Franks K, Medara N, Curkovic K, Singh B, Mehta J, *et al.* Impact of Oral Hygiene Practices in Reducing Cardiometabolic Risk, Incidence, and Mortality: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2024;21(10):1319. DOI: [10.3390/ijerph21101319](https://doi.org/10.3390/ijerph21101319).
 39. Hopkins S, Gajagowni S, Qadeer Y, Virani SS, Meurman JH, Krittanawong C, *et al.* Oral Health and Cardiovascular Disease. *Am J Med.* 2024;137(4):304-307. DOI: [10.1016/j.amjmed.2023.12.015](https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2023.12.015).
 40. Altamura S, Del Pinto R, Pietropaoli D, Ferri C. Oral health as a modifiable risk factor for cardiovascular diseases. *Trends Cardiovasc Med.* 2024;34(4):267-275. DOI: [10.1016/j.tcm.2023.03.003](https://doi.org/10.1016/j.tcm.2023.03.003).
 41. Moon MG, Kang SH, Kim SH, Park SY, Seol YJ, Yoon CH, *et al.* Association between toothbrushing and cardiovascular risk factors: a cross-sectional study using Korean National Health and Nutrition Examination Survey 2015-2017. *BMC Oral Health.* 2024;24(1):4. DOI: [10.1186/s12903-023-03775-5](https://doi.org/10.1186/s12903-023-03775-5).
 42. Yanza Freire JA, Peñarreta Quezada SX, Criollo Proaño MG, Paredes Cabezas DP. Impact of Periodontal Health on the Risk of Cardiac Conditions: Common Factors and Preventive Strategies. *Salud Cienc Tecnol Ser Conf.* 2024; 3:103. DOI: [10.56294/sctconf2024.103](https://doi.org/10.56294/sctconf2024.103).
 43. Schenkein HA, Loos BG. Inflammatory mechanisms linking periodontal diseases to cardiovascular diseases. *J Clin Periodontol.* 2013;40 Suppl 14(0 14):S51-69. DOI: [10.1111/jcpe.12060](https://doi.org/10.1111/jcpe.12060).
 44. Teeuw WJ, Slot DE, Susanto H, Gerdes VE, Abbas F, D'Aiuto F, *et al.* Treatment of periodontitis improves the atherosclerotic profile: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol.* 2014;41(1):70-9. DOI: [10.1111/jcpe.12171](https://doi.org/10.1111/jcpe.12171).
 45. Tonetti MS, D'Aiuto F, Nibali L, Donald A, Storry C, Parkar M, *et al.* Treatment of periodontitis and endothelial function. *N Engl J Med.* 2007;356(9):911-20. DOI: [10.1056/NEJMoA063186](https://doi.org/10.1056/NEJMoA063186).
 46. Solís Solís OC, Echeverry Medrano EA, Vásquez Ipial DA. Relación recíproca entre la hipertensión arterial y la salud bucodental: impacto sistémico y clínico. *Pro Sciences.* 2025;9(60):315-339. DOI: [10.29018/issn.2588-1000vol9iss60.2025pp315-339](https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol9iss60.2025pp315-339).
 47. Correa Arzate L, Bahador Groppe D. ¿Las encías y el corazón se comunican entre sí? Cómo la salud bucal podría revelar señales sobre la salud del corazón. *ExpresiónES UVM.* 2026 Apr 14;14(1).
 48. García-Gómez A, Guerrero-Barona E, García-Peña I, Rodríguez-Jiménez M, Moreno-Manso JM. Equine-assisted therapeutic activities and their influence on the heart rate variability: A systematic review. *Complement Ther Clin Pract.* 2020 May;39:101167. DOI: [10.1016/j.ctcp.2020.101167](https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2020.101167).
 49. Abate SV. Animal assisted therapy for cardiac conditions. In: *Animal Assisted Therapy Use Application by Condition.* Academic Press; 2023. p. 147-164. DOI: [10.1016/B978-0-323-98815-5.00010-0](https://doi.org/10.1016/B978-0-323-98815-5.00010-0).
 50. Odendaal JS, Meintjes RA. Neurophysiological correlates of affiliative behaviour between humans and dogs. *Vet J.* 2003;165(3):296-301. DOI: [10.1016/S1090-0233\(02\)00237-X](https://doi.org/10.1016/S1090-0233(02)00237-X).
 51. Schreiner PJ. Emerging Cardiovascular Risk Research: Impact of Pets on Cardiovascular Risk Prevention. *Curr Cardiovasc Risk Rep.* 2016;10(2):8. DOI: [10.1007/s12170-016-0489-2](https://doi.org/10.1007/s12170-016-0489-2).
 52. Cherniack EP, Cherniack AR. The benefit of pets and animal assisted therapy to the health of older individuals. *Curr Gerontol Geriatr Res.* 2014;2014:623203. DOI: [10.1155/2014/623203](https://doi.org/10.1155/2014/623203).
 53. Hugues Hernandez B, Álvarez Álvarez A, Ledón Llanes L, Mendoza Trujillo M, Castelo Elías-Calles L, Domínguez Alonso E. Percepción de los beneficios de la tenencia de animales de compañía en pacientes con enfermedades cardiovasculares. *CorSalud.* 2014;6(1):56-62.
 54. Beetz A, Uvnäs-Moberg K, Julius H, Kotrschal K. Psychosocial and psychophysiological effects of human-animal interactions: the possible role of oxytocin. *Front Psychol.* 2012 Jul 9;3:234. DOI: [10.3389/fpsyg.2012.00234](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00234).
 55. Arhant-Sudhir K, Arhant-Sudhir R, Sudhir K. Pet ownership and cardiovascular risk reduction: supporting evidence, conflicting data and underlying mechanisms. *Clin Exp Pharmacol Physiol.* 2011 Nov;38(11):734-8. DOI: [10.1111/j.1440-1681.2011.05583.x](https://doi.org/10.1111/j.1440-1681.2011.05583.x).

Manejo artroscópico de fracturas de astrágalo y calcáneo: Una revisión narrativa

Arthroscopic Management of Talus and Calcaneal Fractures: A Narrative Review

Galo Santiago Benavides-Albornoz^{1,a}, Daniel Villota-Narváez^{1,a}, John Edisson Salazar-Montes^{2,a}, Edwin Zamir Realpe-Mora^{3,a}, Stefany Julieth Castillo-Zarate^{4,a}, Laura Valentina Mera-Peña^{5,a}, Carlos Andrés Sánchez-Barrero^{6,a}, Catalina Vergara-Cortes^{7,a}, Juan Santiago Serna-Trejos^{8,a,b}

¹ Pontificia Universidad Javeriana Cali. Cali, Colombia.

² Universidad Cooperativa de Colombia. Medellín, Colombia.

³ Universidad Santiago de Cali. Cali, Colombia.

⁴ Universidad Antonio Nariño. Bogotá, Colombia.

⁵ Universidad Metropolitana. Barranquilla, Colombia.

⁶ Universidad El Bosque. Bogotá, Colombia.

⁷ Universidad del Rosario. Bogotá, Colombia.

⁸ Universidad Libre. Cali, Colombia.

^a Médico.

^b Magister en Epidemiología, Doctor en Salud.

Información del artículo

Citar como: Benavides-Albornoz GS, Villota-Narváez D, Salazar-Montes JE, Realpe-Mora EZ, Castillo-Zarate SJ, Mera-Peña LV, Sánchez-Barrero CA, Vergara-Cortes C, Serna-Trejos JS. Manejo artroscópico de fracturas de astrágalo y calcáneo: Una revisión narrativa. Health Care & Global Health.2026;10(3):240-251.

DOI: 10.22258/hgh.v10i3.474

Autor de Correspondencia

Juan Santiago Serna Trejos
Dirección: Carrera 109 n.º 22 - 00.
Email: juansantiagosernatrejos@gmail.com
Teléfono: +57 311 548 4455

Historial del artículo

Recibido: 25 de junio de 2026
Primera decisión editorial: 13 de julio de 2026
Versión revisada recibida: 18 de agosto de 2026
Aceptado: 26 de agosto de 2026
Publicado en línea: 15 de septiembre de 2026

Proceso de revisión

Tipo de revisión: revisión editorial
Número de revisores externos: no aplica
Rondas de revisión: 1

Resumen

Introducción: Las fracturas de astrágalo y calcáneo, aunque menos frecuentes que otras lesiones del pie, representan un desafío quirúrgico por su compleja anatomía y por asociarse, en la mayoría de los casos, a mecanismos de alta energía. El manejo tradicional mediante reducción abierta y fijación interna (RAFI) se ha relacionado con una elevada tasa de complicaciones. En este contexto, la artroscopia ha surgido como una alternativa terapéutica que permite visualización directa de la superficie articular y potencialmente menor agresión de los tejidos blandos. **Objetivo:** Examinar los resultados clínicos, las consideraciones técnicas y las indicaciones del manejo artroscópico en fracturas de astrágalo y calcáneo. **Métodos:** Se realizó una revisión narrativa de la literatura en MEDLINE/PubMed, EMBASE y Cochrane Library, incluyendo estudios publicados entre 2000 y 2024 sobre manejo artroscópico de fracturas del retropié. **Resultados:** La artroscopia asistida ofrece ventajas potenciales como mejor visualización articular, menor agresión de partes blandas y posibilidad de una recuperación más rápida en comparación con la RAFI, especialmente en fracturas seleccionadas. **Conclusión:** La artroscopia constituye una alternativa viable en fracturas seleccionadas de astrágalo y calcáneo, en particular en fracturas cerradas con compromiso articular y condiciones favorables de partes blandas.

Palabras clave: Artroscopia; Astrágalo; Calcáneo; Fracturas Óseas; Procedimientos Quirúrgicos Mínimamente Invasivos (Fuente: DeCS, BIREME).

Abstract

Introduction: Talus and calcaneus fractures, although less frequent than other foot injuries, represent a surgical challenge because of their complex anatomy and their frequent association with high-energy trauma. Traditional management with open reduction and internal fixation (ORIF) has been associated with a high rate of complications. In this context, arthroscopy has emerged as a therapeutic alternative that allows direct visualization of the articular surface and potentially less soft-tissue injury. **Objective:** To examine the clinical outcomes, technical considerations, and indications of arthroscopic management in talus and calcaneus fractures. **Methods:** A narrative review of the literature was conducted using MEDLINE/PubMed, EMBASE, and Cochrane Library, including studies published between 2000 and 2024 on arthroscopic management of hindfoot fractures. **Results:** Arthroscopy-assisted management offers potential advantages such as improved articular visualization, less soft-tissue disruption, and faster recovery compared with ORIF, particularly in selected fractures. **Conclusion:** Arthroscopy is a viable alternative for selected talus and calcaneus fractures, especially in closed fractures with articular involvement and favorable soft-tissue conditions.

Keywords: Arthroscopy; Talus; Calcaneus; Fractures, Bone; Minimally Invasive Surgical Procedures (Source: MeSH, NLM).



Introducción

Las fracturas del retropié representan un reto clínico desproporcionado frente a su frecuencia. El calcáneo es el hueso más afectado del tarso, responsable de más del 60 % de las fracturas tarsales y alrededor del 2 % de todas las fracturas en adultos^{[1][2]}. Las fracturas de astrágalo son mucho menos frecuentes, menos del 1 % del total, aunque suponen entre el 3-5% de las fracturas del pie y tobillo^{[1][2][3]}. En ambas localizaciones predominan los mecanismos de alta energía, como caídas desde altura y accidentes de tráfico, con impacto directo en la articulación subastragalina y el tobillo^{[2][4]}.

En el calcáneo, cerca del 70 % de las fracturas son intraarticulares, con hundimiento de la faceta posterior y compromiso de la articulación subastragalina^{[2][4]}. La interpretación de las radiografías simples puede ser engañosa, lo que favorece diagnósticos tardíos, mayor tasa de pseudoartrosis y secuelas como ensanchamiento del talón, pérdida de altura, deformidad en varo o valgo y artrosis precoz^{[4][5][6]}. El astrágalo, por su parte, combina una superficie ampliamente recubierta de cartílago, una red ligamentosa compleja, escasas inserciones musculares y una vascularización terminal especialmente vulnerable^{[7][8]}. Estos factores vuelven difícil, la reducción anatómica sin comprometer el aporte sanguíneo, en un contexto donde el daño de partes blandas tras el traumatismo ya es considerable^{[1][7][9]}.

El manejo de estas fracturas ha sido motivo de debate durante décadas. La indicación quirúrgica depende del patrón de fractura, el grado de desplazamiento y el compromiso articular, con decisiones individualizadas. Cuando se decide intervenir, existe acuerdo en buscar una restauración temprana de la anatomía ósea, asociada a mejor pronóstico funcional y a una relación coste-efectividad favorable frente al manejo conservador en fracturas intraarticulares desplazadas^{[3][8][9]}.

La reducción abierta y fijación interna (RAFI) se consolidó como tratamiento clásico para las fracturas desplazadas de calcáneo y para las fracturas de cuello y cuerpo astragalino^{[10][11][12]}. Estos abordajes permiten ver y manipular directamente los fragmentos, pero a costa de una agresión importante sobre la piel, el tejido subcutáneo y la vascularización local. Las tasas comunicadas de complicaciones son elevadas, con infecciones, problemas de la herida, necrosis avascular, maluniones y artrosis tibiotalar o subastragalina que pueden alcanzar cifras de 30 a 60 % en algunas series de astrágalo^{[2][11][12]}.

En paralelo al desarrollo de la cirugía mínimamente invasiva en el pie y tobillo, han cobrado protagonismo las técnicas percutáneas y la artroscopia de tobillo y subtalar^{[13][14]}. La reducción y fijación interna asistida por artroscopia (ARIF) combina visión directa intraarticular

con incisiones pequeñas y menor despegamiento de partes blandas, lo que permite reducir los fragmentos bajo control óptico y fijarlos con tornillos canulados o sistemas percutáneos^{[15][16]}. Sobre el papel, esta estrategia podría disminuir la tasa de complicaciones relacionadas con la herida y con la vascularización, sin renunciar a una reducción articular precisa.

No obstante, se trata de patologías poco frecuentes, con gran variabilidad en los patrones de fractura y en el estado de las partes blandas. La experiencia disponible procede sobre todo de series de casos y cohortes retrospectivas, con niveles de evidencia III y IV y heterogeneidad en las técnicas descritas^{[16][17][18]}. En este escenario, más que buscar conclusiones cerradas, resulta útil revisar de manera narrativa qué problemas biomecánicos plantean las fracturas de astrágalo y calcáneo, cuándo sigue teniendo sentido la RAFI y en qué situaciones la ARIF se convierte en una opción razonable dentro del arsenal del cirujano de retropié.

El abordaje contemporáneo de las fracturas del retropié requiere considerar no solo la complejidad anatómica del astrágalo y el calcáneo, sino también las limitaciones diagnósticas, quirúrgicas y de evidencia que condicionan el pronóstico funcional. La comprensión integrada de estos elementos permite contextualizar la transición hacia técnicas menos invasivas y su justificación clínica dentro del algoritmo terapéutico (**Figura 1**). El objetivo de la presente revisión está direccionado a examinar los resultados clínicos, las consideraciones técnicas y las indicaciones del manejo artroscópico en fracturas de astrágalo y calcáneo.

Metodología

Diseño de la revisión

Se desarrolló una revisión narrativa de la literatura centrada en el manejo artroscópico de las fracturas de astrágalo y calcáneo. El propósito fue integrar, de manera secuencial, información anatómica, fisiopatológica y técnica, junto con resultados clínicos, en escenarios donde la artroscopia actúa como método principal o como apoyo a la reducción y fijación interna. Este enfoque permitió comparar el papel de la artroscopia frente a la reducción abierta y fijación interna (RAFI) clásica, no solo desde la óptica de la consolidación ósea, sino también desde la preservación articular y de partes blandas.

Fuentes de información y bases de datos

La búsqueda bibliográfica se realizó en las bases de datos MEDLINE/PubMed, EMBASE y Cochrane Library. Se consideraron artículos publicados en inglés y español entre el 1 de enero de 2000 y el 31 de diciembre de 2024, con el fin de incluir tanto los primeros reportes sobre artroscopia en fracturas del retropié como las experiencias más recientes relacionadas con técnicas percutáneas y asistidas por artroscopia.

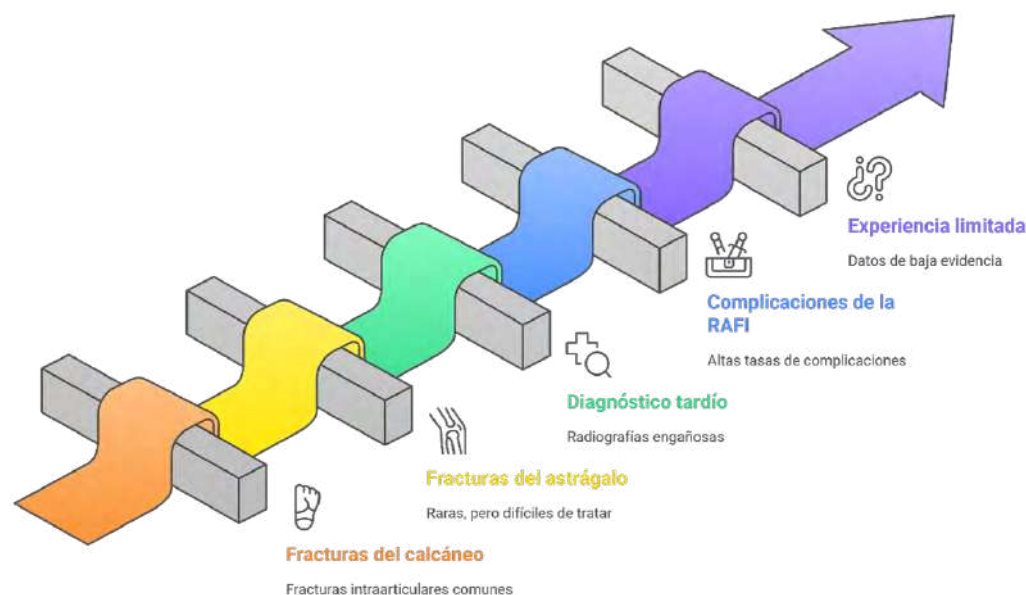


Figura 1. Desafíos clínicos en el manejo de fracturas del retropié.

Principales desafíos clínicos asociados al manejo de las fracturas del retropié, representados como una progresión escalonada en la que cada segmento del trayecto destaca un problema específico: primero, las fracturas del calcáneo como entidad frecuente dentro del tarso y predominantemente intraarticular; luego, las fracturas del astrágalo, menos comunes pero de alta complejidad por su anatomía, vascularización y potencial de necrosis; posteriormente, la dificultad diagnóstica que conlleva un reconocimiento tardío debido a radiografías iniciales poco concluyentes; más adelante, las complicaciones inherentes a la reducción abierta y fijación interna (RAFI), incluyendo altas tasas de problemas de la herida, infección y alteración vascular; y finalmente, la limitada experiencia acumulada y el bajo nivel de evidencia disponible sobre alternativas mínimamente invasivas, lo que refleja un campo en evolución con necesidad de estandarización. Abreviaturas: RAFI = reducción abierta y fijación interna.

Estrategia de búsqueda y palabras clave

Se combinaron términos controlados MeSH con términos libres en título, resumen y palabras clave, utilizando operadores booleanos AND y OR de acuerdo con la sintaxis de cada base de datos. Entre los términos principales incluidos se encontraron: "Talus", "Calcaneus", "Subtalar Joint", "Ankle Fractures", "Fractures, Bone", "Arthroscopy", "Fracture Fixation, Internal", "Minimally Invasive Surgical Procedures", "Treatment Outcome" y "Postoperative Complications". Estos descriptores se complementaron con términos libres como "talar fractures", "calcaneal fractures", "intra-articular calcaneal fracture", "arthroscopy-assisted fixation", "subtalar arthroscopy", "hindfoot arthroscopy", "percutaneous calcaneal osteosynthesis", "ARIF" y "ORIF".

Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión se definieron de manera precisa para garantizar la pertinencia y calidad de la evidencia seleccionada. Se consideraron únicamente estudios originales, incluyendo ensayos clínicos, cohortes prospectivas o retrospectivas y series de casos con más de un paciente, siempre que describieran el manejo artroscópico o asistido por artroscopia en fracturas de astrágalo o calcáneo. Además, se incluyeron publicaciones que reportaran al menos uno de los siguientes aspectos: descripción de la técnica quirúrgica,

resultados clínicos medidos mediante escalas como AOFAS, VAS o de calidad de vida, retorno a la actividad, consolidación ósea, complicaciones posoperatorias o necesidad de reintervención.

Los estudios debían estar dirigidos a población adulta con fracturas traumáticas de astrágalo o calcáneo, excluyendo otras etiologías. Finalmente, se aceptaron también revisiones narrativas o sistemáticas relacionadas con artroscopia, cirugía mínimamente invasiva del retropié o manejo quirúrgico de fracturas de estos huesos, siempre que aportaran información relevante para el análisis del tema.

Los criterios de exclusión se definieron para asegurar la pertinencia y calidad de la evidencia seleccionada. Se descartaron los reportes de un solo caso, las notas técnicas sin descripción de resultados clínicos, así como estudios cadavéricos, experimentales o realizados en población pediátrica. También quedaron fuera aquellos artículos sin acceso a texto completo o con información insuficiente que impidiera reconstruir la técnica quirúrgica o los desenlaces clínicos.

Se excluyeron igualmente las publicaciones centradas en otras patologías del pie y tobillo sin componente de fractura, como la artrosis primaria, la artrodesis electiva o las lesiones osteocondrales aisladas, salvo que incluyeran

un subgrupo específico de fracturas. Finalmente, se descartaron los estudios con deficiencias metodológicas graves que impidieran interpretar los resultados, tales como ausencia de definición de desenlaces o un seguimiento menor a seis meses.

Plan de análisis

La información seleccionada se organizó mediante una lectura exploratoria inicial de títulos y resúmenes, seguida de revisión a texto completo de los estudios potencialmente elegibles. Posteriormente, se realizó una extracción narrativa de la información relacionada con diseño del estudio, número de pacientes, características de la población, patrón de fractura, clasificaciones empleadas, técnica quirúrgica, tipo de fijación, protocolo posoperatorio, complicaciones y necesidad de reoperación.

Para fines expositivos, la síntesis se estructuró en cuatro ejes temáticos: fisiopatología y particularidades anatómicas del astrágalo y el calcáneo con relevancia quirúrgica; indicaciones clásicas de la RAFI y sus limitaciones; contextos clínicos en los que la artroscopia puede considerarse una alternativa o un complemento terapéutico; y aspectos técnicos del manejo artroscópico, incluyendo portales, maniobras de reducción, métodos de fijación y consideraciones de seguridad. Debido a la heterogeneidad de diseños, poblaciones y desenlaces, no se realizó metaanálisis y los hallazgos se presentan en forma de síntesis narrativa.

Software empleado

La gestión de referencias se realizó mediante Mendeley Desktop. La construcción de matrices de extracción de datos, tablas comparativas y esquemas de síntesis se llevó a cabo en Microsoft Excel 2021.

Resultados

Fisiopatología de las fracturas de astrágalo y calcáneo y sus implicaciones anatómicas

Las fracturas del retropié son el resultado clásico de un vector de carga axial que se transmite desde el talón hacia la tibia distal. En las caídas desde altura, la energía se concentra en el complejo calcáneo-astrágalo, con transmisión a través de la articulación subastragalina y del tobillo. La arquitectura trabecular del calcáneo, con su faceta posterior sustentando gran parte de la carga, hace que los impactos compriman el cuerpo calcáneo contra el astrágalo, generando el colapso de la faceta posterior y alterando el ángulo de Böhler y el ángulo de Gissane^{[19][20]}.

El patrón de fractura intraarticular descrito por Sanders refleja esta fisiopatología: la fuerza axial divide progresivamente la faceta posterior en uno o

varios fragmentos, con hundimiento y conminución variables^[21]. Cuando el colapso no se corrige, la superficie subastragalina pierde congruencia y se altera la distribución de cargas, lo que favorece artrosis precoz, dolor con la carga, rigidez y necesidad futura de artrodesis^{[17][19][20][21]}. A esto se añade el ensanchamiento del talón, el acortamiento del retropié y el conflicto con el calzado, que explican buena parte de la discapacidad funcional a largo plazo^{[22][23]}.

En el astrágalo, la vulnerabilidad se debe menos al patrón trabecular y más a su anatomía articular y vascular. Goza de un recubrimiento cartilaginoso extenso, participa simultáneamente en la mortaja tibioperonea y en la articulación subastragalina, y se ancla mediante un complejo ligamentoso denso con escaso aporte muscular^{[4][20]}. La vascularización procede de ramas de la tibia posterior, peronea y pedía, que forman redes terminales en el cuello y el cuerpo astragalino^{[24][25]}. La interrupción de estas redes durante una RAFI agresiva o por el propio desplazamiento del fragmento incrementa el riesgo de necrosis avascular, especialmente en las fracturas del cuello clasificadas por Hawkins y en las fracturas de cuerpo según Sneppen^{[26][27]}.

Las pequeñas incongruencias articulares tienen repercusión biomecánica. Estudios cadavéricos han demostrado que desplazamientos intraarticulares mayores de 2 milímetros modifican de forma significativa la mecánica del tobillo^[4]. Tras una fractura astragalina, cualquier escalón residual o rotación del fragmento articular puede traducirse en dolor, inestabilidad y degeneración progresiva. De ahí la insistencia en lograr reducciones anatómicas, idealmente bajo visión directa^[3].

A esta complejidad anatómica se suma el entorno de partes blandas. Tanto en calcáneo como en astrágalo, las fracturas de alta energía se acompañan de edema masivo, flictenas y riesgo de síndrome compartimental^{[19][25][27]}. Las grandes incisiones laterales o los abordajes mediales extensos sobre tejidos dañados aumentan el riesgo de necrosis cutánea, infección profunda y retraso en la cicatrización^[13]. Desde una mirada fisiopatológica, cualquier estrategia que permita restaurar la anatomía articular reduciendo al mismo tiempo la agresión sobre la piel y la microvascularización del retropié tiene una lógica sólida.

La fisiopatología de las fracturas del retropié implica una cascada de eventos estructurales que afectan de manera significativa la mecánica subtalar y tibiotalar, con repercusiones directas sobre la estabilidad, la congruencia articular y la viabilidad ósea. La comprensión de estas alteraciones permite anticipar las complicaciones funcionales y orientar el abordaje quirúrgico hacia la restauración anatómica precisa y la protección de los tejidos comprometidos (**Figura 2**).

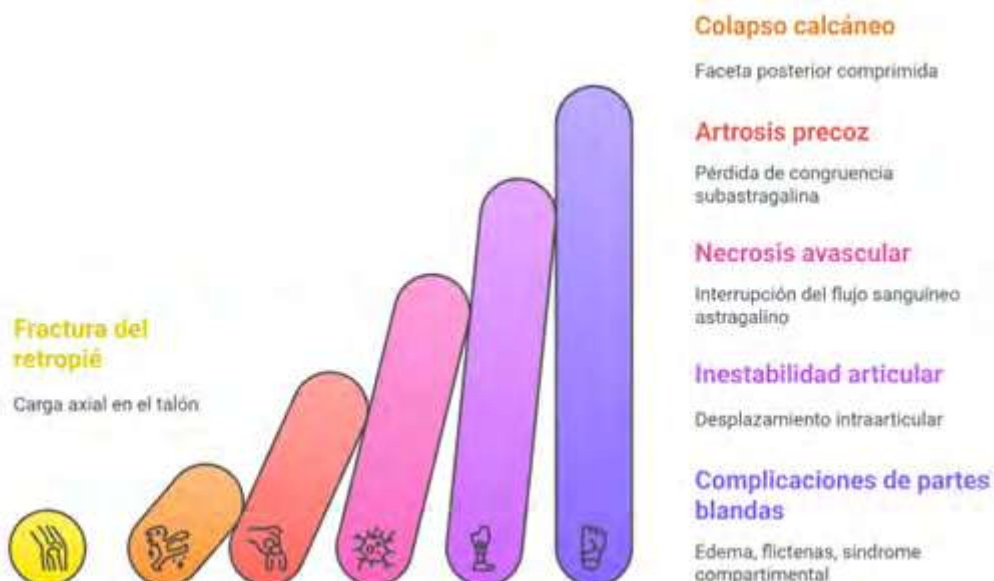


Figura 2. Alteraciones anatómicas y funcionales derivadas de las fracturas del retropié.

Progresión de las principales alteraciones anatómicas y funcionales que resultan de las fracturas del retropié, iniciando con el mecanismo fisiopatológico fundamental que corresponde a la transmisión de carga axial en el talón y avanzando hacia las consecuencias estructurales más relevantes. Se representan el colapso de la faceta posterior del calcáneo, la artrosis precoz derivada de la pérdida de congruencia subastragalina, la necrosis avascular secundaria a la interrupción del flujo sanguíneo astragalino, la inestabilidad articular producida por el desplazamiento intraarticular y las complicaciones de partes blandas que incluyen edema, flictenas y síndrome compartimental. En conjunto, la figura resume la secuencia lógica entre el impacto inicial y los desenlaces clínicos que condicionan el pronóstico del retropié lesionado.

Indicaciones para manejo abierto con RAFI en fracturas de astrágalo y calcáneo

A pesar del auge de las técnicas mínimamente invasivas, la RAFI sigue siendo una herramienta imprescindible. En el calcáneo, la RAFI mediante abordaje lateral extensile continúa considerándose la opción de referencia en fracturas desplazadas con conminución severa, colapso importante de la faceta posterior, compromiso de la pared lateral con impingement peroneo o pérdida marcada de altura que requiere reconstrucción formal de la geometría del calcáneo^{[28][29]}. Fracturas Sanders tipo IV, patrones con múltiples fragmentos pequeños, impacto profundo de la faceta posterior o pérdida de soporte del sustentaculum tali, suelen escapar a una reducción percutánea estable y se benefician de exposición abierta y osteosíntesis más estructural^{[23][28][29]}.

En el astrágalo, las fracturas desplazadas del cuello (Hawkins II a IV) y las fracturas de cuerpo con conminución o luxación asociada han sido tradicionalmente territorio de la RAFI. La necesidad de restaurar la longitud del cuello astragalino y la alineación sagital y coronal de la mortaja tibioperonea ha llevado a utilizar abordajes combinados, osteotomías maleolares y placas específicas para cuello y cuerpo^[30]. Las fracturas abiertas, las fracturas luxación y los cuadros con compromiso neurovascular o síndrome compartimental requieren reducción urgente

y estabilización firme, habitualmente en forma de RAFI, una vez resuelto el daño de partes blandas^{[27][30]}.

La RAFI ofrece ventajas obvias: visión directa de la superficie articular, posibilidad de reconstruir y fijar fragmentos muy pequeños con placas, injertos óseos estructurales y manipulación cuidadosa bajo control fluoroscópico^{[31][32]}. Sin embargo, este beneficio se acompaña de una morbilidad significativa. En el calcáneo, la literatura describe tasas de infección y complicaciones de la herida que pueden alcanzar el 32 % con el abordaje lateral ampliado, especialmente en pacientes fumadores, diabéticos o con tejidos comprometidos^[33]. En astrágalo, la disección agresiva alrededor del cuello y la necesidad de osteotomías para acceder al cuerpo contribuyen al elevado porcentaje de necrosis avascular, pseudoartrosis y artrosis tibiotalar o subastragalina^{[10][12][33]}.

Por ello, incluso quienes mantienen un enfoque clásico tienden a reservar la RAFI para fracturas muy conminutas, abiertas, con luxación asociada o con déficit neurológico o vascular, así como para casos donde la artroscopia no ofrecería un campo seguro o suficiente para una reducción fiable^{[31][32]}. En el resto de situaciones, el cirujano se plantea progresivamente técnicas percutáneas o asistidas por artroscopia con el objetivo de equilibrar calidad de reducción y protección de partes blandas.

El análisis de los abordajes convencionales en fracturas del retropié obliga a valorar con precisión el perfil riesgo-beneficio de las técnicas abiertas, especialmente cuando se busca un equilibrio entre exposición anatómica y preservación de partes blandas. Esta consideración resulta relevante para comprender cómo la selección del método de fijación influye en la evolución clínica y en la frecuencia de complicaciones asociadas a este tipo de lesiones (**Figura 3**).

Indicaciones de manejo artroscópico en fracturas de astrágalo y calcáneo

El concepto de ARIF se sitúa en un punto intermedio entre la RAFI clásica y las fijaciones estrictamente percutáneas. El principio es sencillo: obtener una reducción anatómica guiada por la visión artroscópica de la superficie articular y, posteriormente, estabilizar los fragmentos con tornillos canulados o dispositivos percutáneos, minimizando el despegamiento de partes blandas y respetando en la medida de lo posible la vascularización local^{[34][35]}.

En el astrágalo, las indicaciones se concentran en fracturas intraarticulares seleccionadas del cuerpo, cuello y procesos, con desplazamiento moderado, pero anatomía potencialmente reconstruible. Las series publicadas incluyen principalmente fracturas Sneppen tipo II y III y Hawkins tipo I y II, así como avulsiones osteocondrales y fracturas de la apófisis lateral o posterior tratadas con fijación o resección artroscópica^[36]^[37]. La artroscopia permite evacuar hemartros, retirar

detritos osteocondrales, evaluar la integridad del cartílago tibiotalar y subastragalino e identificar lesiones asociadas, guiando la reducción mediante palpadores, osteótomos finos y agujas de Kirschner antes de colocar tornillos canulados de forma percutánea^{[37][38]}.

En calcáneo, la artroscopia subtalar se ha incorporado tanto como herramienta de evaluación durante la RAFI abierta como en técnicas totalmente percutáneas, donde se supervisa la reducción de la faceta posterior y se controla la longitud del tubérculo y la alineación en varo-valgo^{[39][40]}. La osteosíntesis calcánea percutánea asistida por artroscopia (PACO) es quizá el ejemplo más representativo. Suele indicarse en fracturas desplazadas de calcáneo Sanders II y III con fragmentos articulares suficientemente grandes para soportar tornillos rafting desde el lateral hacia el sustentaculum tali^{[39][40][41]}. Patrones muy conminutos o con un fragmento sustentacular pequeño se consideran menos adecuados, ya que aumenta el riesgo de pérdida de reducción y de fallo de la fijación^[42].

La selección del paciente no se limita al patrón de fractura. La artroscopia resulta especialmente atractiva en enfermos con alto riesgo de complicaciones de la herida, como diabéticos, fumadores, pacientes con enfermedad vascular periférica o politraumatizados, en los que conviene reducir al máximo el tiempo de inmovilización y el trauma quirúrgico^{[34][35][42]}. También puede ser una opción en fracturas bilaterales donde el abordaje lateral extendido, en ambos lados, resultaría poco razonable.

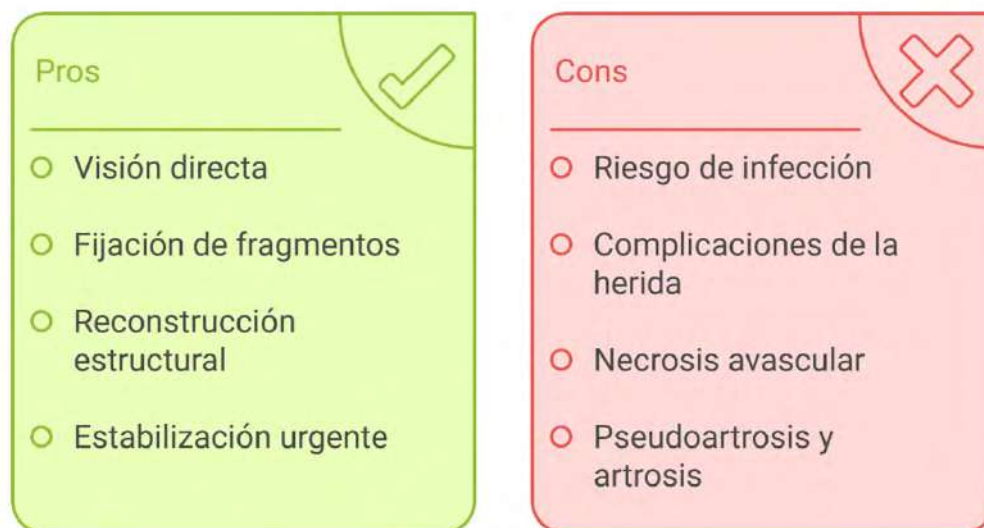


Figura 3. Ventajas y limitaciones de la reducción abierta y fijación interna en fracturas del tobillo.

Comparación estructurada entre los aspectos favorables y desfavorables de la reducción abierta y fijación interna en fracturas del tobillo, organizada en dos paneles contrastados que permiten visualizar de manera clara el equilibrio entre los beneficios y los riesgos del procedimiento. En la sección de pros se destacan la visión directa que facilita la evaluación anatómica, la fijación precisa de los fragmentos, la capacidad de reconstrucción estructural y la posibilidad de lograr una estabilización urgente en situaciones que lo requieren. En contraste, el panel de contras señala las principales limitaciones del abordaje abierto, como el riesgo de infección, las complicaciones de la herida, la posibilidad de necrosis avascular y la aparición de pseudoartrosis o artrosis postraumática. El diseño resume los elementos que deben considerarse al seleccionar esta estrategia quirúrgica.

No obstante, el manejo artroscópico exige una curva de aprendizaje clara. El espacio articular subtalar es estrecho y de geometría compleja; los portales posteriores se sitúan cerca del nervio sural y de estructuras vasculonerviosas profundas, y el uso excesivo de líquido de irrigación puede originar síndrome compartimental o dificultar un eventual cambio a cirugía abierta^{[37][39][40]}. En tobillo y astrágalo, es crucial respetar la posición del flexor hallucis longus como referencia para evitar el paquete neurovascular tibial posterior y mantener los portales posteromedial y posterolateral adyacentes al tendón de Aquiles^{[19][27][37][39][40]}. Por esta razón, la mayoría de los autores recomiendan que ARIF y PACO se implanten en centros con experiencia consolidada en artroscopia de retropié y traumatología de tobillo, idealmente dentro de equipos con volumen suficiente como para mantener la curva de aprendizaje^[9].

La selección del abordaje artroscópico en fracturas del retropié depende de la relación entre la anatomía del trazo, la estabilidad de los fragmentos y la posibilidad

real de obtener una reducción adecuada bajo visión intraarticular. La integración de estos criterios permite identificar aquellos patrones en los que la artroscopia ofrece una ventaja significativa dentro del algoritmo quirúrgico (**Figura 4**).

La artroscopia como “tercera mirada” en el retropié fracturado

Cuando uno piensa en estas fracturas, la escena clásica es el intensificador de imágenes, el paciente en decúbito lateral y el equipo girando el arco en C para “perseguir” la faceta posterior o el cuello astragalino. La artroscopia cambia el guion. La sensación de muchos cirujanos que han incorporado esta herramienta es que se gana una tercera mirada, distinta de la radiografía y de la inspección directa: la visión del interior de la articulación, en tiempo real, mientras se toman decisiones^[43].

En el astrágalo, esa mirada interna permite algo que cuesta conseguir incluso con abordajes extensos. Tras



Figura 4. Relación entre indicación y complejidad de la artroscopia en fracturas del astrágalo y del calcáneo.

Matriz bidimensional la complejidad técnica y el nivel de indicación de la artroscopia en fracturas del astrágalo y del calcáneo, distribuyendo los distintos patrones de fractura según su adecuación al abordaje artroscópico. En el cuadrante de alta indicación y baja complejidad se ubican las fracturas Sneppen II y III, que suelen presentar fragmentos definidos y potencial de reducción bajo visión directa. En el cuadrante de alta indicación y alta complejidad se incluyen las fracturas Sanders II y III con fragmentos grandes, que permiten control artroscópico de la faceta posterior, pero demandan mayor precisión técnica. En contraste, las fracturas con fragmento sustentacular pequeño se posicionan en el cuadrante de baja indicación y alta complejidad debido al riesgo de inestabilidad y pérdida de reducción. Finalmente, las fracturas conminutas se sitúan en el cuadrante de baja indicación y baja complejidad, ya que la artroscopia aporta poco beneficio en patrones extensamente fragmentados. La matriz proporciona un esquema visual de selección de casos basado en patrones anatómicos y factibilidad técnica.

evacuar el hemartros, el cartílago se ve sin filtros. El cirujano puede seguir con el palpador el contorno de la cúpula tibiotalar o de la faceta subastragalina, identificar exactamente dónde está el escalón y comprobar si la “buena” alineación que sugiere la fluoroscopia corresponde realmente a una superficie continua^[37]. No es raro que una reducción que parece correcta en las proyecciones estándar se revele incongruente cuando se recorre la superficie articular con el gancho. En ese momento, el gesto cambia: se ajusta la tracción, se varía la dirección del tornillo o se añade un punto de apoyo con una aguja de Kirschner antes de dar la fijación por definitiva^{[37][42]}.

La artroscopia también da margen para tratar hallazgos que, sin esa visión, quedarían “silenciosos”. En varias series se relatan lesiones osteocondrales asociadas, cuerpos libres, avulsiones del ligamento talofibular anterior o defectos condrales que se manejan en el mismo acto mediante microperforaciones, anclajes o resección selectiva. Desde la óptica del paciente, no es solo que se reduzca una fractura, sino que se depura un entorno articular que probablemente iba a generar dolor mecánico y derrames repetidos^{[10][19]}.

En el calcáneo, la experiencia subjetiva del cirujano es distinta, aunque el principio sea el mismo. La articulación subastragalina posterior es un espacio estrecho y curvo. Quien ha intentado juzgar el escalón articular solo con proyecciones de Brodén sabe lo fácil que es infravalorar una incongruencia. La artroscopia subtalar, ya sea a través del seno del tarso o mediante portales posteriores, permite literalmente “apoyar” el cartílago de la faceta posterior en el monitor y ver cómo se comporta al movilizar el retropié. Se aprecia si hay un segmento hundido que no se eleva pese al joystick en el tubérculo, si persiste una línea de conminución sin soporte subcondral o si el tornillo recién colocado ha invadido la superficie articular^{[14][28]}.

Muchos grupos describen maniobras que se han ido incorporando a la rutina. Algunos se apoyan en la artroscopia posterior con el paciente en prono y tracción esquelética, lo que abre varios milímetros el espacio subtalar y mejora de forma notable el campo visual. Otros combinan ópticas de pequeño diámetro, de 1,9 o 2,4 milímetros, con portales alternativos para “barrer” sistemáticamente la faceta posterior y la unión con la faceta media^{[4][20]}. Una vez que la congruencia es evidente en el monitor, la fluoroscopia se dedica a confirmar que los tornillos van al sustentaculum tali y restauran la altura del calcáneo^[20].

La artroscopia se convierte también en mecanismo de seguridad. En procedimientos percutáneos, el riesgo de dejar un escalón residual o un tornillo intraarticular siempre está presente. El hecho de poder entrar con el artroscopio, recorrer la superficie y corregir en el momento

reduce esa incertidumbre. Rammelt describe cómo, en pacientes con fracturas intraarticulares menos graves, la artroscopia permitió detectar y corregir penetraciones articulares de tornillos que la fluoroscopia no mostraba de forma clara^{[44][45]}. De forma similar, Woon y colaboradores relatan que la combinación de fluoroscopia y artroscopia cambió la estrategia de fijación en varios casos cuando la imagen óptica mostró defectos que obligaban a modificar la posición o el número de tornillos^[46].

Desde la perspectiva del aprendizaje, muchos cirujanos reconocen que las primeras intervenciones artroscópicas en fracturas son más lentas y exigen un grado alto de concentración. La subtalar se resiste, cuesta orientarse en el espacio, y cada portal nuevo obliga a revisar mentalmente la ubicación del nervio sural, de los tendones y de las ramas plantares^{[1][27][34]}. Con el tiempo, la curva se suaviza. El cirujano identifica mejor el flexor hallucis longus como referencia en el astrágalo, localiza con más facilidad la “ventana” óptima en la faceta posterior del calcáneo y aprende a controlar el volumen de líquido para no provocar extravasación masiva^[40].

Más allá de los números, la sensación general que transmiten las series y los reportes técnicos es que la artroscopia tiende a cambiar la forma de pensar la cirugía del retropié. La planificación preoperatoria sigue apoyándose en la tomografía y en las clasificaciones habituales, pero en la sala de operaciones la estrategia deja de ser solo “¿qué placa y qué tornillos?”, y pasa a incluir preguntas como “¿qué voy a ver dentro de la articulación?” o “si la reducción fluoroscópica no convence al artroscopio, cuál será mi plan B?”^{[7][8][33]}.

En pacientes jóvenes, activos, con fracturas cerradas y partes blandas castigadas por el traumatismo, ese cambio de mirada puede marcar la diferencia entre una intervención que resuelve la fractura y otra que, además, cuida el futuro de la articulación. La artroscopia no sustituye la necesidad de una buena reducción ni evita las limitaciones inherentes a ciertos patrones de fractura, aunque introduce una herramienta que, bien integrada en el arsenal del cirujano de retropié, puede afinar las decisiones intraoperatorias y mejorar la calidad final de la superficie articular tratada^[19].

El enfoque contemporáneo de las fracturas intraarticulares del retropié se beneficia de una estructuración sistemática de las decisiones terapéuticas, en la que se integran el estado de las partes blandas, el patrón de fractura definido por la tomografía, las comorbilidades del paciente y la experiencia del equipo en técnicas percutáneas y artroscópicas, lo que permite seleccionar de manera racional entre manejo conservador, osteosíntesis mínimamente invasiva, cirugía abierta y procedimientos de salvataje según el riesgo anatómico y funcional de cada caso (**Figura 5**).

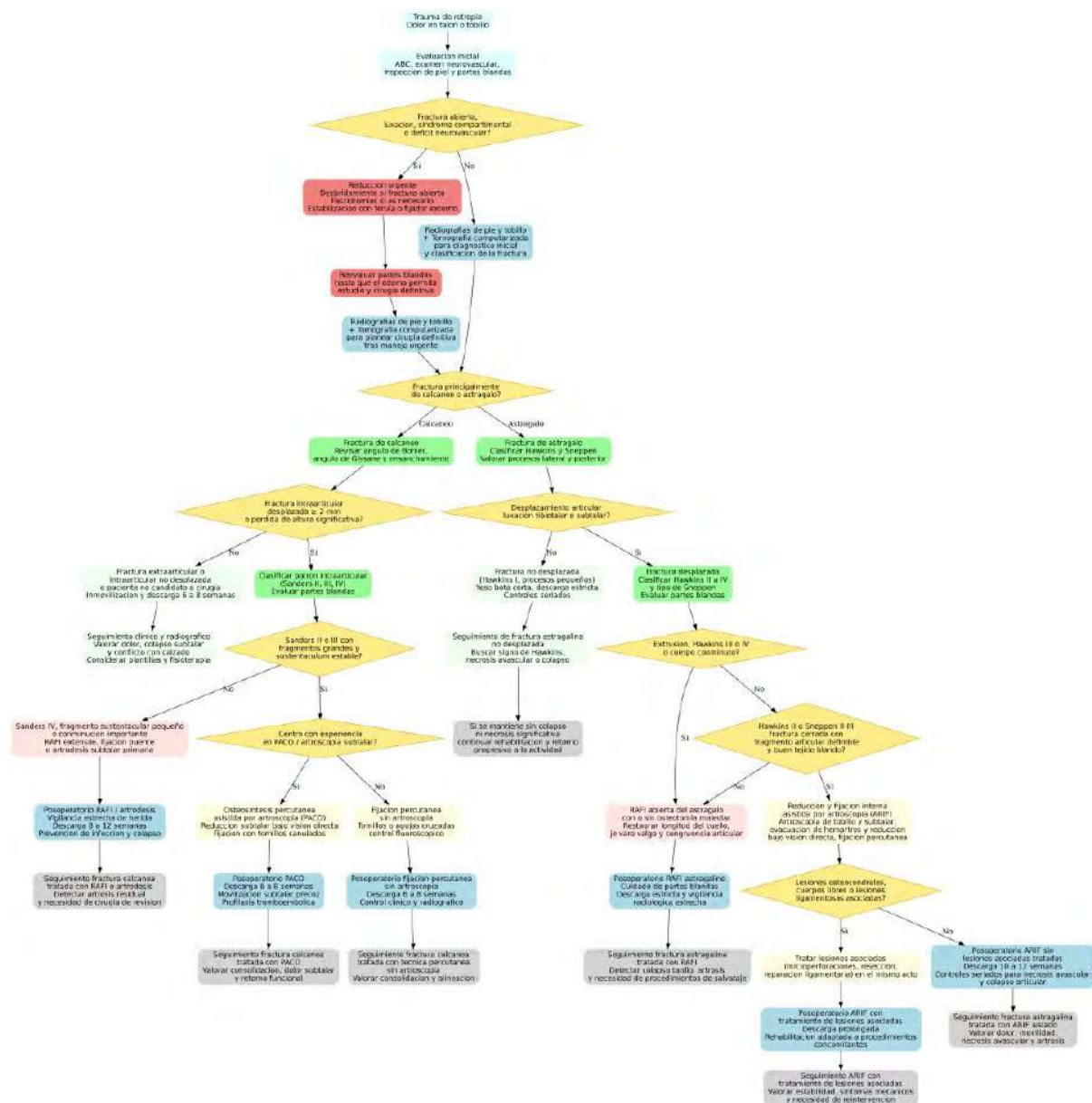


Figura 5. Algoritmo de manejo ortopédico y artroscópico de las fracturas del retropié.

Algoritmo clínico secuencial para el abordaje de las fracturas del retropié, que se inicia con un paciente con trauma en talón o tobillo y continúa con la evaluación primaria ABC, la exploración neurovascular y la inspección de piel y partes blandas, a partir de lo cual se decide si existe una situación de urgencia como fractura abierta, luxación franca, síndrome compartimental o déficit neurovascular que obligue a reducción inmediata, desbridamiento, estabilización temporal con férula o fijador externo y posterior estudio por radiografías y tomografía computarizada para la planificación definitiva. En ausencia de criterios de urgencia, el flujo conduce directamente a la obtención de radiografías y tomografía computarizada, que permiten definir si la lesión compromete principalmente el calcáneo o el astrágalo. En las fracturas de calcáneo el algoritmo diferencia patrones extraarticulares o intraarticulares no desplazados, susceptibles de tratamiento conservador con inmovilización y descarga, de fracturas intraarticulares desplazadas que se clasifican según Sanders y se valoran en función de la conminución, el tamaño del fragmento sustentacular y el estado de partes blandas para orientar la elección entre osteosíntesis percutánea asistida por artroscopia (PACO), fijación percutánea sin artroscopia o reducciones abiertas, fijaciones internas extensas y artrodesis primarias, cada una con su propio posoperatorio y esquema de seguimiento. En las fracturas de astrágalo se distingue entre trazos no desplazados, manejados con yeso y descarga estricta bajo vigilancia estrecha de signos de necrosis avascular, y fracturas desplazadas que se clasifican según Hawkins y Sneppen para decidir entre RARI abierta en casos de conminución importante, luxación o extrusión, o bien ARIF en fracturas cerradas con fragmento articular reconstruible y partes blandas favorables; el algoritmo agrega un nodo específico para el tratamiento simultáneo de lesiones osteocondrales, cuerpos libres y lesiones ligamentarias mediante técnicas artroscópicas y contempla posoperatorios y seguimientos diferenciados para cada estrategia, incluyendo indicación de procedimientos de salvataje cuando se documenta colapso, artrosis o dolor persistente. Abreviaturas: ABC = vía aérea, respiración, circulación; TC = tomografía computarizada; PACO = osteosíntesis percutánea del calcáneo asistida por artroscopia; RARI = reducción abierta y fijación interna; ARIF = reducción interna asistida por artroscopia.

Conclusiones

El manejo de las fracturas de astrágalo y calcáneo exige equilibrar dos objetivos que con frecuencia compiten entre sí: reconstruir de manera precisa la superficie articular y proteger al máximo las partes blandas y la vascularización del retropié. La reducción abierta y fijación interna mantiene un papel claro en fracturas abiertas, fracturas luxadas y patrones muy conminutos, donde se requiere una reconstrucción estructural amplia. En fracturas cerradas, con fragmentos articulares definibles y partes blandas comprometidas o de alto riesgo, la artroscopia aporta una herramienta distinta. Permite ver directamente la articulación mientras se reduce y fija, depurar cuerpos libres, tratar lesiones osteocondrales asociadas y comprobar la congruencia articular más allá de la imagen en el intensificador. Todo esto se consigue con incisiones pequeñas, menos despegamiento y menor agresión sobre la microcirculación del astrágalo y el calcáneo.

La experiencia acumulada de algunos expertos sugiere que las técnicas asistidas por artroscopia, cuando se aplican en los escenarios adecuados y en manos familiarizadas con la artroscopia de retropié, pueden ofrecer resultados funcionales comparables a la cirugía abierta con un perfil de complicaciones más benigno, sobre todo en lo que respecta a problemas de la herida y necrosis ósea. El siguiente paso para la comunidad ortopédica no es sustituir de manera indiscriminada la RAFI, sino integrar la artroscopia en la toma de decisiones: seleccionar de forma cuidadosa los casos, estandarizar portales y secuencias de reducción, formar equipos con experiencia específica y generar estudios prospectivos que permitan refinar las indicaciones. Al final, el objetivo compartido es el mismo para calcáneo y astrágalo: dejar una articulación lo más congruente posible, en un entorno de tejidos vivos y respetados,

que permita al paciente volver a caminar con un retropié estable y funcional.

Información Complementaria

Contribución de los autores (Taxonomía CRediT):

GSBA: Conceptualización, curación de datos, análisis formal, adquisición de fondos. DVN y JESM: Investigación, metodología, redacción-borrador original. EZRM: Supervisión, redacción- revisión y edición. SJCZ y LVMP: Investigación, metodología. CASB y CVC: Validación y visualización. JSST: Conceptualización, curación de datos, análisis formal, metodología, administración del proyecto, supervisión general, edición final.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Financiamiento

Autofinanciado.

Disponibilidad de datos

No aplica.

Agradecimientos

Ninguno.

Declaración de uso de herramientas de inteligencia artificial (IA)

Los autores declaran que no se utilizaron herramientas de inteligencia artificial en ninguna etapa del trabajo. Todo el contenido fue elaborado, revisado, verificado y validado directamente por los autores, quienes asumen plena responsabilidad por la exactitud, integridad y originalidad del manuscrito.

En el proceso editorial, incluida la revisión por pares, se desarrolló conforme a la política de la revista sobre el uso responsable de herramientas de IA.

Referencias

1. Rickert MM, McKeithan LJ, Volkmar AJ, Henderson K, Coronado RA, Mitchell PM, *et al.* Comparing calcaneus fracture radiographic outcomes and complications after percutaneous pin versus screw fixation. *J Foot Ankle Surg.* 2023;62(2):365-370. DOI: 10.1053/j.jfas.2022.09.005.
2. Duramaz A, Polat Ö, İltis MH, Bayram B, Bayrak A, Baca E. Could percutaneous fixation with crossed Schanz pins be an alternative to open reduction in the treatment of intra-articular calcaneal fractures? *Int Orthop.* 2021;45(3):731-741. DOI:10.1007/s00264-021-04944-3.
3. Islam A, McDonald C, Aljawadi A, Niazi N, Pillai A. Management of displaced intra-articular calcaneal fractures: a comparative study of open and minimally invasive surgery. *Cureus.* 2020;12(8):e9547. DOI:10.7759/cureus.9547.
4. Brand J, Elaydi A, Moran J, Yoo B. Cadaveric examination of the radiographic safe zone for open reduction and internal fixation of the calcaneus posterior facet. *Foot Ankle Orthop.* 2022;7(1). DOI:10.1177/24730114221088838.
5. Sun JN, Zhu AX, Shi C, Zhang B, Tang GS, Wang DG, *et al.* Axial and frontal X-ray fluoroscopy technique of the sustentaculum tali can improve the accuracy of sustentacular screw placement. *BMC Med Imaging.* 2022;22(1):1-2. DOI:10.1186/s12880-022-00898-z.
6. Batibay SG, Bayram S. Comparing open reduction and internal fixation versus closed reduction using dual-point distraction and percutaneous fixation for treating calcaneal fractures. *Jt Dis Relat Surg.* 2020;31(2):193-200. DOI:10.5606/EHC.2020.72236.

7. Zhang Y, Chen Y, Zhou K, Ma H, Zhu L. Talar neck fracture combined with comminuted medial malleolar fracture: a case report. *Medicine (Baltimore)*. 2025;104(45):e45848. DOI:10.1097/MD.00000000000045848.
8. Morio F, Morimoto S, Fukunishi S, Masumoto Y. Incidence and location of osteochondral lesions of the talus associated with ankle fractures evaluated by magnetic resonance imaging. *Cureus*. 2025;17(10). DOI:10.7759/cureus.94330.
9. Peng P, Guo Q, Huang Y, Liu W, Tang Y, Luo L. Management of Sanders type II-III displaced intra-articular calcaneus fractures combined with compromised soft-tissue condition using closed reduction and sequential frame screw technique. *BMC Surg*. 2025;12893. DOI:10.1186/s12893-025-03357-y.
10. Wagener J, Schweizer C, Zwicky L, Horn Lang T, Hintermann B. Arthroscopically assisted fixation of Hawkins type II talar neck fractures: a case series. *Bone Joint J*. 2018;100-B(4):461-467. DOI: 10.1302/0301-620X.100B4.BJJ-2017-0772.R3.
11. Jordan MC, Hufnagel L, McDonogh M, Paul MM, Schmalzl J, Kupczyk E, et al. Surgical fixation of calcaneal beak fractures: biomechanical analysis of different osteosynthesis techniques. *Front Bioeng Biotechnol*. 2022;10. DOI:10.3389/fbioe.2022.896790.
12. Bonasia DE, Rossi R, Saltzman CL, Amendola A. The role of arthroscopy in the management of fractures about the ankle. *J Am Acad Orthop Surg*. 2011;19(4):226-235. DOI:10.5435/00124635-201104000-00007.
13. Balaban K, Akmeşe R, Kınık HH, Kalem M. Tibiotalocalcaneal arthrodesis with retrograde intramedullary nailing: what differs only approach change? *Jt Dis Relat Surg*. 2025;36(3):711-723. DOI:10.52312/jdrs.2025.2380.
14. Xu M, Li R, Shi R, Chen G, Li L, Chen J, et al. Efficacy analysis of arthroscopic reduction combined with orthopedic robot-guided screw placement for Hawkins type II fractures of the talus neck. *J Orthop Traumatol*. 2025;26(1):1-2. DOI:10.1186/s10195-025-00849-8.
15. Yang H, Zhang S, Zhong Q, Huai C, Zhu N, Zhan J. Subtalar joint arthroscopic-assisted reduction and cannulated screw fixation versus open reduction and internal fixation for treating displaced intra-articular calcaneal fractures. *J Orthop Surg Res*. 2025;20(1):1-2. DOI:10.1186/s13018-025-05666-7.
16. Zhang S, Li D, Wang Q. Arthroscopic treatment of Cedell fracture, Shepherd fracture, and avulsion fracture at the insertion of the calcaneofibular ligament: case report. *Front Surg*. 2025;12. DOI:10.3389/fsurg.2025.1490126.
17. Kasman UO, Korkmaz Ö. Comparison of arthroscopic microfracture and retrograde subchondral drilling in the treatment of osteochondral lesions of talus. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 2024;91(4):234-238. DOI:10.55095/ACHOT2024/031.
18. Dai X, Wang K, Xu C, Ding K, Zhang Y, Ding W. Short term efficacy of subtalar arthroscopy combined with medial calcaneal-talar joint distraction in minimally invasive treatment of diabetic patients with calcaneal fractures: a retrospective study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2024;25(1):1-2. DOI:10.1186/s12891-024-07960-7.
19. Rak V, Šrámek J, Ira D, Krtička M. Arthroscopic subtalar distraction arthrodesis in post-traumatic indications. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 2024;91(1):34-43. DOI:10.55095/achot2024/002.
20. Krivokapic B, DHooghe P, Bogosavljevic N, Jeremic D, Rajović N. Arthroscopic reduction and internal fixation for fracture of the posterior process of the talus (Shepherd's fracture): a case report. *J Med Case Rep*. 2024;18(1):1-2. DOI:10.1186/s13256-024-04652-7.
21. Jiménez-Almonte JH, King JD, Luo TD, Aneja A, Moghadamian E. Classifications in brief: Sanders classification of intraarticular fractures of the calcaneus. *Clin Orthop Relat Res*. 2019;477(2):467-471. DOI:10.1097/CORR.0000000000000539.
22. Li CCH, Lui TH. Endoscopic screw removal, debridement of the peroneal tendons and subtalar joint and lateral calcaneal osteotomy for management of chronic heel pain after calcaneal fracture. *Arthrosc Tech*. 2023;12(5):e661-e665. DOI: 10.1016/j.eats.2023.01.001.
23. Morimoto S, Morio F, Tachibana T, Iseki T. Lateral process fracture of the talus in a basketball player treated with arthroscopic reduction-internal fixation: a case report. *J Surg Case Rep*. 2024;2024(4):4-5. DOI:10.1093/jscr/rjae220.
24. Rungprai C, Maneerasopchoke P, Steadman J, Sripanich Y, Suksintharanon M. Bilateral os trigonum fracture treated with simultaneous posterior ankle arthroscopy. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev*. 2024;8(2). DOI:10.5435/JAOSGlobal-D-23-00237.
25. Sun B, Liu S, Xue X, Gao Y, Fu S, Wang P. Efficacy of arthroscopic internal fixation with countersunk screw in the treatment of talus fracture. *Afr Health Sci*. 2023;23(3):534-539. DOI:10.4314/ahs.v23i3.61.
26. Griffin JT, Landy DC, Mechas CA, Nazal MR, Foster JA, Moghadamian ES, et al. The Hawkins sign of the talus: the impact of patient factors on prediction accuracy. *J Bone Joint Surg Am*. 2024;106(11):958-965.
27. Sundararajan SR. Management of talar body fractures. *Indian J Orthop*. 2018;52:161-169.
28. Martin K, Yoder RG. Calcaneus fracture and posterior arthroscopic primary subtalar arthrodesis (C-PASTA). *JBJS Essent Surg Tech*. 2022;12(3). DOI:10.2106/JBJS.ST.21.00057.
29. Hu Y, Li Z, Wang Y, Zhang N, Xu W, Li X. Effect of percutaneous and arthroscopically assisted osteosynthesis of talar body fractures. *BMC Musculoskelet Disord*. 2022;23(1):1-2. DOI:10.1186/s12891-022-05991-6.
30. Dumbre Patil SS, Abane SR, Dumbre Patil VS, Nande PN. Open fracture dislocation of the talus with total extrusion: a case report. *Foot Ankle Spec*. 2014;7(5):427-431. DOI:10.1177/1938640014528040.
31. Worsham JR, Elliott MR, Harris AM. Open calcaneus fractures and associated injuries. *J Foot Ankle Surg*. 2016;55(1):68-71. DOI: 10.1053/j.jfas.2015.06.015.
32. Chang YJ, Hsu CH, Yen YH, Chen JH, Hsu SL. Open fracture dislocation of the talus with nearly total extrusion and with tri-malleolar fracture: a case report and literature review. *Medicine (Baltimore)*. 2025;104(33):e43827. DOI:10.1097/MD.00000000000043827.
33. Seaver TM, Zeller Z, Tornetta P, Marcantonio AJ, Ment AJ, Mir HR, et al. Sinus tarsi versus extensile lateral approach for calcaneal fractures: a multicenter study. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev*. 2025;9(11):2025. DOI:10.5435/JAOSGlobal-D-25-00313.
34. Gao D, Wong TM, Fang C, Leung FKL, Li X, Jia B, et al. Arthroscopic-assisted percutaneous fixation of intra-articular calcaneal fractures using an intraoperative distraction device. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2021;29(1):2021. DOI:10.1177/2309499020979095.
35. Yan D, Li H, Shao B, Jiang G, Yang J, Liu D, et al. Arthroscopic-assisted reduction plus internal fixation and traditional open reduction plus internal fixation for talus fractures: a comparative study. *Am J Transl Res*. 2022;14(5):3261.
36. Feng SM, Chen J, Ma C, Migliorini F, Oliva F, Maffulli N. Limited medial osteochondral lesions of the talus associated with chronic ankle instability do not impact the results of endoscopic modified Broström ligament repair. *J Orthop Surg Res*. 2022;17(1):1-2. DOI:10.1186/s13018-022-02968-y.
37. Hinckley NB, Hassebrock JD, Karsen PJ, Deckey DG, Fernandez A, Kile TA, et al. Talus visualization in ankle fractures: how much are we really seeing? *Orthop J Sports Med*. 2022;10(1):1-2. DOI:10.1177/23259671211066856.

38. Arshad Z, Aslam A, Iqbal AM, Bhatia M. Should arthroscopic bone marrow stimulation be used in the management of secondary osteochondral lesions of the talus? A systematic review. *Clin Orthop Relat Res*. 2022;482(6):1112-1125. DOI:10.1097/CORR.0000000000002134.
39. Allegra PR, Rivera S, Desai SS, Aiyer A, Kaplan J, Gross CE. Intra-articular calcaneus fractures: current concepts review. *Foot Ankle Orthop*. 2020;5(3). DOI:10.1177/2473011420927334.
40. Grün W, Molund M, Nilsen F, Stødle AH. Results after percutaneous and arthroscopically assisted osteosynthesis of calcaneal fractures. *Foot Ankle Int*. 2020;41(6):689-697. DOI:10.1177/1071100720914856.
41. Marouby S, Cellier N, Mares O, Kouyoumdjian P, Coulomb R. Percutaneous arthroscopic calcaneal osteosynthesis for displaced intra-articular calcaneal fractures: systematic review and surgical technique. *Foot Ankle Surg*. 2020;26(5):503-508. DOI: 10.1016/j.fas.2019.07.002.
42. Williams CE, Joo P, Oh I, Miller C, Kwon JY. Arthroscopically assisted internal fixation of foot and ankle fractures: a systematic review. *Foot Ankle Orthop*. 2021;6(1). DOI:10.1177/2473011420950214.
43. Gahlot N, Kunal K, Elhence A. Modified posterior 2-portal technique of arthroscopic subtalar joint arthrodesis: improved pain and functional outcome at mean 15 months follow-up. A case series. *Indian J Orthop*. 2022;56(11):1978-1984. DOI: 10.1007/s43465-022-00707-3.
44. Rammelt S, Amlang M, Barthel S, Gavlik JM, Zwipp H. Percutaneous treatment of less severe intraarticular calcaneal fractures. *Clin Orthop Relat Res*. 2010;468(4):983-990. DOI:10.1007/s11999-009-0964-x.
45. Rammelt S, Gavlik JM, Barthel S, Zwipp H. The value of subtalar arthroscopy in the management of intra-articular calcaneus fractures. *Foot Ankle Int*. 2002;23(10):906-916. DOI:10.1177/107110070202301004.
46. Woon CYL, Chong KW, Yeo W, Eng-Meng Yeo N, Wong MK. Subtalar arthroscopy and fluoroscopy in percutaneous fixation of intra-articular calcaneal fractures: the best of both worlds. *J Trauma*. 2011;71(4):917-925. DOI:10.1097/TA.0b013e318202f1d0.

Consideraciones perioperatorias en el paciente con diabetes tipo 2: Revisión narrativa

Perioperative Considerations in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: A Narrative Review

Danuil Julián Melo-Ascanio^{1,a}, Maria Alejandra Palacios-Rodríguez^{2,a}, Lesly Giovanna Maldonado-Burbano^{3,a}, Juan Camilo Arias-Pérez^{4,a}, Valentina Bravo-Echeverry^{5,a}, Ivonne Lorena Reina-Fonseca^{6,a}, Brayan Franchesco Nocua-Martínez^{7,a}, Ricardo Andrés Castillo-Rojas^{8,a}, Antonio José Carvajal-Mazuera^{9,a}

¹ Universidad Metropolitana. Barranquilla, Colombia.

² Universidad de Manizales. Manizales, Colombia.

³ Fundación Universitaria San Martín. Pasto, Colombia.

⁴ Universidad Cooperativa de Colombia. Medellín, Colombia.

⁵ Universidad Santiago de Cali. Cali, Colombia.

⁶ Fundación Universitaria Juan N. Corpas, Bogotá, Colombia.

⁷ Universidad de Santander (UDES). Bucaramanga, Colombia.

⁸ Universidad del Valle. Cali, Colombia.

⁹ Fundación Universitaria Autónoma de las Américas. Pereira, Colombia.

^a Médico.

Información del artículo

Citar como: Melo-Ascanio DJ, Palacios-Rodríguez MA, Maldonado-Burbano LG, Arias-Pérez JC, Bravo-Echeverry V, Reina-Fonseca IL, Nocua-Martínez BF, Castillo-Rojas RA, Carvajal-Mazuera AJ. Consideraciones perioperatorias en el paciente con diabetes tipo 2: Revisión narrativa. Health Care & Global Health.2026;10(3):252-260.

DOI: 10.22258/hgh.v10i3.475

Autor de Correspondencia

Danuil Julián Melo Ascanio
Dirección: Cl. 76 #42-78, Las Mercedes,
Barranquilla, Atlántico, Colombia
Email: djmldm01@gmail.com
Teléfono: 57 (300) 916-4224

Historial del artículo

Recibido: 25 de junio de 2026
Primera decisión editorial: 13 de julio de 2026
Versión revisada recibida: 19 de agosto de 2026.
Aceptado: 30 de agosto de 2026
Publicado en línea: 15 de septiembre de 2026

Proceso de revisión

Tipo de revisión: revisión editorial
Número de revisores externos: no aplica
Rondas de revisión: 1



Resumen

La diabetes mellitus tipo 2 (DMT2) plantea retos perioperatorios crecientes debido al uso extendido de terapias antidiabéticas modernas con beneficios cardiometabólicos, renales y ponderales, pero con implicaciones específicas para la seguridad anestésica y metabólica. Esta revisión narrativa integró evidencia clínica, farmacológica y perioperatoria sobre agonistas del receptor del péptido similar al glucagón tipo 1 (AR-GLP-1), agonistas duales GIP/GLP-1 e inhibidores del cotransportador sodio-glucosa tipo 2 (iSGLT2). Los AR-GLP-1 y agonistas GIP/GLP-1 se asocian con retraso del vaciamiento gástrico y mayor contenido gástrico residual, aunque la relación con aspiración pulmonar clínicamente significativa continúa siendo incierta. El ultrasonido gástrico puede apoyar la estratificación individual del riesgo en escenarios seleccionados. Por su parte, los iSGLT2 se vinculan con cetoacidosis diabética euglucémica, particularmente en presencia de ayuno, cirugía, infección, deshidratación o reducción de carbohidratos, lo que exige suspensión preoperatoria, vigilancia metabólica y reinicio diferido hasta lograr estabilidad clínica, euvolemia y tolerancia oral. La atención perioperatoria de la DMT2 debe superar el enfoque centrado exclusivamente en glucemia e incorporar conciliación farmacológica, evaluación multidisciplinaria y decisiones individualizadas según riesgo anestésico, metabólico y quirúrgico.

Palabras clave: Diabetes Mellitus Tipo 2; Atención Perioperatoria; Agonistas Receptor de Péptidos Similares al Glucagón; Inhibidores del Cotransportador de Sodio-Glucosa 2; Cetoacidosis Diabética (Fuente: DeCS, BIREME).

Abstract

Type 2 diabetes mellitus (T2DM) poses increasing perioperative challenges due to the widespread use of modern antidiabetic therapies with cardiometabolic, renal, and weight-related benefits, but also specific anesthetic and metabolic safety implications. This narrative review integrated clinical, pharmacological, and perioperative evidence on glucagon-like peptide-1 receptor agonists (GLP-1RA), dual GIP/GLP-1 agonists, and sodium-glucose cotransporter-2 inhibitors (SGLT2i). GLP-1RA and dual GIP/GLP-1 agonists are associated with delayed gastric emptying and increased residual gastric content, although their relationship with clinically significant pulmonary aspiration remains uncertain. Gastric ultrasound may support individualized risk stratification in selected settings. Conversely, SGLT2i are linked to euglycemic diabetic ketoacidosis, particularly during fasting, surgery, infection, dehydration, or carbohydrate restriction, requiring preoperative discontinuation, metabolic surveillance, and delayed reinitiation until clinical stability, euvolemia, and oral tolerance are achieved. Perioperative care in T2DM should move beyond a glucose-centered approach and incorporate medication reconciliation, multidisciplinary assessment, and individualized decision-making based on anesthetic, metabolic, and surgical risk.

Keywords: Diabetes Mellitus, Type 2; Perioperative Care; Glucagon-Like Peptide-1 Receptor Agonists; Sodium-Glucose Transporter 2 Inhibitors; Diabetic Ketoacidosis (Source: MeSH, NLM).

Introducción

La diabetes mellitus tipo 2 (DMT2) representa un desafío creciente para la medicina perioperatoria, no solo por su asociación con complicaciones vasculares, metabólicas e infecciosas, sino también porque los pacientes con esta condición tienen mayor probabilidad de requerir procedimientos quirúrgicos que aquellos sin diabetes. En la última década, el tratamiento de la DMT2 se ha desplazado hacia terapias con beneficios más allá del control glucémico, entre ellas los agonistas del receptor del péptido similar al glucagón tipo 1 (AR-GLP-1), los agonistas duales del polipéptido insulínotropo dependiente de glucosa/péptido similar al glucagón tipo 1 (GIP/GLP-1) y los inhibidores del cotransportador sodio-glucosa tipo 2 (iSGLT2). Estos fármacos se emplean cada vez más en escenarios de obesidad, enfermedad renal crónica e insuficiencia cardíaca, incluso en pacientes sin DMT2, lo que ha incrementado su presencia en salas de cirugía, endoscopia y procedimientos bajo sedación^{[1][2][3]}.

Desde la perspectiva anestésica y endocrinometabólica, los AR-GLP-1 y GIP/GLP-1 plantean un problema clínico particular: su efecto sobre la motilidad gástrica. Aunque este mecanismo contribuye a la saciedad y pérdida de peso, también puede favorecer el contenido gástrico residual pese a un ayuno aparentemente adecuado. El contenido gástrico residual clínicamente significativo se ha definido por ultrasonido gástrico como un volumen mayor de 1,5 mL/kg, y ha sido documentado en estudios endoscópicos y ecográficos en pacientes expuestos a estas terapias. Sin embargo, la traducción de este hallazgo a aspiración pulmonar clínicamente relevante sigue siendo incierta^{[4][5]}.

En contraste, los iSGLT2 concentran la preocupación perioperatoria en la cetoacidosis diabética euglucémica, una complicación infrecuente pero potencialmente grave, favorecida por ayuno, cirugía, infección, deshidratación o reducción de la ingesta de carbohidratos. Su presentación con glucemias normales o discretamente elevadas puede retrasar el diagnóstico, por lo que la sospecha clínica y la medición de cetonas séricas son elementos críticos^{[6][7]}. Los iSGLT2 se han asociado con un riesgo aproximadamente dos veces mayor de cetoacidosis euglucémica frente a los AR-GLP-1. Dado que las recomendaciones disponibles se sustentan principalmente en consensos de expertos, estudios observacionales y evidencia indirecta, esta revisión narrativa busca integrar las consideraciones perioperatorias más relevantes en pacientes con DMT2, con énfasis en seguridad anestésica, equilibrio metabólico, estratificación individual del riesgo y toma de decisiones multidisciplinaria.

Metodología

Diseño del estudio

Se desarrolló una revisión narrativa de la literatura orientada a integrar evidencia clínica, farmacológica y perioperatoria relacionada con la atención del paciente con DMT2 expuesto a terapias antidiabéticas modernas en el contexto quirúrgico y anestésico. Este diseño permitió sintetizar información procedente de estudios observacionales, revisiones sistemáticas, metaanálisis, consensos de sociedades científicas, documentos regulatorios y guías clínicas, con énfasis en tres dominios: riesgo de contenido gástrico residual y aspiración pulmonar asociado con AR-GLP-1 y agonistas GIP/GLP-1; riesgo de cetoacidosis euglucémica vinculado con iSGLT2; y recomendaciones prácticas para suspensión, continuidad, monitorización y reinicio farmacológico durante el periodo perioperatorio.

Fuentes de información y bases de datos

La búsqueda bibliográfica se realizó en bases de datos biomédicas y fuentes de literatura científica indexada: MEDLINE/PubMed, EMBASE, Cochrane Library, Web of Science, OVID, SciELO y ClinicalTrials.gov. Se incluyeron publicaciones en inglés y español. No se aplicaron restricciones temporales, con el fin de abarcar tanto estudios fundacionales sobre fisiología gastrointestinal, farmacología incretínica y metabolismo cetogénico, como evidencia reciente relacionada con seguridad perioperatoria, ultrasonido gástrico, aspiración pulmonar, suspensión preoperatoria de medicamentos y eventos metabólicos posquirúrgicos.

Términos MeSH y palabras clave

Para la búsqueda bibliográfica se emplearon términos controlados MeSH, descriptores equivalentes en español y palabras clave libres. Los descriptores se combinaron mediante operadores booleanos AND y OR, adaptando la sintaxis a cada base de datos consultada. Los principales términos MeSH utilizados fueron: *"Diabetes Mellitus, Type 2"*, *"Perioperative Care"*, *"Preoperative Care"*, *"Postoperative Complications"*, *"Glucagon-Like Peptide-1 Receptor Agonists"*, *"Sodium-Glucose Transporter 2 Inhibitors"*, *"Gastric Emptying"*, *"Ultrasonography"*, *"Diabetic Ketoacidosis"* y *"Pneumonia, Aspiration"*.

La búsqueda se complementó con términos libres relacionados con el tema del artículo: *"GLP-1 receptor agonists"*, *"semaglutide"*, *"liraglutide"*, *"dulaglutide"*, *"tirzepatide"*, *"residualgastriccontent"*, *"gastricultrasound"*, *"pulmonary aspiration"*, *"SGLT2 inhibitors"*, *"euglycemic diabetic ketoacidosis"*, *"perioperative management"*, *"anesthesia"*, *"sedation"*, *"fasting"*, *"diabetes surgery"* y *"perioperative medication management"*.

Una estrategia base para MEDLINE/PubMed fue la siguiente:

("Diabetes Mellitus, Type 2"[MeSH Terms] OR "type 2 diabetes" OR "DMT2") AND ("Perioperative Care"[MeSH Terms] OR "Preoperative Care"[MeSH Terms] OR "perioperative management" OR "anesthesia" OR "surgery") AND ("Glucagon-Like Peptide-1 Receptor Agonists"[MeSH Terms] OR "GLP-1 receptor agonists" OR semaglutide OR liraglutide OR dulaglutide OR tirzepatide OR "Sodium-Glucose Transporter 2 Inhibitors"[MeSH Terms] OR "SGLT2 inhibitors" OR empagliflozin OR dapagliflozin OR canagliflozin) AND ("Gastric Emptying"[MeSH Terms] OR "residual gastric content" OR "Ultrasonography"[MeSH Terms] OR "gastric ultrasound" OR "Pneumonia, Aspiration"[MeSH Terms] OR "Diabetic Ketoacidosis"[MeSH Terms] OR "euglycemic diabetic ketoacidosis").

Crterios de inclusi3n y exclusi3n

Se incluyeron estudios cl3nicos, revisiones sistem3ticas, metaan3lisis, revisiones narrativas, gu3as cl3nicas, consensos de sociedades cient3ficas y documentos regulatorios relacionados con el manejo perioperatorio de pacientes con diabetes mellitus tipo 2. Asimismo, se consideraron publicaciones que evaluaran el uso de agonistas de GLP-1, agonistas duales GIP/GLP-1 o inhibidores de SGLT2 en el contexto de ayuno, anestesia, sedaci3n, cirug3a, endoscopia o procedimientos invasivos.

Se incluyeron estudios que reportaran desenlaces relacionados con contenido g3strico residual, vaciamiento g3strico, aspiraci3n pulmonar, ultrasonido g3strico, cetoacidosis diab3tica eugluc3mica, complicaciones posoperatorias o seguridad farmacol3gica. Tambi3n se aceptaron art3culos que aportaran informaci3n sobre farmacocin3tica, farmacodinamia, eventos adversos, suspensi3n preoperatoria, continuidad terap3utica o reinicio posoperatorio de estas clases farmacol3gicas. Finalmente, se consideraron documentos de sociedades cient3ficas o agencias regulatorias que incluyeran recomendaciones expl3citas sobre el manejo perioperatorio de AR-GLP-1, agonistas GIP/GLP-1 o iSGLT2.

Se excluyeron los art3culos duplicados o aquellos sin acceso a texto completo. Tambi3n se descartaron publicaciones no relacionadas con diabetes mellitus tipo 2, farmacoterapia antidiab3tica moderna o medicina perioperatoria. Se dejaron fuera los estudios centrados exclusivamente en diabetes tipo 1, poblaci3n pedi3trica o embarazo, salvo que aportaran informaci3n mecan3stica relevante sobre cetoacidosis o seguridad farmacol3gica.

Asimismo, se excluyeron los reportes que no ofrecieran una descripci3n cl3nica suficiente para interpretar la exposici3n farmacol3gica, el contexto perioperatorio o los desenlaces. Finalmente, se descartaron publicaciones con limitaciones metodol3gicas sustanciales que comprometieran su aplicabilidad cl3nica, tales como ausencia de definici3n clara de la exposici3n, desenlaces no especificados o alto riesgo de sesgo no controlado.

Selecci3n de estudios y extracci3n de informaci3n

La selecci3n de la literatura se realiz3 mediante lectura escalonada de t3tulos, res3menes y textos completos. Los documentos potencialmente relevantes fueron revisados de acuerdo con su pertinencia cl3nica, actualidad, nivel de evidencia, coherencia metodol3gica y contribuci3n al objetivo de la revisi3n. La informaci3n se extrajo de forma estructurada, considerando autor, a3o, pa3s, dise3o del estudio, poblaci3n, tipo de intervenci3n o exposici3n farmacol3gica, contexto perioperatorio, desenlaces evaluados, medidas de asociaci3n, recomendaciones cl3nicas y limitaciones principales.

Los hallazgos se organizaron en ejes tem3ticos previamente definidos: farmacolog3a perioperatoria de AR-GLP-1, agonistas GIP/GLP-1 e iSGLT2; efectos sobre vaciamiento g3strico y contenido g3strico residual; aspiraci3n pulmonar y estrategias de mitigaci3n anest3sica; cetoacidosis eugluc3mica asociada con iSGLT2; recomendaciones de suspensi3n, continuidad y reinicio farmacol3gico; y brechas de conocimiento para investigaci3n futura.

Plan de an3lisis

El an3lisis se desarroll3 mediante s3ntesis narrativa, priorizando la integraci3n cr3tica de la evidencia sobre seguridad perioperatoria y aplicabilidad cl3nica. Las medidas estad3sticas reportadas por los estudios originales fueron consignadas sin recalcular estimadores y se presentaron de acuerdo con la informaci3n disponible, incluyendo odds ratio, riesgo relativo, hazard ratio, diferencias de medias, intervalos de confianza, valores de *p*, incidencias acumuladas y proporciones descriptivas.

La interpretaci3n de los resultados consider3 la jerarqu3a de la evidencia, consistencia entre estudios, plausibilidad biol3gica, magnitud del efecto, precisi3n de los estimadores y aplicabilidad a la pr3ctica perioperatoria. Cuando existieron discrepancias entre recomendaciones de sociedades cient3ficas, estas fueron analizadas en funci3n del nivel de evidencia, el contexto cl3nico, la seguridad anest3sica, el riesgo metab3lico y la necesidad de individualizar decisiones seg3n caracter3sticas del paciente, tipo de procedimiento y recursos institucionales.

Software utilizado

La gestión de referencias bibliográficas se realizó mediante Mendeley Desktop. La organización de matrices de extracción, síntesis de datos, comparación de recomendaciones y construcción de tablas se llevó a cabo en Microsoft Excel. La redacción final se estructuró en Microsoft Word, con revisión secuencial de consistencia terminológica, precisión conceptual y correspondencia entre objetivos, resultados y conclusiones.

Resultados y Discusión

1. Expansión terapéutica y relevancia perioperatoria de los nuevos antidiabéticos

La atención perioperatoria del paciente con DM2 atraviesa una etapa de transición clínica. El tratamiento farmacológico ya no se limita a la corrección de la hiperglucemia, sino que incorpora terapias con impacto en peso corporal, riesgo cardiovascular, progresión de enfermedad renal crónica e insuficiencia cardíaca. En este contexto, los AR-GLP-1, los agonistas GIP/GLP-1 y los iSGLT2 han adquirido un lugar predominante en la práctica clínica contemporánea. Su uso creciente, incluso en pacientes sin DM2, ha ampliado el espectro de sujetos expuestos a estos medicamentos en cirugía, endoscopia, radiología intervencionista y procedimientos bajo sedación. Esta expansión obliga a una valoración perioperatoria más sofisticada, orientada no solo al control glucémico, sino también a la interacción entre farmacología, ayuno, respuesta inflamatoria quirúrgica, riesgo anestésico y estabilidad metabólica^{[8][9]}.

Los AR-GLP-1 y los agonistas GIP/GLP-1 comparten una acción incretínica caracterizada por aumento de la secreción de insulina dependiente de glucosa, reducción del glucagón, incremento de la saciedad y enlentecimiento de la motilidad gástrica. Este último mecanismo, beneficioso para el control ponderal, adquiere una dimensión distinta en anestesiología, porque puede alterar la confiabilidad del ayuno convencional como marcador indirecto de estómago vacío. Entre los fármacos descritos se incluyen semaglutida, liraglutida y dulaglutida como AR-GLP-1, y tirzepatida como agonista GIP/GLP-1. La heterogeneidad farmacocinética es clínicamente relevante: semaglutida posee una vida media aproximada de siete días, dulaglutida de 4,5 días, tirzepatida de cinco días y liraglutida de trece horas. Estas diferencias explican por qué una recomendación uniforme de suspensión puede ser insuficiente y por qué la conducta perioperatoria debe considerar molécula específica, formulación, dosis, fase de titulación, indicación terapéutica y síntomas digestivos activos^{[10][11]}.

Los eventos adversos gastrointestinales constituyen un eje transversal en la seguridad perioperatoria de los AR-GLP-1 y agonistas GIP/GLP-1. Náuseas, pirosis, vómito, dispepsia, diarrea, dolor abdominal y síntomas obstructivos se concentran con mayor frecuencia al inicio del tratamiento o durante la escalada de dosis^[12]. Marso *et al.*, en el ensayo aleatorizado SUSTAIN-6, incluyeron 3297 pacientes con DM2 bajo tratamiento estándar y elevado riesgo cardiovascular, de los cuales el 83,0% tenía enfermedad cardiovascular establecida, enfermedad renal crónica o ambas, configurando una población con alto riesgo basal de eventos clínicos. Durante 104 semanas de seguimiento, semaglutida semanal demostró seguridad cardiovascular frente a placebo y redujo la ocurrencia de MACE-3 de 8,9% a 6,6%, con una reducción relativa del riesgo de 26% y una reducción absoluta de 2,3%, correspondiente a un número necesario a tratar cercano a 44 en dos años; HR 0,74; IC 95% 0,58–0,95; $p < 0,001$ para no inferioridad. No obstante, desde la perspectiva de seguridad farmacológica, los eventos gastrointestinales fueron más frecuentes con semaglutida que con placebo, 52% frente a 35%, lo que representa un incremento absoluto aproximado de 17 puntos porcentuales y un riesgo relativo cercano a 1,5; asimismo, la suspensión del tratamiento por eventos adversos ocurrió en 14% frente a 8%, con un incremento absoluto de 6 puntos porcentuales y un riesgo relativo aproximado de 1,75. Aunque estos datos no provienen de una cohorte quirúrgica ni permiten estimar directamente el riesgo de broncoaspiración, sí aportan una señal epidemiológica consistente de mayor carga gastrointestinal atribuible al tratamiento, clínicamente relevante para la evaluación preanestésica. Por tanto, en pacientes expuestos a agonistas del receptor GLP-1, la presencia de náuseas, vómito, plenitud posprandial, dispepsia o intolerancia digestiva no debería interpretarse como un efecto adverso menor, sino como un marcador clínico de posible retraso del vaciamiento gástrico y, en consecuencia, como una variable modificadora del riesgo anestésico asociado con contenido gástrico residual^[13].

2. AR-GLP-1 y GIP/GLP-1: contenido gástrico residual, aspiración pulmonar y ultrasonido gástrico

El hallazgo perioperatorio más relevante asociado con AR-GLP-1 y agonistas GIP/GLP-1 es la presencia de contenido gástrico residual en pacientes que, desde el punto de vista protocolario, cumplen criterios de ayuno adecuado. El contenido gástrico residual clínicamente significativo se ha definido mediante ultrasonido gástrico como un volumen mayor de 1,5 mL/kg. Estudios endoscópicos y ecográficos han documentado una mayor frecuencia de este hallazgo en usuarios de estas terapias, incluso después de ayunos de al menos ocho horas. Un

metaanálisis encontró que los pacientes sometidos a endoscopia y colonoscopia el mismo día tuvieron menor probabilidad de contenido gástrico residual, con OR 0,28 (IC95%: 0,22-0,36, $p < 0,001$). Este resultado sugiere que la preparación intestinal con laxantes osmóticos, sumada a un periodo más prolongado de restricción oral, podría favorecer el vaciamiento gástrico. Sin embargo, también subraya que el riesgo no depende exclusivamente del fármaco, sino de la interacción entre tipo de procedimiento, preparación previa, duración del ayuno, síntomas y comorbilidades que afectan la motilidad^[9].

Elkin *et al.*, en una revisión sistemática y metaanálisis publicada en 2025, evaluaron la asociación entre el uso perioperatorio de agonistas del receptor GLP-1 (AR-GLP-1), aspiración pulmonar y contenido gástrico residual (CGR) en pacientes en ayuno sometidos a procedimientos con anestesia o sedación. Tras tamizar 9010 estudios, se incluyeron 28 estudios observacionales, lo que sitúa la evidencia disponible en un nivel principalmente no experimental y susceptible a confusión residual. En el análisis agrupado de nueve estudios, con 185.414 pacientes y 471 eventos de aspiración pulmonar, la exposición a AR-GLP-1 no se asoció con mayor riesgo de aspiración, OR 1,04; IC 95% 0,87–1,25, con certeza baja de la evidencia; sin embargo, la baja frecuencia absoluta del desenlace limita la potencia para excluir incrementos clínicamente relevantes del riesgo. En contraste, el análisis de 18 estudios, con 165.522 pacientes y 3831 casos de CGR, mostró una asociación robusta entre exposición a AR-GLP-1 y mayor probabilidad de CGR pese a ayuno apropiado, OR 5,96; IC 95% 3,96–8,98, también con certeza baja. Adicionalmente, en cinco estudios con 1706 pacientes, la suspensión de al menos una dosis antes del procedimiento se asoció con menor probabilidad de CGR, OR 0,51; IC 95% 0,33–0,81, aunque con certeza muy baja. En consecuencia, la traducción clínica del CGR hacia aspiración pulmonar permanece incierta: la evidencia no permite clasificar de forma indiscriminada a todos los usuarios de AR-GLP-1 como pacientes con estómago lleno, pero tampoco justifica minimizar el riesgo en subgrupos con mayor vulnerabilidad, como aquellos en fase de escalada, dosis altas, formulaciones semanales, obesidad, DM2 de larga evolución, síntomas digestivos, gastroparesia conocida o exposición concomitante a medicamentos que reducen la motilidad gastrointestinal^[14].

El ultrasonido gástrico en el punto de atención emerge como una herramienta de estratificación dinámica del riesgo, particularmente útil cuando la historia clínica y el tiempo de ayuno no permiten inferir con seguridad el estado gástrico. Su principal valor consiste en identificar, el día del procedimiento, la presencia de contenido líquido o sólido capaz de modificar la estrategia anestésica.

En pacientes que continúan AR-GLP-1 o agonistas GIP/GLP-1, esta técnica puede reducir cancelaciones innecesarias y, al mismo tiempo, detectar escenarios en los que conviene modificar la inducción anestésica, diferir el procedimiento o preferir anestesia regional cuando sea factible. Sin embargo, su aplicación exige prudencia: el rendimiento depende del entrenamiento del operador, puede ser técnicamente más complejo en pacientes con obesidad y no reemplaza el juicio clínico. Se ha estimado que se requieren 33 exploraciones supervisadas para alcanzar una precisión de 95% en la evaluación cualitativa del contenido gástrico. El ultrasonido gástrico debe entenderse como un complemento de la valoración perioperatoria y no como una solución aislada al problema del riesgo de aspiración^[15].

Las recomendaciones de sociedades científicas revelan la tensión entre seguridad anestésica, continuidad terapéutica y calidad de la evidencia. El consenso multisocietario de 2024 propone una estrategia basada en evaluación individual y decisión compartida entre paciente, anestesiólogo, prescriptor y equipo quirúrgico. En pacientes sin factores de riesgo identificables, la terapia con AR-GLP-1 puede continuarse; en pacientes con mayor probabilidad de retraso del vaciamiento gástrico, se recomienda dieta líquida al menos 24 horas antes del procedimiento y considerar la suspensión según la guía de la Sociedad Americana de Anestesiología: omitir formulaciones diarias el día del procedimiento y suspender formulaciones semanales una semana antes. La Sociedad Europea de Anestesiología y Cuidado Intensivo adopta una posición más conservadora, con suspensión de formulaciones semanales al menos una semana antes, dieta líquida clara el día previo y recomendaciones más restrictivas cuando el uso es por control de peso. En contraste, el consenso multidisciplinario del Reino Unido favorece la continuidad, siempre que exista estratificación del riesgo y medidas de mitigación de aspiración. La variabilidad entre recomendaciones confirma que el campo permanece dominado por evidencia indirecta, consensos expertos y necesidad de estudios prospectivos de mayor calidad^{[2][16][17]}.

3. iSGLT2: cetoacidosis euglucémica, suspensión perioperatoria y reinicio seguro

El principal riesgo perioperatorio asociado con los iSGLT2 es la cetoacidosis diabética euglucémica, una complicación infrecuente, pero potencialmente grave y susceptible de retraso diagnóstico. Estos fármacos reducen la reabsorción renal de glucosa y promueven glucosuria; de forma paralela, disminuyen los niveles de insulina, aumentan el glucagón y favorecen lipólisis, gluconeogénesis hepática y cetogénesis. En condiciones estables, puede observarse una elevación leve de cetonas sin acidosis, fenómeno vinculado al propio

mecanismo de acción y posiblemente relacionado con los beneficios cardiorrenales. El riesgo aparece cuando esta predisposición farmacológica converge con detonantes perioperatorios: ayuno, cirugía, infección, deshidratación, baja ingesta de carbohidratos o reducción inapropiada de insulina. La presentación con glucemias normales o discretamente elevadas transforma esta complicación en un diagnóstico de alta sospecha clínica, más que en una entidad detectable mediante hiperglucemia franca^{[18][19]}.

Desde el punto de vista diagnóstico, la cetonuria no excluye de forma confiable la cetoacidosis asociada con iSGLT2, debido a posibles modificaciones en el manejo renal de los cuerpos cetónicos. Por ello, ante sospecha clínica, la evaluación debe centrarse en cetonas séricas, pH, bicarbonato y anión gap. Los criterios bioquímicos citados incluyen cetonas séricas mayores de 3 mmol/L, pH menor de 7,3, bicarbonato sérico menor de 15 mmol/L y anión gap mayor de 12 mmol/L. En el contexto posoperatorio, síntomas como náuseas, vómito, dolor abdominal, taquipnea, malestar general o deterioro clínico inexplicado deben activar la búsqueda de acidosis metabólica, incluso si la glucemia no se encuentra marcadamente elevada. Esto hace necesario evitar que la aparente estabilidad glucémica retrase una intervención terapéutica oportuna^{[20][21]}.

Las medidas epidemiológicas disponibles indican que el riesgo absoluto es bajo, pero clínicamente relevante. Una revisión sistemática de 194 publicaciones identificó 42 casos perioperatorios de cetoacidosis euglucémica asociados con iSGLT2. En estudios de cohorte, estos fármacos se asociaron con un riesgo aproximadamente dos veces mayor de cetoacidosis euglucémica en comparación con AR-GLP-1. De forma adicional, una revisión retrospectiva de 1307 pacientes tratados con iSGLT2 y sometidos a procedimientos quirúrgicos mostró una incidencia de 0,2% en cirugía electiva y de 1,1% en cirugía urgente, diferencia probablemente explicada por la imposibilidad de suspender oportunamente el medicamento antes de intervenciones no programadas. Si bien este evento es poco frecuente, aumenta cuando la exposición farmacológica coincide con estrés quirúrgico, ayuno, deshidratación o infección^{[22][23][24]}.

La prevención se fundamenta en suspensión preoperatoria, identificación de factores precipitantes y reinicio condicionado a estabilidad clínica. La Sociedad Europea de Anestesiología y Cuidado Intensivo recomienda suspender los iSGLT2 tres a cuatro días antes de cirugía electiva, mientras que la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos recomienda una suspensión de tres días. El consenso multidisciplinario del Reino Unido y la Agencia Reguladora de Medicamentos y Productos Sanitarios del Reino Unido

proponen suspenderlos desde el día previo; sin embargo, una revisión de casi 100 reportes de cetoacidosis perioperatoria sugirió que una suspensión superior a dos días se asoció con ausencia de nuevos eventos. Dado que la vida media de estos medicamentos se sitúa alrededor de 11 a 13 horas, una ventana de tres días, equivalente aproximadamente a cinco vidas medias, constituye una aproximación razonable para cirugía electiva. En cirugía urgente, preparación intestinal, infección activa, ayuno prolongado o baja reserva insulínica, la conducta debe desplazarse desde la simple suspensión hacia vigilancia metabólica activa^[25].

El reinicio de iSGLT2 en el posoperatorio no debe ser automático. La reintroducción se considera más segura cuando el paciente se encuentra clínicamente estable, eurolémico y con adecuada tolerancia oral. Este criterio adquiere importancia porque el posoperatorio temprano reúne múltiples estímulos cetogénicos: restricción calórica, ingesta irregular de carbohidratos, náuseas, dolor, infección, inflamación sistémica y ajustes en la terapia insulínica. En procedimientos endoscópicos con preparación intestinal, la continuidad inadvertida de iSGLT2 puede incrementar los niveles de cetonas, por lo que se requiere hidratación adecuada y vigilancia antes del egreso. La seguridad perioperatoria de los iSGLT2 no depende únicamente de suspender el fármaco antes de cirugía, sino de integrar prevención, monitorización dirigida, reconocimiento temprano de acidosis y reinicio condicionado a recuperación metabólica y nutricional^{[21][26]}.

En conjunto, los hallazgos revisados muestran que la medicina perioperatoria del paciente con DMT2 debe superar el paradigma centrado exclusivamente en la glucemia. Los AR-GLP-1 y agonistas GIP/GLP-1 desplazan la atención hacia motilidad gástrica, contenido residual y aspiración pulmonar; los iSGLT2 obligan a vigilar cetogénesis, anión gap y equilibrio ácido-base aun en ausencia de hiperglucemia. La evidencia actual continúa limitada por predominio de estudios observacionales, reportes de casos, metaanálisis con baja certeza para desenlaces infrecuentes y recomendaciones basadas en consenso. La aproximación más consistente con una práctica clínica basada en evidencia consiste en estratificar el riesgo individual, integrar al equipo quirúrgico y prescriptor, emplear ultrasonido gástrico cuando esté disponible y tomar decisiones farmacológicas según balance entre seguridad anestésica, control metabólico y preservación de beneficios cardiorrenales^{[27][28][29]}.

La toma de decisiones perioperatorias en pacientes con DMT2 requiere integrar la exposición farmacológica reciente con el perfil de riesgo anestésico, la urgencia del procedimiento, la presencia de síntomas digestivos, la estabilidad metabólica y la posibilidad de implementar

medidas de mitigación antes de cirugía o sedación. Esta aproximación permite diferenciar rutas clínicas según el mecanismo de riesgo predominante: alteración del vaciamiento gástrico en terapias incretínicas o

predisposición cetogénica en usuarios de iSGLT2, favoreciendo una conducta individualizada, anticipatoria y multidisciplinaria (Figura 1).

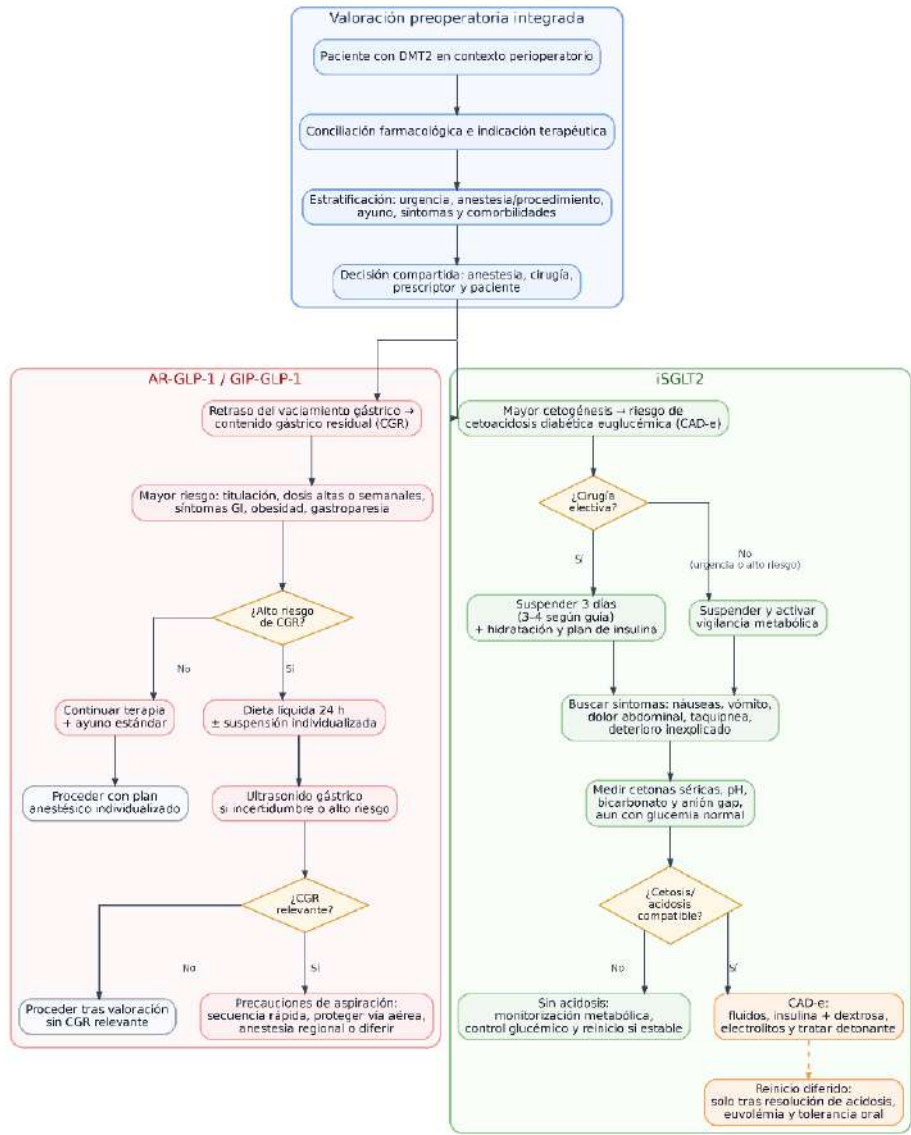


Figura 1. Algoritmo integrado para la evaluación perioperatoria del paciente con diabetes mellitus tipo 2 expuesto a terapias antidiabéticas modernas.

Algoritmo clínico de valoración perioperatoria para pacientes con DMT2, estructurado desde una evaluación preoperatoria integrada que inicia con la conciliación farmacológica, la identificación de la indicación terapéutica y la estratificación según urgencia del procedimiento, tipo de anestesia, ayuno, síntomas digestivos y comorbilidades relevantes. A partir de esta valoración inicial, el diagrama separa dos rutas de decisión: la primera corresponde a pacientes tratados con AR-GLP-1 o agonistas GIP/GLP-1, en quienes el eje de riesgo se centra en el retraso del vaciamiento gástrico, la presencia de CGR y la necesidad de definir continuidad terapéutica, dieta líquida previa, suspensión individualizada, ultrasonido gástrico o medidas de protección frente a aspiración; la segunda ruta aborda a los pacientes expuestos a iSGLT2, en quienes la prioridad es prevenir, sospechar y tratar CAD-e, diferenciando cirugía electiva de escenarios urgentes o de alto riesgo, con énfasis en suspensión preoperatoria, hidratación, plan de insulina, vigilancia metabólica, medición de cetonas séricas, pH, bicarbonato y anión gap, así como reinicio diferido una vez exista resolución de acidosis, euvolemia y tolerancia oral. Abreviaturas: DMT2, diabetes mellitus tipo 2; AR-GLP-1, agonistas del receptor del péptido similar al glucagón tipo 1; GIP/GLP-1, agonistas duales del polipéptido insulíntrópico dependiente de glucosa/péptido similar al glucagón tipo 1; iSGLT2, inhibidores del cotransportador sodio-glucosa tipo 2; CGR, contenido gástrico residual; GI, gastrointestinal; CAD-e, cetoadicidosis diabética euglicémica; pH, potencial de hidrógeno; h, horas.

Conclusiones

La atención perioperatoria del paciente con DMT2 exige una transición desde protocolos rígidos hacia modelos clínicos adaptativos, capaces de integrar farmacología contemporánea, trayectoria metabólica, tipo de procedimiento y disponibilidad institucional de recursos. En este escenario, la conciliación farmacológica deja de ser un acto administrativo y se convierte en una intervención de seguridad, donde la omisión de información sobre AR-GLP-1, GIP/GLP-1 o iSGLT2 puede modificar decisiones anestésicas, endocrinológicas y quirúrgicas.

El principal reto para los próximos años será construir rutas perioperatorias reproducibles que reduzcan variabilidad, eviten cancelaciones innecesarias y preserven los beneficios cardiometabólicos de estas terapias sin comprometer la seguridad inmediata. Para ello, se requieren algoritmos institucionales, educación dirigida al paciente, comunicación anticipada entre prescriptores y equipos quirúrgicos, y registros prospectivos que permitan transformar consensos expertos en recomendaciones sustentadas por desenlaces clínicos. La medicina perioperatoria de la DMT2 debe consolidarse como un espacio de decisión multidisciplinaria, preventiva y dinámica, más que como una simple corrección preoperatoria de la glucemia.

Información Complementaria

Contribución de los autores (Taxonomía CRediT):
DJMA: Conceptualización, metodología, administración

del proyecto, investigación y redacción – borrador original. LGM-B y JCAP: Investigación, curación de datos, metodología y redacción – borrador original. VBE e ILRF: Investigación, curación de datos y validación. BFNM y RACR: Investigación, visualización y redacción – revisión y edición. AJCM: Conceptualización, supervisión, metodología, validación y redacción – revisión y edición. Todos los autores: Revisión crítica del contenido y aprobación de la versión final del manuscrito.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Financiamiento: Autofinanciado.

Disponibilidad de datos: Todos los datos relevantes se incluyen en el manuscrito y en los anexos.

Agradecimientos: Ninguno.

Declaración de uso de herramientas de inteligencia artificial (IA): Los autores declaran que no se utilizaron herramientas de IA en ninguna etapa del trabajo. Todo el contenido fue elaborado, revisado, verificado y validado directamente por los autores, quienes asumen plena responsabilidad por la exactitud, integridad y originalidad del manuscrito.

En el proceso editorial, incluida la revisión por pares, se desarrolló conforme a la política de la revista sobre el uso responsable de herramientas de IA.

Referencias

1. Drayton DJ, Birch RJ, D'Souza-Ferrer C, Ayres M, Howell SJ, Ajan RA. Diabetes mellitus and perioperative outcomes: a scoping review of the literature. *Br J Anaesth*. 2022;128(5):817–828. DOI: 10.1016/j.bja.2022.02.013.
2. El-Boghdady K, Dhesei J, Fabb P, Levy N, Lobo DN, McKechnie A, et al. Elective peri-operative management of adults taking glucagon-like peptide-1 receptor agonists, glucose-dependent insulinotropic peptide agonists and sodium-glucose cotransporter-2 inhibitors: a multidisciplinary consensus statement. *Anaesthesia*. 2025;80(4):412–424. DOI: 10.1111/anae.16541.
3. Agarwal A, Mustafa R, Manja V, Agoritsas T, Macdonald H, Li S, et al. Cardiovascular, kidney related, and weight loss effects of therapeutics for type 2 diabetes: a living clinical practice guideline. *BMJ*. 2025;390:e082071. DOI: 10.1136/bmj-2024-082071.
4. Avraham SA, Hossein J, Somri F, Hawash N, Hochman O. Pulmonary aspiration of gastric contents in two patients taking semaglutide for weight loss. *Anaesth Reports*. 2024;12(1):12278. DOI: 10.1002/anr3.12278.
5. Sen S, Potnuru PP, Hernandez N, Goehl C, Praestholm C, Sridhar S, et al. Glucagon-Like Peptide-1 Receptor Agonist Use and Residual Gastric Content Before Anesthesia. *JAMA Surg*. 2024;159(6):660–667. DOI: 10.1001/jamasurg.2024.0111.
6. Lee YC, Wu LC, Wu VC, Chang CH. Comparative Effectiveness of Glucagon-Like Peptide-1 Receptor Agonists and Sodium/Glucose Cotransporter 2 Inhibitors in Preventing Chronic Kidney Failure and Mortality in Patients With Type 2 Diabetes and CKD. *Am J Kidney Dis*. 2025;86(3):301–313. e1. DOI: 10.1053/j.ajkd.2025.03.016.
7. Kalyani RR, Neumiller JJ, Maruthur NM, Wexler DJ. Diagnosis and Treatment of Type 2 Diabetes in Adults: A Review. *JAMA*. 2025;334(11):984–1002. DOI: 10.1001/jama.2025.5956.
8. Singh S, Rahman SH, Khan N, Rajagopal A, Shafique N, Tawde P, et al. Effects of glucagon-like peptide-1 receptor agonists on endoscopy outcomes: systematic review and meta-analysis. *Gastrointest Endosc*. 2025;101(2):343–349. e5. DOI: 10.1016/j.gie.2024.10.011.
9. Baig MU, Piazza A, Lahooti A, Johnson KE, Rangwani S, Gouda Z, et al. Glucagon-like peptide-1 receptor agonist use and the risk of residual gastric contents and aspiration in patients undergoing GI endoscopy: a systematic review and

- a meta-analysis. *Gastrointest Endosc.* 2025;101(4):762–771. e13. DOI: [10.1016/j.gie.2024.12.019](https://doi.org/10.1016/j.gie.2024.12.019).
10. Gentilella R, Pechtner V, Corcos A, Consoli A. Glucagon-like peptide-1 receptor agonists in type 2 diabetes treatment: are they all the same? *Diabetes Metab Res Rev.* 2019;35(1). DOI: [10.1002/dmrr.3070](https://doi.org/10.1002/dmrr.3070).
 11. Nauck MA, Quast DR, Wefers J, Meier JJ. GLP-1 receptor agonists in the treatment of type 2 diabetes – state-of-the-art. *Mol Metab.* 2021;46:1–2. DOI: [10.1016/j.molmet.2020.101102](https://doi.org/10.1016/j.molmet.2020.101102).
 12. Kuwata H, Yabe D, Murotani K, Fujiwara Y, Haraguchi T, Kubota S, et al. Effects of glucagon-like peptide-1 receptor agonists on secretions of insulin and glucagon and gastric emptying in Japanese individuals with type 2 diabetes: A prospective, observational study. *J Diabetes Investig.* 2021;12(12):2162–2171. DOI: [10.1111/jdi.13598](https://doi.org/10.1111/jdi.13598).
 13. Marso SP, Bain SC, Consoli A, Eliaschewitz FG, Jódar E, Leiter LA, et al. Semaglutide and Cardiovascular Outcomes in Patients with Type 2 Diabetes. *N Engl J Med.* 2016;375(19):1834–1844. DOI: [10.1056/NEJMoa1607141](https://doi.org/10.1056/NEJMoa1607141).
 14. Elkin J, Rele S, Sumithran P, Hii M, Thuraingam S, Spelman T, et al. Association between glucagon-like peptide-1 receptor agonist use and peri-operative pulmonary aspiration: a systematic review and meta-analysis. *Anaesthesia.* 2025;80(7):846–858. DOI: [10.1111/anae.16601](https://doi.org/10.1111/anae.16601).
 15. Messina A, Robba C, Bertuetti R, Biasucci D, Corradi F, Mojoli F, et al. Head to toe ultrasound: a narrative review of experts' recommendations of methodological approaches. *J Anesth Analg Crit Care.* 2022;2(1):44. DOI: [10.1186/s44158-022-00072-5](https://doi.org/10.1186/s44158-022-00072-5).
 16. Lamperti M, Romero CS, Guarracino F, Cammarota G, Vetrugno L, Tufegdzic B, et al. Preoperative assessment of adults undergoing elective noncardiac surgery: Updated guidelines from the European Society of Anaesthesiology and Intensive Care. *Eur J Anaesthesiol.* 2025;42(1). DOI: [10.1097/EJA.0000000000002069](https://doi.org/10.1097/EJA.0000000000002069).
 17. Kindel TL, Wang AY, Wadhwa A, Schulman AR, Sharaiha RZ, Kroh M, et al. Multi-society clinical practice guidance for the safe use of glucagon-like peptide-1 receptor agonists in the perioperative period. *Surg Endosc.* 2025;39(1):180–183. DOI: [10.1007/s00464-024-11263-2](https://doi.org/10.1007/s00464-024-11263-2).
 18. Milder TY, Greenfield JR, Milder DA. Peri-procedural ketoacidosis risk with sodium-glucose cotransporter 2 inhibitor use in people without diabetes. *Anaesthesia.* 2023;78(11):1418–1419. DOI: [10.1111/anae.16068](https://doi.org/10.1111/anae.16068).
 19. Oosterom-Eijmael MJP, Hermanides J, van Raalte DH, Hulst AH. Risk of perioperative discontinuation of SGLT2 inhibitors. *Br J Anaesth.* 2024;133(2):239–240. DOI: [10.1016/j.bja.2024.05.004](https://doi.org/10.1016/j.bja.2024.05.004).
 20. Raven LM, Muir CA, Greenfield JR. Sodium glucose cotransporter 2 inhibitor-induced ketoacidosis is unlikely in patients without diabetes. *Med J Aust.* 2023;219(7):293–294. DOI: [10.5694/mja2.52067](https://doi.org/10.5694/mja2.52067).
 21. Thiruvankatarajan V, Inglis JM, Meyer E, Umapathysivam MM, Nanjappa N, Van Wijk R, et al. Peri-colonoscopy Implications of Sodium-Glucose Cotransporter-2 Inhibitor Therapy: A Mini-review of Available Evidence. *Can J Diabetes.* 2023;47(3):287–291. DOI: [10.1016/j.cjcd.2022.12.003](https://doi.org/10.1016/j.cjcd.2022.12.003).
 22. Wen LY. Management of SGLT2-associated perioperative ketoacidosis (SAPKA) / Euglycemic Diabetic Ketoacidosis (EDKA). *J Clin Anesth.* 2025;105:111854. DOI: [10.1016/j.jclinane.2025.111854](https://doi.org/10.1016/j.jclinane.2025.111854).
 23. Schutte B, Savage K, Merwin M, Morris M, Geringer R, Dilsaver DB, et al. Euglycemic diabetic ketoacidosis: Rising incidence, diagnostic delays, and the impact of SGLT2 inhibitors in hospitalized patients. *J Hosp Med.* 2025;20(11):1202–1205. DOI: [10.1002/jhm.70015](https://doi.org/10.1002/jhm.70015).
 24. Auerbach JS, Alnajar A, Patel SS, Gershengorn HB, Lamelas J, Perez D, et al. Retrospective Chart Review of Euglycemic Diabetic Ketoacidosis Rates and Outcomes Postimplementation of Sodium Glucose Cotransporter 2 Inhibitor Use Stoppage 5 Days Before Open Heart Surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2025;39(6):1441–1450. DOI: [10.1053/j.jvca.2025.02.030](https://doi.org/10.1053/j.jvca.2025.02.030).
 25. Seki H, Ideno S, Shiga T, Watanabe H, Ono M, Motoyasu A, et al. Sodium-glucose cotransporter 2 inhibitor-associated perioperative ketoacidosis: a systematic review of case reports. *J Anesth.* 2023;37(3):465–473. DOI: [10.1007/s00540-023-03174-8](https://doi.org/10.1007/s00540-023-03174-8).
 26. Mehta PB, Robinson A, Burkhardt D, Rushakoff RJ. Inpatient Perioperative Euglycemic Diabetic Ketoacidosis Due to Sodium-Glucose Cotransporter-2 Inhibitors – Lessons From a Case Series and Strategies to Decrease Incidence. *Endocr Pract.* 2022;28(9):884–888. DOI: [10.1016/j.eprac.2022.06.006](https://doi.org/10.1016/j.eprac.2022.06.006).
 27. Hu R, Lu C, Liu Y, Yang M, Xing H, Dai K, et al. Euglycaemic diabetic ketoacidosis and its risk factors in patients undergoing coronary artery bypass grafting surgery: a single-centre nested case-control study in China. *BMJ Open.* 2025;15(8):e098758. DOI: [10.1136/bmjopen-2025-098758](https://doi.org/10.1136/bmjopen-2025-098758).
 28. Doroba O, Czupryniak L, Sanfilippo F, Andruszkiewicz P, Zawadka M. New therapeutic agents for type 2 diabetes: anaesthetic considerations. A narrative review. *Anaesthesiol Intensive Ther.* 2025;57(1):231–238. DOI: [10.5114/ait/208895](https://doi.org/10.5114/ait/208895).
 29. American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes. 16. Diabetes care in the hospital: Standards of Care in Diabetes—2026. *Diabetes Care.* 2026;49(Suppl 1):S339–S355. DOI: [10.2337/dc26-S016](https://doi.org/10.2337/dc26-S016).

Monitoreo hemodinámico en el paciente crítico y perioperatorio: actualización y nuevas herramientas disponibles

Hemodynamic Monitoring in Critically Ill and Perioperative Patients: An Update and Emerging Tools

Melissa Martínez-García^{1,a}, Erick Alfonso Jiménez-Zafra^{2,a}, German Eduardo Guarín-Aldana^{3,a}, Nury Carolina Ortega-Valenzuela^{4,a}, William David Coral-Yepes^{5,a}, Stefanya Geraldine Bermúdez-Moyano^{6,a}

¹ Clínica La Estancia, Servicio de Medicina Crítica y Cuidado Intensivo. Popayán, Colombia.

² Clínica Medicadiz, Servicio de Cirugía. Ibagué, Colombia.

³ Clínica Avidanti, Servicio de Medicina Crítica y Cuidado Intensivo. Ibagué, Colombia.

⁴ Fundación Hospital San Pedro, Servicio de Urgencias. Pasto, Colombia.

⁵ Fundación Hospital Universitario San José, Servicio de Urgencias. Popayán, Colombia.

⁶ Hospital Universitario del Valle, Servicio de Medicina Crítica y Cuidado Intensivo. Cali, Colombia.

^a Médico

Información del artículo

Citar como: Martínez-García M, Jiménez-Zafra EA, Guarín-Aldana GE, Ortega-Valenzuela NC, Coral-Yepes WD, Bermúdez-Moyano SG. Monitoreo hemodinámico en el paciente crítico y perioperatorio: actualización y nuevas herramientas disponibles. Health Care & Global Health. 2026;10(3):261-271.

DOI: 10.22258/hgh.v10i3.419

Autor de Correspondencia

Stefanya Geraldine Bermúdez-Moyano
Dirección: Hospital Universitario del Valle, Cali, Colombia.
Email: stephaniabz24@gmail.com
Teléfono: 3157889382

Historial del artículo

Recibido: 25 de marzo de 2026
Primera decisión editorial: 13 de abril de 2026
Versión revisada recibida: 29 de junio de 2026
Aceptado: 14 de agosto de 2026
Publicado en línea: 15 de septiembre de 2026

Proceso de revisión

Tipo de revisión: revisión editorial
Número de revisores externos: no aplica
Rondas de revisión: 1

Resumen

El monitoreo hemodinámico ha evolucionado desde una visión centrada en variables macrocirculatorias e invasivas hacia una aproximación más integral orientada a perfusión tisular, evaluación vascular no invasiva y predicción temprana del deterioro circulatorio. Esta revisión narrativa sintetiza la evidencia reciente sobre herramientas aplicables al paciente crítico y perioperatorio, con énfasis en la microcirculación, la monitorización continua de presión arterial sin línea invasiva y los modelos predictivos basados en inteligencia artificial. La literatura muestra que la alteración microvascular puede persistir pese a metas sistémicas aparentemente corregidas y aportar información pronóstica adicional. A su vez, las tecnologías cuffless y multimodales han ampliado las posibilidades de seguimiento continuo, aunque persisten limitaciones en calibración, precisión y reproducibilidad clínica. Los modelos predictivos han mejorado la detección anticipada de hipotensión intraoperatoria, pero su valor depende de integrarse a decisiones fisiológicamente dirigidas. En conjunto, estas herramientas redefinen el monitoreo hemodinámico como una estrategia multimodal, dinámica e individualizada.

Palabras clave: Monitoreo Hemodinámico; Microcirculación; Determinación de la Presión Arterial; Inteligencia Artificial; Monitoreo Intraoperatorio (Fuente: DeCS, BIREME).

Abstract

Hemodynamic monitoring has evolved from an approach centered on invasive macrocirculatory variables to a broader framework focused on tissue perfusion, noninvasive vascular assessment, and early prediction of circulatory deterioration. This narrative review summarizes recent evidence on tools applicable to critically ill and perioperative patients, with emphasis on microcirculatory monitoring, continuous noninvasive blood pressure assessment, and artificial intelligence based predictive models. Current literature shows that microvascular dysfunction may persist despite apparently corrected systemic targets and may provide additional prognostic information. At the same time, cuffless and multimodal technologies have expanded the possibilities for continuous monitoring, although important limitations remain regarding calibration, accuracy, and clinical reproducibility. Predictive models have improved the anticipation of intraoperative hypotension, but their usefulness still depends on integration with physiologically guided clinical decisions. Taken together, these advances support a transition from isolated parameter tracking to a multimodal, dynamic, and individualized hemodynamic monitoring strategy.

Keywords: Hemodynamic Monitoring; Microcirculation; Blood Pressure Determination; Artificial Intelligence; Monitoring, Intraoperative (Source: MeSH, NLM).



Introducción

El monitoreo hemodinámico constituye uno de los pilares del cuidado del paciente crítico y del paciente perioperatorio, porque permite integrar la información cardiovascular con la evaluación clínica de la perfusión y orientar intervenciones terapéuticas en tiempo real. Su verdadero valor no radica únicamente en registrar variables aisladas como la presión arterial o el gasto cardíaco, sino en interpretar si el aporte de oxígeno es suficiente para sostener la demanda tisular y si las medidas instauradas corrigen de manera efectiva la insuficiencia circulatoria. Esta visión es clínicamente relevante, ya que la reanimación guiada por objetivos hemodinámicos se ha vinculado con reducción de complicaciones posoperatorias, menor estancia hospitalaria y, en contextos seleccionados, menor carga de disfunción orgánica. En pacientes sometidos a cirugía mayor no cardíaca, las estrategias perioperatorias basadas en optimización hemodinámica han mostrado disminución de complicaciones globales, mientras que ensayos contemporáneos también han documentado beneficios sobre desenlaces como lesión renal aguda, edema pulmonar no cardiogénico e infección posoperatoria^{[1][2][3]}.

Pese a ello, el paradigma tradicional del monitoreo hemodinámico ha descansado durante décadas en variables macrocirculatorias y, con frecuencia, en dispositivos invasivos. El catéter de arteria pulmonar, el análisis invasivo de la onda de pulso y otras técnicas avanzadas han aportado información valiosa sobre precarga, gasto cardíaco y respuesta a fluidos, pero su adopción generalizada se ha visto limitada por el riesgo de complicaciones, la necesidad de entrenamiento especializado, el costo y una capacidad incompleta para representar la perfusión tisular real^{[4][5]}. Este problema se vuelve más evidente en estados como la sepsis y el shock distributivo, donde puede existir aparente normalización de variables globales mientras persisten alteraciones microcirculatorias y fracaso en la extracción celular de oxígeno. En ese escenario aparece la conocida disociación entre macrocirculación y microcirculación, que ayuda a explicar por qué alcanzar metas convencionales de presión arterial media, saturación venosa central o gasto cardíaco no siempre se traduce en restauración efectiva de la perfusión periférica ni en mejoría inmediata del metabolismo tisular^{[6][7]}.

Como respuesta a estas limitaciones, en los últimos años han emergido herramientas menos invasivas o no invasivas orientadas a caracterizar con mayor precisión la suficiencia circulatoria y anticipar el deterioro hemodinámico. Entre ellas se encuentran la evaluación de la microcirculación periférica mediante tiempo de relleno capilar, la espectroscopia de infrarrojo cercano para estimar oxigenación tisular, la monitorización

continua no invasiva de la presión arterial, las tecnologías de análisis avanzado de la onda de pulso y los índices funcionales que permiten estimar la respuesta a fluidos o al soporte vasopresor^{[8][9]}. De forma paralela, el desarrollo de modelos predictivos basados en inteligencia artificial y aprendizaje automático ha desplazado el foco desde la simple observación del estado hemodinámico actual hacia la identificación precoz de trayectorias de riesgo, en especial la predicción de hipotensión inminente. Algunos de estos modelos han alcanzado desempeños discriminativos altos en escenarios perioperatorios para hipotensión postinducción, y en ciertos estudios su incorporación a algoritmos preventivos ha reducido la frecuencia y duración de episodios hipotensivos intraoperatorios^{[10][11]}.

En este contexto, el monitoreo hemodinámico contemporáneo debe entenderse como una estrategia de apoyo para personalizar la reanimación, limitar intervenciones potencialmente nocivas y reconocer de forma más temprana la inestabilidad cardiovascular^{[4][8]}. El objetivo de esta revisión narrativa es describir los avances recientes en monitoreo hemodinámico del paciente crítico y perioperatorio, con énfasis en las nuevas herramientas para la evaluación de la perfusión tisular, la monitorización no invasiva de la presión arterial y los modelos predictivos basados en inteligencia artificial, así como sus potenciales aplicaciones y limitaciones en la práctica clínica.

Metodología

Se realizó una revisión narrativa de la literatura con el objetivo de sintetizar evidencia clínica y traslacional sobre las herramientas contemporáneas de monitoreo hemodinámico en el paciente crítico y perioperatorio, con énfasis en evaluación de la perfusión tisular, tecnologías no invasivas de presión arterial y modelos predictivos basados en inteligencia artificial.

Fuentes de información y estrategias de búsqueda

La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo en MEDLINE/PubMed, EMBASE, Cochrane Library, Web of Science, OVID, SciELO y ClinicalTrials.gov, incluyendo publicaciones en inglés y español. Se emplearon términos MeSH/DeCS y palabras clave libres combinados con operadores booleanos AND y OR. Entre los términos principales se incluyeron “Hemodynamic Monitoring”, “Microcirculation”, “Blood Pressure Determination”, “Artificial Intelligence”, “Monitoring, Intraoperative”, “tissue perfusion”, “cuffless blood pressure” y “hypotension prediction index”. La estrategia se complementó con revisión manual de referencias relevantes.

Criterios de selección y análisis

Se incluyeron revisiones, estudios observacionales, ensayos clínicos, investigaciones tecnológicas y estudios

experimentales que abordaran monitoreo hemodinámico, perfusión tisular, microcirculación, monitorización vascular no invasiva o modelos predictivos aplicados al entorno crítico y perioperatorio. Se excluyeron artículos duplicados, publicaciones sin texto completo y estudios con pertinencia temática limitada. La información se organizó en cuatro ejes: evolución conceptual del monitoreo hemodinámico, microcirculación y perfusión tisular, tecnologías no invasivas para evaluación vascular y presión arterial continua, e inteligencia artificial y modelos predictivos. La síntesis se desarrolló de forma narrativa, consignando las medidas de asociación y desempeño diagnóstico reportadas por los autores originales cuando estuvieron disponibles.

Resultados

Evolución del monitoreo hemodinámico en el paciente crítico y perioperatorio

La trayectoria del monitoreo hemodinámico en el paciente crítico y perioperatorio ha transitado desde un enfoque centrado casi exclusivamente en presión arterial, frecuencia cardíaca y variables macrocirculatorias, hacia una valoración más amplia del estado circulatorio, en la que importan tanto el flujo como la perfusión tisular y la respuesta a las intervenciones. Bouchez *et al.* describen que esta evolución comenzó con la consolidación histórica de la medición no invasiva de la presión arterial y progresó hacia plataformas que hoy agrupan tecnologías orientadas a presión, flujo, oxigenación tisular y ultrasonido, lo que refleja un cambio conceptual: ya no basta con cuantificar presión, sino que se requiere interpretar cómo esa presión se traduce en entrega de oxígeno y perfusión orgánica^[12]. En el entorno perioperatorio, Quintão *et al.* señalan que durante las últimas cinco décadas el monitoreo hemodinámico ha pasado de métodos invasivos a dispositivos mínimamente invasivos y no invasivos, integrando pruebas dinámicas de respuesta a fluidos, gasto cardíaco, volumen sistólico, marcadores de oxigenación tisular y ecocardiografía dentro de un enfoque multimodal. Esta transición no ha sido meramente tecnológica; ha respondido a una necesidad clínica concreta: reconocer de forma más temprana la inestabilidad cardiovascular y ajustar el tratamiento con mayor precisión^[13].

El modelo clásico se apoyó en herramientas invasivas como el catéter arterial, el catéter de arteria pulmonar y, más adelante, la termodilución transpulmonar, especialmente en cirugía de alto riesgo y en estados de choque complejos. Estas tecnologías aportaron mediciones continuas y una caracterización hemodinámica más estable, pero a costa de mayor invasividad, necesidad de entrenamiento y riesgo de complicaciones. Bouchez *et al.* destacan que el catéter arterial continúa siendo el estándar de referencia para

la monitorización invasiva de la presión arterial por su precisión y por permitir muestreo seriado, aunque su uso no está exento de sangrado, infección, trombosis o lesión nerviosa^[12]. En paralelo, Pinsky *et al.* recuerdan que una mayor invasividad suele ofrecer una visualización más granular del estado cardiovascular, pero también incrementa costos, artefactos y complejidad interpretativa; por eso, el beneficio clínico no depende del dispositivo aislado, sino de que la información obtenida conduzca a una intervención eficaz^[14]. Esta idea es consistente con las guías alemanas de Saugel *et al.*, que reservan la presión arterial continua invasiva para pacientes con riesgo elevado de inestabilidad o complicaciones relacionadas con hipotensión o hipertensión, y reconocen que los sistemas continuos no invasivos aún no son intercambiables con la medición intraarterial^[15].

El siguiente cambio relevante fue abandonar la dependencia de marcadores estáticos de precarga y adoptar una interpretación funcional de la hemodinámica. En este punto, el interés dejó de centrarse en “cuánto volumen tiene el paciente” para pasar a preguntarse “qué ocurrirá si administro fluidos o modifico el tono vascular”. Pinsky *et al.* sintetizan bien este viraje al mostrar que las variables dinámicas para predecir respuesta a fluidos permiten limitar la administración en pacientes no respondedores y reducir exposición innecesaria a vasopresores, mientras que la optimización perioperatoria guiada por objetivos mostró reducción de complicaciones en metaanálisis actualizados, con un riesgo relativo de 0,77 (IC 95%: 0,71–0,83). En esa misma línea, el ensayo OPTIMISE no alcanzó significación estadística para su desenlace compuesto, aunque mostró una reducción absoluta del riesgo de 6,8% (IC 95%: –0,3 a 13,9; $p=0,07$), y el estudio FEDORA encontró menor tasa de complicaciones posoperatorias con algoritmos que integraban presión arterial media y gasto cardíaco^[14]. Las guías de la Sociedad Europea de Medicina Intensiva (ESICM) 2025 consolidan esta evolución conceptual al recomendar variables dinámicas por encima de marcadores estáticos de precarga cuando sean aplicables, proponer la prueba de elevación pasiva de piernas en pacientes ventilados y señalar que el gasto cardíaco o el volumen sistólico deben monitorizarse cuando el paciente no responde a la terapia inicial. El monitoreo, entonces, deja de ser descriptivo y se convierte en una herramienta para probar hipótesis fisiológicas al lado de la cama^[16].

Más recientemente, la evolución del campo ha incorporado la perfusión periférica, la microcirculación, la oxigenación tisular y la predicción de eventos futuros. Las guías ESICM 2025 comparadas con el consenso de 2014 muestran con claridad este desplazamiento: ahora se propone vigilar perfusión cutánea mediante tiempo de relleno capilar, temperatura y moteado, complementar la valoración con saturación venosa central de oxígeno y diferencia

venoarterial de dióxido de carbono, e incluso considerar la evaluación de la microcirculación como adjunto a la valoración hemodinámica integral. Bouchez *et al.* añaden que la espectroscopia de infrarrojo cercano permite una estimación no invasiva de la oxigenación tisular y que, combinada con pruebas dinámicas como la prueba de oclusión vascular (VOT), puede explorar reactividad microvascular, aunque sigue siendo más útil como monitor de tendencia que como valor absoluto y sus dispositivos no son intercambiables^[16]. Visto en conjunto, el monitoreo hemodinámico moderno ha dejado de ser un inventario de números para convertirse en una lectura fisiológica escalonada, multimodal y cada vez más orientada a anticiparse al daño antes de que este se exprese clínicamente.

Monitoreo de la microcirculación y perfusión tisular

El monitoreo de la microcirculación y la perfusión tisular surge de una observación clínica decisiva: la normalización de la presión arterial, del gasto cardíaco o de otros parámetros macrocirculatorios no garantiza que el oxígeno llegue de manera efectiva al lecho capilar ni que la célula recupere su función metabólica. En sepsis, choque y cirugía mayor, esta pérdida de coherencia hemodinámica explica por qué algunos pacientes persisten con hipoperfusión, hiperlactatemia o disfunción orgánica pese a aparentes metas sistémicas alcanzadas. En este contexto, la videomicroscopía sublingual, la espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) y el VOT han permitido trasladar la evaluación de la perfusión desde el plano conceptual al escenario clínico real, haciendo posible detectar densidad capilar funcional reducida, heterogeneidad del flujo y falla de reactividad microvascular, hallazgos que no solo describen enfermedad, sino que también aportan información pronóstica y, de manera creciente, terapéutica^[17].

De Backer *et al.* sintetizan de forma clara el fundamento fisiopatológico de este campo al mostrar que, en sepsis, la alteración microvascular se caracteriza por disminución de la densidad vascular, reducción de la proporción de capilares perfundidos y marcada heterogeneidad entre territorios contiguos, incluso cuando la presión arterial y el gasto cardíaco ya han sido corregidos. Se destaca la magnitud de estas alteraciones, las cuales se asocian con peor pronóstico, y que los no sobrevivientes presentan menor proporción y densidad de capilares perfundidos y mayor heterogeneidad del flujo que los sobrevivientes, mientras la velocidad de los eritrocitos en los vasos aún perfundidos no necesariamente cambia, lo que sugiere que en este nivel predomina más el componente difusivo del transporte de oxígeno que el puramente convectivo. La mejoría temporal de la microcirculación acompaña a los pacientes que responden a la reanimación global, en contraste con quienes mantienen deterioro microvascular progresivo, reforzando la idea de que la microcirculación no es un epifenómeno, sino un determinante funcional del curso clínico^[17].

Cho *et al.* trasladaron esta lógica a un escenario perioperatorio mediante un estudio observacional prospectivo en cirugía cardíaca con circulación extracorpórea (CPB), en el que 109 pacientes completaron la evaluación seriada con NIRS y VOT para determinar si la reactividad microvascular intraoperatoria podía anticipar eventos adversos mayores (MAE). La incidencia de MAE fue de 29,4%, y la pendiente de recuperación del VOT durante la CPB mostró capacidad predictiva moderada para este desenlace, con un área bajo la curva ROC de 0,701 (IC 95%: 0,606–0,785; $p < 0,001$). Un punto de corte $< 1,08\%/s$ identificó pacientes con riesgo aumentado de MAE con sensibilidad de 62,5% y especificidad de 72,7%; a la vez, el grupo con peor reactividad presentó mayor frecuencia de lesión renal aguda, más MAE globales y peor perfil de gravedad posoperatoria. Esto demuestra que el valor no radica solo en proponer un predictor temprano, sino en mostrar que la agresión microvascular inducida por la CPB puede ser clínicamente visible antes de que aparezca la complicación manifiesta, lo que abre la posibilidad de una vigilancia intraoperatoria orientada a perfusión y no únicamente a presión^[18].

Domizi *et al.* exploraron después si esta información microcirculatoria podía modificarse con una intervención clínica concreta. En un estudio prospectivo observacional de 50 pacientes con sepsis o choque séptico febril tratados con acetaminofén (ACT), evaluaron la microcirculación sublingual mediante imagen de campo oscuro incidente y la perfusión muscular periférica con NIRS y VOT antes de la infusión, a los 30 minutos y a las 2 horas. Observaron a los 30 minutos un incremento significativo en la densidad de vasos perfundidos pequeños y totales, mejoría del índice de flujo microvascular (MFI), reducción de la heterogeneidad del flujo y aceleración de la curva de reperusión tras el VOT, compatible con mayor reactividad microvascular. Aunque no encontraron una correlación nítida con la hemoglobina libre plasmática, el trabajo sugiere que el ACT podría ejercer un efecto favorable sobre el endotelio y la perfusión capilar más allá de su acción antipirética. La lectura crítica aquí es obligada: al tratarse de un estudio observacional, sin grupo control y con variabilidad basal importante, estos hallazgos deben entenderse como señal biológica prometedora y no como prueba definitiva de beneficio terapéutico^[19].

Dyminski Parente Ribeiro *et al.* aportan una pieza distinta pero muy valiosa en esta evolución, al desarrollar un modelo murino mínimamente invasivo de videomicroscopía sublingual con técnica de campo oscuro lateral (SDF) para medir perfusión y vasomoción durante endotoxemia inducida por lipopolisacárido (LPS). En este estudio preclínico, los animales expuestos a LPS mostraron a los 90 minutos una disminución significativa de la proporción de vasos perfundidos y del MFI frente a controles, mientras que la vasomoción de muy baja frecuencia se conservó durante la endotoxemia,

sugiriendo una respuesta activa del tono microvascular ante el estrés inflamatorio. El mérito principal de este estudio busca ofrecer una plataforma translacional que aproxima el laboratorio a la cabecera del paciente: emplea una tecnología ya consolidada en humanos, evita la invasividad de la microscopía intravital clásica y permite estudiar de forma dinámica cómo aparecen precozmente los déficits de perfusión antes de que la falla orgánica sea evidente^[20].

Shao *et al.* se movieron un paso más allá del monitoreo y exploraron, en un modelo experimental en pabellón auricular de ratón, la posibilidad de intervenir de manera directa la hipoperfusión microvascular mediante pinzas ópticas. Su sistema logró redirigir eritrocitos hacia ramas con flujo insuficiente, con una mejoría media de la reperusión del 588% en cinco microvasos de bajo flujo y aumentos máximos de hasta 1900% en algunos trayectos; el efecto fue dependiente de la localización del láser y de la potencia aplicada, con mejor desempeño dentro de un rango de 200 a 550 mW, mientras potencias superiores podían atrapar eritrocitos en la entrada del vaso y agravar la obstrucción. Aunque esta estrategia no pertenece todavía al arsenal clínico del monitoreo hemodinámico, su valor conceptual es notable: demuestra que la hipoperfusión microvascular puede manipularse de forma precisa a nivel de rama vascular, algo que las estrategias macrocirculatorias tradicionales no consiguen. Desde la perspectiva de una revisión narrativa, este estudio funciona mejor como evidencia de frontera tecnológica que como herramienta aplicable hoy al paciente crítico^[21].

Wang *et al.* integraron finalmente la evaluación microcirculatoria con monitoreo neurofisiológico en una cohorte prospectiva de 200 pacientes neurocríticos con sepsis, con el objetivo de predecir encefalopatía asociada a sepsis (SAE) y desenlaces posteriores. El 67% desarrolló SAE, y estos pacientes presentaron valores significativamente menores de densidad de vasos perfundidos (PVD: $8,2 \pm 2,1$ frente a $12,4 \pm 2,8$ mm/mm²; $p < 0,001$) y de MFI ($1,8 \pm 0,6$ frente a $2,6 \pm 0,4$; $p < 0,001$) que quienes no desarrollaron SAE. La combinación de parámetros microcirculatorios con hallazgos de electroencefalografía continua (cEEG) alcanzó un área bajo la curva de 0,92 (IC 95%: 0,88–0,96) para predecir SAE y se asoció con mortalidad a 28 días mediante una razón de riesgo de 3,45 (IC 95%: 2,12–5,61; $p < 0,001$), junto con peor evolución neurológica a 90 días^[22]. Lo anterior sitúa a la microcirculación como marcador temprano de lesión orgánica específica, no solo como descriptor global del choque. Aun así, por tratarse de una cohorte de un solo entorno clínico, su aplicabilidad externa requiere validación adicional antes de extrapolar el modelo a otros subgrupos de sepsis.

Tecnologías no invasivas para evaluación vascular y presión arterial continua

El desarrollo de tecnologías no invasivas para evaluación vascular y monitorización continua de la presión arterial responde a una necesidad clínica concreta: obtener información hemodinámica frecuente o latido a latido sin exponer al paciente a los riesgos del acceso arterial y sin depender de mediciones intermitentes que pueden pasar por alto cambios transitorios, pero clínicamente relevantes. En este escenario han convergido varias rutas tecnológicas, entre ellas los sistemas basados en fotoplethismografía, análisis de morfología de la onda de pulso, tiempo de tránsito del pulso, bioimpedancia, tonometría, volumen de pinzamiento digital y, más recientemente, sensores acústicos intraauriculares y modelos de aprendizaje automático. La dirección del campo ya no está dada solo por la comodidad del dispositivo, sino por su capacidad para conservar validez fisiológica, mantener estabilidad frente a artefactos, reducir la dependencia de calibraciones frecuentes y demostrar precisión suficiente en condiciones dinámicas, no únicamente en reposo. Esa transición obliga a interpretar la evidencia con un criterio doble: qué tan prometedora es la innovación y qué tan cerca está de ser clínicamente confiable^{[23][24]}.

Henry *et al.* sitúan el marco general de esta discusión al mostrar que la medición cuffless de la presión arterial ha dejado de ser una curiosidad tecnológica para convertirse en un ecosistema heterogéneo de soluciones basadas en Fotoplethismografía (PPG), tonometría, electrocardiografía, procesamiento remoto por imagen, presión digital oscilométrica y otras aproximaciones híbridas, integradas incluso en teléfonos inteligentes y relojes. Su revisión subraya que el principal cuello de botella ya no es la capacidad de captar una señal biológica, sino traducirla de manera confiable a valores de presión arterial útiles en la práctica. Por eso, el procesamiento de señal, la mitigación de artefactos, la estandarización de protocolos y la validación frente a referencias adecuadas ocupan un lugar central. El mismo trabajo remarca que los dispositivos cuffless no miden presión arterial en mmHg de forma directa, sino que la estiman a partir de variables fisiológicas derivadas, lo que vuelve más compleja su validación que la de los dispositivos con manguito; en ese contexto, las normas del Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) publicadas desde 2014 y la norma ISO 81060-3 de 2022 representan pasos regulatorios relevantes, aunque todavía insuficientes para resolver la heterogeneidad tecnológica y clínica actual^[23].

Yang *et al.* profundizan esa misma preocupación desde una perspectiva clínica internacional y muestran que el atractivo de estos dispositivos para pacientes y médicos, por comodidad, portabilidad y posibilidad de monitorización prolongada, contrasta con vacíos todavía importantes en exactitud, calibración, equidad y despliegue clínico. La revisión destaca que la mayoría de

dispositivos actualmente disponibles se basan en análisis de la onda de pulso (PWA) derivada de PPG, con o sin electrocardiografía, y requieren calibración individual con medición convencional por manguito; en consecuencia, muchos de ellos siguen mejor los cambios relativos respecto al punto calibrado que la presión arterial absoluta. También se señala que tecnologías emergentes como presión digital oscilométrica y ultrasonido podrían reducir la dependencia de calibración, aunque su validez aún no está firmemente establecida. Un hallazgo particularmente relevante para la práctica es que la autocalibración puede introducir errores clínicamente significativos: en un estudio citado por los autores, la calibración realizada por los propios participantes generó fluctuaciones de hasta 10 mmHg en la presión sistólica de sujetos hipertensos, lo que ilustra que la facilidad de uso no garantiza fiabilidad diagnóstica ni seguridad terapéutica^[24].

Chandrasekhar *et al.* aportan una observación metodológica decisiva para cualquier tecnología basada en PPG: la presión de contacto del sensor modifica de forma sustancial la señal y puede distorsionar la estimación de presión arterial incluso en ausencia de cambios hemodinámicos reales. En 17 sujetos sanos, al variar progresivamente la presión de contacto del sensor sobre un rango fisiológico, la desviación máxima del PAT detectado en el pie y en el pico de la onda fue de 22 ± 2 ms y 40 ± 7 ms, diferencias que, según la literatura citada por los autores, equivaldrían aproximadamente a errores de 11 y 20 mmHg, respectivamente. El comportamiento del PAT medido en el pie mostró una relación en U con la presión de contacto, con un mínimo cercano a la presión diastólica digital, apoyando la idea de que la interacción entre pared arterial, presión transmural y propiedades viscoelásticas modifica no solo la amplitud de la onda, sino también sus marcas temporales. Desde la perspectiva clínica, el mensaje es directo: cualquier plataforma cuffless basada en PPG que no controle o no incorpore la presión de contacto en su modelo de calibración arrastra una fuente de sesgo potencialmente incompatible con los límites regulatorios habituales de error^[25].

Natarajan *et al.* trasladan esta discusión desde el artefacto hacia la extracción de información útil de la propia morfología de la onda y evaluaron si ciertos intervalos rápidos de ascenso del PPG añadían valor real a la estimación de cambios de presión arterial tras calibración. En 32 sujetos humanos, de los cuales 25% eran hipertensos, estudiados antes y después de respiración lenta, aritmética mental, prueba de frío y administración de nitroglicerina, construyeron modelos parsimoniosos con validación leave-one-subject-out. La incorporación del intervalo b-time del dedo y del parámetro Tiempo de tránsito segmentario (STT) del oído, combinados con Tiempo de llegada del pulso (PAT), redujo el error cuadrático medio para presión sistólica

en 6 a 7% respecto a modelos de referencia sin estas características, con significación estadística ($p < 0,022$), mientras que STT auricular junto con el ancho de pulso redujo el error para presión diastólica en 13% ($p = 0,003$). No obstante, los mismos autores muestran el otro lado del problema: cuando aplicaron su modelo de PPG a variaciones de presión de contacto fisiológica, la presión sistólica predicha cambió $12,0 \pm 1,7$ mmHg, frente a $7,2 \pm 0,7$ mmHg con el modelo de referencia basado en PAT, lo que indica que el refinamiento morfológico puede mejorar la sensibilidad al cambio hemodinámico, pero también aumentar la vulnerabilidad a condiciones de medición no controladas^[26].

Zhang *et al.* avanzan hacia una arquitectura más integradora mediante un sistema de adquisición simultánea de ECG, PPG y cardiografía por impedancia (ICG) diseñado para monitorización continua de presión arterial. En 40 voluntarios sanos recopilaban 400 minutos de señales y 4390 registros, y compararon distintos enfoques para predicción de presión arterial, encontrando que la combinación de características de PWA con un modelo XGBoost ofreció el mejor rendimiento. La media del error absoluto fue de $3,76 \pm 3,98$ mmHg para presión sistólica y $2,71 \pm 2,57$ mmHg para presión diastólica, con desempeño grado A según el estándar BHS. El aporte conceptual de este trabajo radica en que la incorporación de ICG añade información hemodinámica más cercana a volumen sistólico, gasto cardíaco y fases de eyección, superando la visión reducida de los sistemas centrados exclusivamente en la onda periférica. Aun así, el propio artículo reconoce una limitación importante para la aplicabilidad inmediata: el sistema sigue siendo más complejo y menos compacto que muchas soluciones comerciales basadas solo en PPG, lo que deja planteada la tensión entre precisión fisiológica y portabilidad cotidiana^[27].

Joung *et al.* evaluaron otro problema central del monitoreo continuo no invasivo: si un modelo basado en PPG puede sostener precisión razonable cuando la presión arterial del mismo sujeto cambia de forma marcada a lo largo del tiempo. Para ello desarrollaron PPG2BP-Net, una red neuronal convolucional con calibración, entrenada y validada de manera independiente por sujeto a partir de 4185 individuos seleccionados entre 25 779 casos quirúrgicos. En la cohorte de 629 sujetos analizada a los 20 minutos de la inserción de línea arterial, el modelo logró errores medios de $0,209 \pm 7,509$ mmHg para presión sistólica y $0,150 \pm 4,549$ mmHg para presión diastólica, pese a una alta variabilidad intraindividual reflejada por valores SDS de 15,375 y 8,745, respectivamente. El valor de esta propuesta no solo está en la magnitud del error, sino en haber abordado un escenario que con frecuencia queda subrepresentado en la literatura: el seguimiento de presiones variables en modelos no dependientes del mismo sujeto. Aun así, sus resultados provienen de

un entorno perioperatorio altamente monitorizado y con referencia invasiva, de modo que la extrapolación al uso ambulatorio cotidiano exige cautela^[28].

Ciesielski *et al.* exploran una vía distinta a la óptica periférica mediante *infrasonic hemodynography*, una tecnología intraauricular que capta vibraciones de baja frecuencia con micrófonos ubicados en el conducto auditivo. En 18 sujetos sometidos a cateterismo cardiaco, la señal obtenida mostró una correlación media de $r = 0,95$ con la onda de presión aórtica invasiva y una diferencia en el tiempo de apertura valvular aórtica de $1,6 \pm 12,1$ ms respecto al catéter, hallazgo que respalda un origen central más que periférico de la señal. En el subgrupo de 12 pacientes con registro suficiente para modelado, la desviación estándar de las diferencias entre la presión predicha y la de referencia fue de 4,1 mmHg para sistólica y 2,4 mmHg para diastólica usando datos de cateterismo, y de 5,8 mmHg y 3,7 mmHg, respectivamente, usando la propia señal intraauricular. La relevancia de esta aproximación reside en que intenta capturar una firma hemodinámica más próxima a la presión central y menos dependiente del lecho vascular periférico. Su limitación, también explícita, es que la calidad del registro depende de forma crítica del ajuste y sellado del audífono, de la anatomía del conducto auditivo y de la estabilidad del prototipo, variables que todavía impiden asumir un rendimiento homogéneo fuera de condiciones controladas^[29].

Inteligencia artificial y modelos predictivos en monitoreo hemodinámico

La inteligencia artificial (IA) ha incorporado al monitoreo hemodinámico una capacidad que antes era limitada: anticipar la hipotensión antes de su manifestación clínica. Su interés no radica solo en identificar un descenso inminente de la presión arterial media, sino en permitir una intervención más temprana y fisiológicamente dirigida. Aun así, la utilidad real de estos modelos depende de dos condiciones: mantener un buen rendimiento predictivo en escenarios clínicos variables y demostrar que esa anticipación modifica desenlaces relevantes, no únicamente métricas del monitoreo^{[10][30]}.

Mohammadi *et al.*, en una revisión sistemática con metaanálisis de 43 estudios, mostraron que el Hypotension Prediction Index (HPI) alcanzó un AUROC agrupado de 0,89 entre 5 y 15 minutos antes de la hipotensión intraoperatoria, mientras que otros modelos predictivos lograron un AUROC de 0,79 (IC 95%: 0,74–0,83). El uso de HPI se asoció también con menor duración de hipotensión, menor time-weighted average de presión arterial media <65 mmHg y menor carga total de episodios hipotensivos, aunque los autores advierten heterogeneidad metodológica y posible sesgo de publicación. En una línea similar, Pilakouta Depaskouale *et al.* confirmaron que los algoritmos guiados por HPI

reducen la exposición a hipotensión intraoperatoria, con diferencias significativas en TWA-MAP<65, número de episodios y duración acumulada, aunque sin evidencia sólida y consistente de mejoría sobre desenlaces clínicos mayores^{[10][31]}.

La interpretación de estos hallazgos exige cautela. Jacquet-Lagrèze *et al.* demostraron que un modelo matemático más simple, basado en extrapolación lineal de la presión arterial media, alcanzó AUROC de 0,87, 0,81 y 0,69 a 1, 2 y 5 minutos antes del evento hipotensivo, lo que recuerda que el valor de la IA debe compararse con estrategias fisiológicas razonables y no solo con predictores débiles. En paralelo, Brusasco *et al.* observaron en pacientes sometidos a cistectomía radical que una estrategia proactiva guiada por HPI redujo el número, duración y severidad de episodios hipotensivos, con menor frecuencia de complicaciones infecciosas y menor estancia hospitalaria; aun así, otros ensayos no han mostrado beneficios consistentes sobre complicaciones posoperatorias^{[30][32][33]}. Lo anterior apoya a la IA como sistema de alerta temprana con capacidad para disminuir la carga de hipotensión, aunque su mejor papel actual parece ser complementar la interpretación hemodinámica individualizada más que reemplazar el juicio clínico.

La evidencia reunida muestra que la modernización del monitoreo hemodinámico no depende de una sola tecnología, sino de la convergencia entre herramientas capaces de explorar perfusión tisular, registrar señales vasculares de manera menos invasiva y anticipar trayectorias de deterioro circulatorio mediante modelos analíticos cada vez más complejos. Esta progresión metodológica permite apreciar mejor la relación entre factibilidad técnica, rendimiento diagnóstico y aplicabilidad clínica en escenarios críticos y perioperatorios (Tabla 1).

Conclusiones

El monitoreo hemodinámico contemporáneo ya no puede entenderse como la simple recolección seriada de variables cardiovasculares. Su desarrollo reciente apunta a una integración progresiva entre fisiología, tecnología y analítica predictiva, en la que el valor clínico proviene de interpretar el riesgo circulatorio en varios niveles, desde el lecho microvascular hasta la probabilidad de eventos inminentes durante el acto perioperatorio o la enfermedad crítica.

La verdadera proyección de este campo dependerá menos de la novedad de cada dispositivo y más de su capacidad para incorporarse a decisiones clínicas oportunas, reproducibles y contextualizadas. En esa transición, el reto no es solo medir mejor, sino reconocer qué información modifica conductas, en qué

Tabla 1. Estudios seleccionados sobre microcirculación, tecnologías no invasivas e inteligencia artificial aplicadas al monitoreo hemodinámico.

Sección	Autor principal	Diseño	Muestra	Objetivo	Hallazgos principales	Referencia
Microcirculación y perfusión tisular	De Backer	Revisión narrativa	No aplica	Revisar la fisiopatología y evaluación microcirculatoria en sepsis.	La alteración microvascular se caracteriza por menor densidad capilar, menor perfusión y mayor heterogeneidad del flujo, asociadas con peor pronóstico.	[17]
Microcirculación y perfusión tisular	Cho	Observacional prospectivo	109 pacientes	Determinar si la reactividad microvascular intraoperatoria predice eventos adversos en cirugía cardíaca con CPB.	La pendiente de recuperación del VOT durante CPB predijo MAE con AUROC 0,701; punto de corte <1,08%/s, sensibilidad 62,5% y especificidad 72,7%.	[18]
Microcirculación y perfusión tisular	Domizi	Observacional prospectivo	50 pacientes	Evaluar el efecto del acetaminofén sobre microcirculación en sepsis y choque séptico.	Mejoraron la densidad vascular perfundida, el MFI y la reactividad microvascular periférica tras la intervención.	[19]
Microcirculación y perfusión tisular	Dyminski Parente Ribeiro	Experimental preclínico	6 ratones	Desarrollar un modelo murino para evaluar perfusión sublingual y vasomoción en endotoxemia.	El LPS redujo PPV y MFI; el modelo fue factible para estudiar alteraciones microcirculatorias tempranas.	[20]
Microcirculación y perfusión tisular	Shao	Experimental in vivo	Modelo murino	Explorar si las pinzas ópticas pueden restaurar flujo en microvasos hipoperfundidos.	La redirección de eritrocitos mejoró la reperusión en ramas de bajo flujo, como prueba de concepto terapéutica.	[21]
Microcirculación y perfusión tisular	Wang	Observacional prospectivo	200 pacientes	Evaluar parámetros microcirculatorios y cEEG para predecir SAE y pronóstico.	La combinación de microcirculación y cEEG alcanzó AUC 0,92 y se asoció con mortalidad a 28 días, HR 3,45.	[22]
Tecnologías no invasivas	Henry	Revisión narrativa	No aplica	Revisar tecnologías cuffless para monitorización de presión arterial.	Las plataformas son prometedoras, aunque persisten limitaciones en precisión, calibración, estandarización y regulación.	[23]
Tecnologías no invasivas	Yang	Revisión clínica	No aplica	Analizar la utilidad clínica y limitaciones de los dispositivos cuffless.	Muchos dispositivos siguen mejor los cambios relativos que la presión absoluta; la autocalibración puede inducir errores relevantes.	[24]
Tecnologías no invasivas	Chandrasekhar	Experimental en humanos	17 voluntarios	Evaluar el efecto de la presión de contacto del sensor PPG sobre PAT.	La presión de contacto alteró significativamente el PAT, con errores equivalentes aproximados de 11 a 20 mmHg.	[25]
Tecnologías no invasivas	Natarajan	Experimental con validación cruzada	32 sujetos	Desarrollar modelos basados en morfología de PPG para estimar cambios de presión arterial.	La incorporación de parámetros morfológicos redujo el error en PAS y PAD, aunque con sensibilidad a condiciones de medición.	[26]
Tecnologías no invasivas	Zhang	Desarrollo tecnológico	40 voluntarios	Diseñar un sistema ECG-PPG-ICG para monitorización continua de presión arterial.	El modelo con PWA y XGBoost logró un error absoluto medio de 3,76 mmHg en PAS y 2,71 mmHg en PAD.	[27]
Tecnologías no invasivas	Joung	Desarrollo y validación de red neuronal	4185 sujetos; 629 analizados	Desarrollar un modelo basado en PPG para estimar presión arterial con alta variabilidad intraindividual.	PPG2BP-Net mostró errores medios de $0,209 \pm 7,509$ mmHg en PAS y $0,150 \pm 4,549$ mmHg en PAD.	[28]

Tecnologías no invasivas	Ciesielski	Validación tecnológica	18 sujetos; 12 para modelado	Evaluar la infrasonic hemodynography intraauricular para monitorización no invasiva de presión arterial.	La señal mostró correlación $r = 0,95$ con la presión aórtica invasiva; error bajo en la estimación de PAS y PAD.	[29]
IA y modelos predictivos	Mohammadi	Revisión sistemática y metaanálisis	43 estudios	Cuantificar la capacidad predictiva de modelos de IA para hipotensión intraoperatoria.	HPI mostró AUROC agrupado de 0,89; otros modelos, AUROC 0,79; se observó menor carga de hipotensión con HPI.	[10]
IA y modelos predictivos	Pilakouta Depaskouale	Revisión sistemática y metaanálisis	14 estudios	Evaluar si HPI reduce la hipotensión intraoperatoria.	Redujo TWA-MAP<65, número de episodios y duración acumulada de hipotensión.	[31]
IA y modelos predictivos	Jacquet-Lagréze	Retrospectivo de exactitud diagnóstica	83 pacientes	Comparar LepMAP con variación de MAP para predecir hipotensión.	LepMAP mostró AUROC de 0,87, 0,81 y 0,69 a 1, 2 y 5 minutos, respectivamente.	[33]
IA y modelos predictivos	Brusasco	Prospectivo antes-después	132 pacientes	Comparar estrategia guiada por HPI frente a GDT en cistectomía radical.	HPI redujo número, duración y severidad de episodios hipotensivos, con menor tasa de infección y estancia hospitalaria.	[30]
IA y modelos predictivos	Pilakouta Depaskouale	Ensayo clínico aleatorizado	No precisado en el fragmento revisado	Evaluar HPI en cirugía de columna en decúbito prono.	No redujo de forma significativa el TWA de hipotensión ni mostró diferencias claras en complicaciones posoperatorias.	[32]

Descripción: Comparación de los estudios incluidos sobre microcirculación y perfusión tisular, tecnologías no invasivas para evaluación vascular y presión arterial continua, e inteligencia artificial aplicada al monitoreo hemodinámico. Se integran el diseño metodológico, la población analizada, el objetivo de cada investigación y sus principales hallazgos, lo que permite apreciar la progresión del campo desde la evaluación fisiopatológica de la perfusión hasta el desarrollo de herramientas predictivas orientadas a optimizar la toma de decisiones clínicas. Abreviaturas: CPB, circulación extracorpórea; NIRS, espectroscopia de infrarrojo cercano; VOT, prueba de oclusión vascular; MAE, eventos adversos mayores; MFI, índice de flujo microvascular; LPS, lipopolisacárido; PPV, proporción de vasos perfundidos; SAE, encefalopatía asociada a sepsis; cEEG, electroencefalografía continua; PPG, fotopletimografía; PAT, tiempo de llegada del pulso; PTT, tiempo de tránsito del pulso; STT, slope transit time; ECG, electrocardiografía; ICG, bioimpedancia cardiaca; PWA, análisis de la onda de pulso; BHS, British Hypertension Society; IA, inteligencia artificial; HPI, Hypotension Prediction Index; AUROC, área bajo la curva receiver operating characteristic; TWA-MAP<65, promedio ponderado en el tiempo de presión arterial media menor de 65 mmHg; GDT, goal-directed therapy.

pacientes aporta beneficio y bajo qué condiciones su implementación puede traducirse en una monitorización más precisa, prudente e individualizada.

Informacion Complementaria

Contribución de los autores (Taxonomía CrediT): MMG, EAJZ, GEGA, NCOV y WDCY participaron en: Conceptualización, curación de datos/literatura, investigación, metodología, validación y redacción del borrador original. SGBM participó en: Conceptualización, curación de datos/literatura, investigación, metodología, administración del proyecto, supervisión, validación, redacción del borrador original, redacción, revisión y edición, y correspondencia editorial.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de interés relacionados con el presente manuscrito.

Financiamiento: Autofinanciado.

Disponibilidad de datos: No aplica por tratarse de una revisión narrativa. Las fuentes consultadas corresponden a literatura científica publicada y citada en el manuscrito.

Agradecimientos: No aplica.

Declaración de uso de herramientas de inteligencia artificial (IA): Los autores declaran que no se utilizaron herramientas de inteligencia artificial en ninguna etapa de la elaboración, redacción, análisis, traducción, edición de estilo, revisión bibliográfica, revisión de formato de citación ni organización editorial del manuscrito. Todo el contenido fue elaborado, revisado, verificado y validado directamente por los autores, quienes asumen plena responsabilidad por la exactitud, integridad, originalidad y contenido científico del manuscrito.

En el proceso editorial, incluida la revisión por pares, se desarrolló conforme a la política de la revista sobre el uso responsable de herramientas de IA.

Referencias

- Bartha E, Arfwedson C, Imnell A, Kalman S. Towards individualized perioperative, goal-directed haemodynamic algorithms for patients of advanced age: observations during a randomized controlled trial (NCT01141894). *Br J Anaesth*. 2016;116(4):486–92. DOI: 10.1093/bja/aew025.
- Wrzosek A, Jakowicka-Wordliczek J, Zajaczkowska R, Serednicki WT, Jankowski M, Bala MM, et al. Perioperative restrictive versus goal-directed fluid therapy for adults undergoing major non-cardiac surgery. *Cochrane Database Syst Rev*. 2019;2019(12). DOI: 10.1002/14651858.CD012767.pub2.
- Gurgel ST, Do Nascimento P. Maintaining tissue perfusion in high-risk surgical patients: A systematic review of randomized clinical trials. *Anesth Analg*. 2011;112(6):1384–91. DOI: 10.1213/ANE.0b013e3182055384.
- Saugel B, Cecconi M, Wagner JY, Reuter DA. Noninvasive continuous cardiac output monitoring in perioperative and intensive care medicine. *Br J Anaesth*. 2015;114(4):562–75. DOI: 10.1093/bja/aew447.
- Guarracino F, Baldassarri R, Priebe HJ. Revised ESC/ESA Guidelines on non-cardiac surgery: cardiovascular assessment and management. Implications for preoperative clinical evaluation. *Minerva Anesthesiol*. 2015;81(2):226–33.
- Dünser MW, Dubin A. There is more to septic shock than arterial hypotension and elevated lactate levels: another appeal to rethink current resuscitation strategies! *Ann Intensive Care*. 2018;8(1):13613. DOI: 10.1186/s13613-018-0406-6.
- Monnet X, Delaney A, Barnato A. Lactate-guided resuscitation saves lives: no. *Intensive Care Med*. 2016;42(3):470–1. DOI: 10.1007/s00134-016-4235-5.
- Kataria S, Singh O, Juneja D, Goel A, Bhide M, Yadav D. Hypoperfusion context as a predictor of 28-d all-cause mortality in septic shock patients: A comparative observational study. *World J Clin Cases*. 2023;11(16):3765–79. DOI: 10.12998/wjcc.v11.i16.3765.
- Vos JJ, Kalmar AF, Struys MMRF, Wietasch JKG, Hendriks HGD, Scheeren TWL. Comparison of arterial pressure and plethysmographic waveform-based dynamic preload variables in assessing fluid responsiveness and dynamic arterial tone in patients undergoing major hepatic resection. *Br J Anaesth*. 2013;110(6):940–6. DOI: 10.1093/bja/aes508.
- Mohammadi I, Firouzabadi SR, Hosseinpour M, Akhlaghpasand M, Hajikarimloo B, Tavaneai R, et al. Predictive ability of hypotension prediction index and machine learning methods in intraoperative hypotension: a systematic review and meta-analysis. *J Transl Med*. 2024;22(1):1–2. DOI: 10.1186/s12967-024-05481-4.
- Maheshwari K, Buddi S, Jian Z, Settels J, Shimada T, Cohen B, et al. Performance of the Hypotension Prediction Index with non-invasive arterial pressure waveforms in non-cardiac surgical patients. *J Clin Monit Comput*. 2021;35(1):71–8. DOI: 10.1007/s10877-020-00463-5.
- Bouchez S, De Backer D, Fraipont V, Momeni M, Rex S, De Hert S. Perioperative hemodynamic monitoring techniques: a narrative review. *Acta Anaesthesiol Belg*. 2024;75(2):125–38. DOI: 10.56126/75.2.40.
- Quintão VC, Jreige Júnior A, Rizk SI, Hajjar LA. Haemodynamic monitoring in the perioperative setting. *Curr Opin Crit Care*. 2023;29(3):268–74. DOI: 10.1097/MCC.0000000000001042.
- Pinsky MR, Cecconi M, Chew MS, De Backer D, Douglas I, Edwards M, et al. Effective hemodynamic monitoring. *Crit Care*. 2022;26(1):1–10. DOI: 10.1186/s13054-022-04173-z.
- Saugel B. Intraoperative haemodynamic monitoring and management of adults having non-cardiac surgery: Guidelines of the German Society of Anaesthesiology and Intensive Care Medicine in collaboration with the German Association of the Scientific Medical Societies. *J Clin Monit Comput*. 2024;38(5):941–4. DOI: 10.1007/s10877-024-01203-9.
- Monnet X, Messina A, Greco M, Bakker J, Aissaoui N, Cecconi M, et al. ESICM guidelines on circulatory shock and hemodynamic monitoring 2025. *Intensive Care Med*. 2025;51(11):1971–2012. DOI: 10.1007/s00134-025-08137-z.
- De Backer D. Novelities in the evaluation of microcirculation in septic shock. *J Intensive Med*. 2023;3(2):124–30. DOI: 10.1016/j.jointm.2022.09.002.
- Cho AR, Lee HJ, Hong JM, Kang C, Kim HJ, Kim EJ, et al. Microvascular reactivity as a predictor of major adverse events in patients with on-pump cardiac surgery. *Korean J Anesthesiol*. 2022;75(4):338–49. DOI: 10.4097/kja.22097.
- Domizi R, Damiani E, Carsetti A, Graciotti L, Procopio AD, Scorpella C, et al. Potential of acetaminophen on the sublingual microcirculation and peripheral tissue perfusion of febrile septic patients: prospective observational study. *Ann Intensive Care*. 2024;14(1). DOI: 10.1186/s13613-024-01251-z.
- Dyminski Parente Ribeiro E, Dastan M, Bellut-Staack U, Zhou J, Lehmann C. Minimally-Invasive Imaging of Sublingual Vessels—A New Method to Study Microvascular Changes in Mice. *Life*. 2025;15(9):1–16. DOI: 10.3390/life15091478.
- Shao M, Zhong MC, Wang Z, Ke Z, Zhong Z, Zhou J. Non-Invasive Dynamic Reperfusion of Microvessels In Vivo Controlled by Optical Tweezers. *Front Bioeng Biotechnol*. 2022;10(July):1–9. DOI: 10.3389/fbioe.2022.952537.
- Wang Z, Cui Y. Study on the predictive value of early microcirculation perfusion indicators combined with neuroelectrophysiological monitoring for the occurrence and prognosis of sepsis-associated encephalopathy in neurocritical care patients. *Front Neurol*. 2025;16(December):1–11. DOI: 10.3389/fneur.2025.1692473.
- Henry B, Merz M, Hoang H, Abdulkarim G, Wosik J, Schoettker P. Cuffless Blood Pressure in clinical practice: challenges, opportunities and current limits. *Blood Press*. 2024;33(1). DOI: 10.1080/08037051.2024.2304190.
- Yang E, Schutte AE, Stergiou G, Wyss FS, Commodore-Mensah Y, Odili A, et al. Cuffless Blood Pressure Measurement Devices - International Perspectives on Accuracy and Clinical Use: A Narrative Review. *JAMA Cardiol*. 2025;10(6):624–31. DOI: 10.1001/jamacardio.2025.0662.
- Chandrasekhar A, Yavarimanesh M, Natarajan K, Hahn JO, Mukkamala R. PPG Sensor Contact Pressure Should Be Taken into Account for Cuff-Less Blood Pressure Measurement. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2020;67(11):3134–40. DOI: 10.1109/TBME.2020.2976989.
- Natarajan K, Block RC, Yavarimanesh M, Chandrasekhar A, Mestha LK, Inan OT, et al. Photoplethysmography Fast Upstroke Time Intervals Can Be Useful Features for Cuff-Less Measurement of Blood Pressure Changes in Humans. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2022;69(1):53–62. DOI: 10.1109/TBME.2021.3087105.
- Zhang N, Zhang Y, Chen J, Qiu S, Ma J, Tan L, et al. Multi-Signal Acquisition System for Continuous Blood Pressure Monitoring. *Sensors*. 2025;25(18):1–22. DOI: 10.3390/s25185910.
- Joung J, Jung CW, Lee HC, Chae MJ, Kim HS, Park J, et al. Continuous cuffless blood pressure monitoring

- using photoplethysmography-based PPG2BP-net for high intrasubject blood pressure variations. *Sci Rep.* 2023;13(1):1–12. DOI: [10.1038/s41598-023-35492-y](https://doi.org/10.1038/s41598-023-35492-y).
29. Ciesielski R, Wong CS, Panchal J, Grela J, Dimalanta C, Walton A, *et al.* Non-invasive blood pressure monitoring with in-ear infrasonic hemodynography for preventative cardiovascular care. *npj Cardiovasc Heal.* 2025;2(1). DOI: [10.1038/s44325-025-00076-4](https://doi.org/10.1038/s44325-025-00076-4).
30. Brusasco C, Micali M, Cucciolini G, Filolli D, Gandini M, Lattuada M, *et al.* Comparison of Hemodynamic Management by Hypotension Prediction Index or Goal-Directed Therapy in Radical Cystectomies: A Prospective Observational Study. *J Clin Med.* 2025;14(17):1–15. DOI: [10.3390/jcm14176285](https://doi.org/10.3390/jcm14176285).
31. Pilakouta Depaskouale MA, Archonta SA, Katsaros DM, Paidakakos NA, Dimakopoulou AN, Matsota PK. Beyond the debut: unpacking six years of Hypotension Prediction Index software in intraoperative hypotension prevention - a systematic review and meta-analysis. *J Clin Monit Comput.* 2024;38(6):1367–77. DOI: [10.1007/s10877-024-01202-w](https://doi.org/10.1007/s10877-024-01202-w).
32. Pilakouta Depaskouale MA, Archonta SA, Moutafidou S, Paidakakos NA, Dimakopoulou AN, Matsota PK. Effectiveness of hypotension prediction index software in reducing intraoperative hypotension in prolonged prone-position spine surgery: a single-center clinical trial. *J Clin Monit Comput.* 2025;39(5):875–87. DOI: [10.1007/s10877-025-01303-0](https://doi.org/10.1007/s10877-025-01303-0).
33. Jacquet-Lagrèze M, Larue A, Guilherme E, Schweizer R, Portran P, Ruste M, *et al.* Prediction of intraoperative hypotension from the linear extrapolation of mean arterial pressure. *Eur J Anaesthesiol.* 2022;39(7):574–81. DOI: [10.1097/EJA.0000000000001693](https://doi.org/10.1097/EJA.0000000000001693).

Anesthetic Management of Peripartum Cardiomyopathy in a Patient Undergoing Cesarean Section: A Case Report

Manejo anestésico de la miocardiopatía periparto en una paciente sometida a cesárea: Reporte de caso

Bárbara Tchissola Sanjulo da Rocha Quilezi^{ib 1,a}, Jesler Bravo Peña^{ib 1,a}, Fernando Alberto Quilezi^{ib 2,b}

¹ Benguela General Hospital. Benguela, Angola.

² Katyavala Bwila University Faculty of Medicine. Catumbela, Angola.

^a Specialist in Anaesthesiology and Resuscitation.

^b Internal Medicine Doctor, Cardiology Resident.

Article information

Cite as: Quilezi BTSR, Bravo Peña J, Quilezi FA. Anesthetic Management of Peripartum Cardiomyopathy in a Patient Undergoing Cesarean Section: A Case Report. *Health Care & Global Health*. 2026;10(3):272-276.

DOI: 10.22258/hgh.v10i3.476

Corresponding author

Fernando Alberto Quilezi

Address: Rua da Consolação, 328, Apto 1509, Consolação, São Paulo, Brasil.

Email: alberto.quilezi@gmail.com

Telephone: +244 928339449

Manuscript history

Received: June 29, 2026

First editorial decision: July 13, 2026

Revised manuscript received: August 18, 2026

Accepted: August 25, 2026

Published online: September 15, 2026

Peer review process

Type of review: editorial review

Number of external reviewers: not applicable

Number of review rounds: 1

Abstract

Peripartum cardiomyopathy (PPCM) is a rare condition characterized by left ventricular dysfunction and heart failure symptoms that manifest during the peripartum period in previously healthy women. The anesthetic management of an obstetric patient with concurrent cardiovascular pathology presents a significant challenge for the anesthesiologist. The objective is to report a case of anesthetic management of peripartum cardiomyopathy in a patient undergoing cesarean section in a hospital with limited hemodynamic resources. We report the case of a 23-year-old gravida 3, para 2, abortus 1 (G3P2A1) patient with a left ventricular ejection fraction (LVEF) of 19% and New York Heart Association (NYHA) functional class IV, who presented with fever, cough, tachycardia, and tachypnea and was diagnosed with PPCM. After clinical deterioration, a cesarean section under general anesthesia was indicated, resulting in the birth of a neonate with Apgar scores of 8 and 9 and a favorable maternal outcome. This report highlights the importance of a multidisciplinary and individualized approach for patients with PPCM.

Keywords: Anesthesia; Peripartum Cardiomyopathy; Cesarean Section; Heart Failure; Angola (Source: MeSH, NLM).

Resumen

La miocardiopatía periparto (MCP) es una entidad poco frecuente caracterizada por disfunción ventricular izquierda y síntomas de insuficiencia cardíaca que se manifiestan durante el período periparto en mujeres previamente sanas. El manejo anestésico de una paciente obstétrica con enfermedad cardiovascular concomitante representa un desafío significativo para el anestesiólogo. El objetivo es reportar un caso de manejo anestésico de miocardiopatía periparto en una paciente sometida a cesárea en un hospital con recursos hemodinámicos limitados. Se presenta el caso de una paciente de 23 años, gestante 3, con 2 partos y 1 aborto (G3P2A1), con una fracción de eyección ventricular izquierda (FEVI) del 19% y clase funcional IV de la New York Heart Association (NYHA), quien presentó fiebre, tos, taquicardia y taquipnea, siendo diagnosticada con miocardiopatía periparto. Ante el deterioro clínico, se indicó cesárea bajo anestesia general, obteniéndose un recién nacido con puntuaciones de Apgar de 8 y 9 y una evolución materna favorable. Este reporte destaca la importancia de un enfoque multidisciplinario e individualizado en pacientes con miocardiopatía periparto.

Palabras clave: Anestesia; Cardiopatía Periparto; Cesárea; Insuficiencia Cardíaca (Fuente: DeCS, BIREME).



Introduction

Peripartum cardiomyopathy (PPCM) is an idiopathic cardiomyopathy presenting as secondary heart failure due to left ventricular systolic dysfunction occurring at the end of pregnancy or in the months following delivery, when no other cause of heart failure is found [1][2]. Early descriptions date back to 1850, when Ritchie published a case of early postpartum death due to myocardial failure of unknown origin; however, it was only in 1937 that PPCM was recognized as a distinct clinical entity [3].

The diagnosis of PPCM requires echocardiographic evidence of left ventricular dysfunction with LVEF <45% and often (but not always) left ventricular dilation; onset during the peripartum period or early postpartum; and absence of an alternative explanation [4], associated with symptoms such as dyspnea, chest discomfort, and lower limb edema [5].

This article describes the case of a 35-week pregnant patient diagnosed with severe PPCM who underwent a cesarean section under general anesthesia, and discusses the main anesthetic management aspects in light of the current literature.

Case report

Clinical presentation and diagnosis

A 23-year-old Black Angolan woman, gravida 3, para 1, abortus 1 (G3P1A1), at 35 weeks' gestation, weighing 50 kg, with inadequate prenatal follow-up (only one visit). She had no known personal medical history, but her brother had pulmonary tuberculosis more than one year prior. Fifteen days before admission, she developed intermittent nocturnal fever, night sweats, dry cough, and progressive dyspnea. On admission, she was alert and oriented, without meningeal signs. Her nutritional status was poor; mucous membranes were pink and moist; subcutaneous fat was decreased; there was no lower limb edema. Vital signs showed tachycardia (heart rate

122 bpm) and tachypnea (respiratory rate 48 breaths/min) with intercostal retractions, nasal flaring, and diffuse crackles on pulmonary auscultation. Her gravid abdomen measured 33 cm in uterine height, fetal heart rate was 152 bpm, and fetal presentation was cephalic.

The initial diagnostic hypothesis was term pregnancy with associated bronchopneumonia of probable tuberculous etiology and acute respiratory failure. Cardiology evaluation and complementary tests were ordered, including ECG (complete left bundle branch block) and transthoracic echocardiography (**Table 1**) (**Figure 1**).

Medical treatment

Medical treatment was started with digoxin 0.125 mg/day, furosemide 20 mg every 12 hours, and fluid restriction (500 mL/day). Laboratory tests results are shown in the **Table 2**.

After five days of hospitalization, her clinical condition worsened with orthopnea and aggravated dyspnea, requiring oxygen therapy. Delivery was indicated by the medical team.

Intraoperative management

Upon arrival in the operating room, the patient was in acute pulmonary edema (SpO₂ 87% on a non-rebreather mask), heart rate 125 bpm, and blood pressure 112/73 mmHg. She received furosemide 50 mg, digoxin 125 µg, metoclopramide 20 mg, and omeprazole 40 mg. An infusion of dobutamine (5 µg/kg/min) and nitroglycerin (0.5 µg/kg/min) was initiated.

General anesthesia with orotracheal intubation was chosen, with induction using etomidate (20 mg), fentanyl (total of 150 µg), and neuromuscular blockade with atracurium. The patient was intubated and maintained on mechanical ventilation. Intraoperatively, she remained hemodynamically stable, without the need for vasopressors or fluid boluses. A single live female neonate was delivered without complications, with Apgar scores of 8 and 9 at 1 and 5 minutes, respectively, and

Table 1. Measurements Obtained on Transthoracic Echocardiography.

Structures	Dimensions (mm)	Reference Values – Men (mm)	Reference Values – Women (mm)
Aortic Sinuses	23	31–37	27–35
Left Atrium (LA)	43	30–40	27–38
Right Ventricle (RV)	22	20–28	20–28
Intraventricular Septum (IVS)	9	6–10	6–9
Rear Wall of the Left Ventricle (RWLV)	9	6–10	6–9
Left Ventricular Diastolic Diameter (LVDD)	79	42–59	39–53
Left Ventricular Systolic Diameter (LVSD)	72	22–31	24–32
Left Ventricular Ejection Fraction (%)	19	≥ 55%	≥ 55%
Left Ventricular Shortening Fraction (%)	9	27–45	25–43

Source: Cardiology Department, Benguela General Hospital.

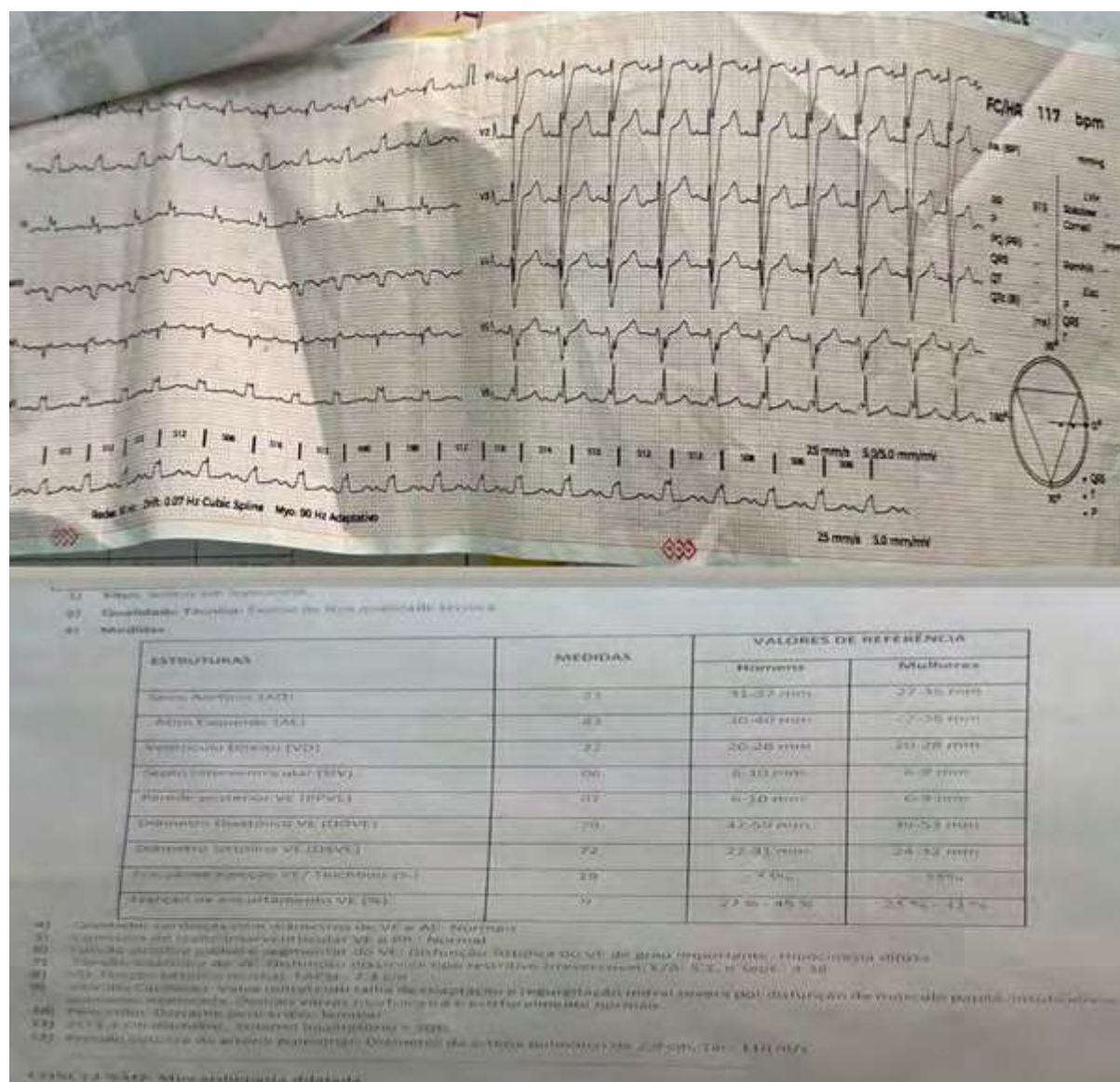


Figure 1. Electrocardiography and Transthoracic Echocardiography.

Source: Cardiology Department, Benquela General Hospital.

weight appropriate for gestational age. The neonate was transferred to the neonatal intensive care unit for close monitoring.

Postoperative evolution

The surgical procedure lasted 20 minutes, concluding without major complications. No reversal agents were required, and at the end of surgery her vital signs were: blood pressure 129/79 mmHg, heart rate 123 bpm, respiratory rate 12 breaths/min, SpO₂ 100% on mechanical ventilation set to tidal volume 6 mL/kg, respiratory rate 12 breaths/min, PEEP 8 cmH₂O, and I:E ratio 1:2. She was admitted to the intensive care unit for postoperative management, progressed satisfactorily, and was then transferred to the cardiology ward for continued hospitalization.

Discussion

Peripartum cardiomyopathy (PPCM) is a rare but potentially fatal condition characterized by left ventricular systolic dysfunction, typically with LVEF <45%, and may present with ventricular dilation. It usually manifests in late pregnancy or early postpartum, without alternative causes of heart failure, as defined by the 2022 AHA/ACC/HFSA guidelines [6].

Anesthetic management of patients with PPCM is challenging due to high morbidity and mortality risks associated with hemodynamic decompensation, arrhythmias, and thromboembolic events [7]. Vaginal delivery is preferred in most cases, except in scenarios of severe cardiac decompensation (LVEF <30%, NYHA

Table 2. Available Laboratory Tests.

Parameter	Valor
White blood cells	9.0 10 ³ /μL
Red blood cells	3.83 10 ⁶ /μL
Haemoglobin	9.0 g/dL
Haematocrit	30.3 %
MCV	79.1 fL
MCH	23.5 pg
MCHC	29.7 g/dL
Platelets	367000
LYM%	18.6 %
MXD%	8.6 %
NEUT%	72.8 %
LYM#	1.7 10 ³ /μL
MXD#	0.8 10 ³ /μL
NEUT#	6.5 10 ³ /μL
RDW-SD	43.9 fL
RDW-CV	13.1 %
AST	29.7 U/L
Creatinine	2.03 mg/dL
ALT	23.0 U/L
Urea	27.5 mg/dL

Source: Central Laboratory, Benguela General Hospital.

functional class III–IV), significant left ventricular outflow tract obstruction, or ongoing oral anticoagulation [8].

In this case, the patient was NYHA class IV with signs of acute pulmonary edema and hypoxemia, prompting the indication for a cesarean section under general anesthesia with orotracheal intubation. The decision considered the urgency of her clinical status and the safety of the medical team, opting for agents with favorable hemodynamic profiles (etomidate and fentanyl), in addition to inotropic and vasodilator support.

Key principles in anesthetic management for PPCM include prevention of myocardial depression, maintenance of adequate preload, strict afterload control, avoidance of tachycardia and abrupt hypotension, and careful titration of anesthetic agents [7]. In the present case, intraoperative management was successful, with effective hemodynamic control and no requirement to adjust vasoactive drug doses, owing to stable blood pressure throughout the procedure.

Although regional anesthesia can be considered in some stable PPCM patients, general anesthesia is recommended in emergency settings or hemodynamic instability, as illustrated here. The literature supports that the choice of technique should take into account team experience, maternal hemodynamic condition, and airway management needs [9].

Despite the favorable outcome, this case has certain limitations worth highlighting. The lack of invasive hemodynamic monitoring, such as arterial line or cardiac output assessment, limited precise evaluation of circulatory status during the intraoperative period. Additionally, management occurred in a resource-limited setting, hindering access to advanced imaging modalities and therapeutic strategies like mechanical circulatory support. These factors underscore the importance of team preparedness, judicious use of available resources, and individualized care even in adverse environments.

The success of this case underscores the importance of a multidisciplinary approach involving obstetricians, cardiologists, and anesthesiologists experienced in managing PPCM patients. Furthermore, it emphasizes the need for individualized therapeutic strategies based on clinical severity and adherence to current guidelines to ensure the best maternal and neonatal outcomes.

Conclusion

This report highlights the challenges of anesthetic management in patients with severe peripartum cardiomyopathy, especially in emergency contexts. General anesthesia, aligned with the clinical scenario and available resources, ensured intraoperative hemodynamic stability and contributed to favorable maternal and neonatal outcomes. Early diagnosis, multidisciplinary support, and individualized care strategies remain the cornerstones for successful management in these complex cases.

Additional information

Author Contributions (CRediT Taxonomy): BTSRQ and JBP developed the study concept and conducted the research. FAQ wrote the original draft. BTSRQ, JBP and FAQ carried out the formal analysis, reviewed and edited the article.

Conflicts of Interest

The authors declare that there are no conflicts of interest.

Funding

Unfunded research.

Acknowledgments

At the Cardiology and Gynaecology and Obstetrics departments of Benguela General Hospital.

Data availability

Not applicable.

Declaration of use of artificial intelligence (AI) tools

The authors declare that the AI tool was used during the literature review stage for the purpose of supporting, rather than replacing, the authors' scientific judgement. All content was reviewed, verified, and validated by the authors, who take full responsibility for the accuracy,

integrity, and originality of the manuscript. No sensitive or confidential data were entered into the AI tools.

The editorial process, including peer review, complied with the journal's policy on the responsible use of AI tools.

Referencias

1. Sliwa K, Hilfiker-Kleiner D, Petrie MC, Mebazaa A, Pieske B, Buchmann E, *et al.* Current state of knowledge on aetiology, diagnosis, management, and therapy of peripartum cardiomyopathy: a position statement from the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology Working Group on peripartum cardiomyopathy. *Eur J Heart Fail.* 2010;12(8):767-78. DOI:10.1093/eurjhf/hfq120.
2. De Backer J, Haugaa KH, Hasselberg NE, de Hosson M, Brida M, Castelletti S, *et al.* 2025 ESC Guidelines for the management of cardiovascular disease and pregnancy. *Eur Heart J.* 2025;46(43):4462-4568. DOI:10.1093/eurheartj/ehaf193.
3. Martínez HS, González A. Miocardiopatía periparto: revisión de la literatura. *Rev Chil Cardiol.* 2022;41(2):119-29. DOI:10.4067/S0718-85602022000200119.
4. Honigberg MC, Givertz MM. Peripartum cardiomyopathy. *BMJ.* 2019;364:k5287. DOI:10.1136/bmj.k5287.
5. Borle A, Goswami D, Meshram T, Kaur M, Akshat S. Undiagnosed peripartum cardiomyopathy: anesthesiologist's nightmare! *J Anaesthesiol Clin Pharmacol.* 2019;35(4):566-8. DOI: 10.4103/joacp.JOACP_221_17.
6. Heidenreich PA, Bozkurt B, Aguilar D, Allen LA, Byun JJ, Colvin MM, *et al.* 2022 AHA/ACC/HFSA guideline for the management of heart failure: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation.* 2022;145(18):e895-e1032. DOI:10.1161/CIR.0000000000001063.
7. Desalegn M. Cesarean section under spinal anesthesia for a mother with dilated cardiomyopathy in a resource-limited setting: a case report. *Ann Med Surg (Lond).* 2024;86(2):1182-4. DOI:10.1097/MS9.0000000000001655.
8. Arbelo E, Protonotarios A, Gimeno JR, Arbustini E, Barriales-Villa R, Basso C, *et al.* 2023 ESC Guidelines for the management of cardiomyopathies. *Eur Heart J.* 2023;44(37):3503-3626. DOI:10.1093/eurheartj/ehad194.
9. Bhakta P, Mishra P, Bakshi A, Langer V. Case report and mini literature review: anesthetic management for severe peripartum cardiomyopathy complicated with preeclampsia using sufentanil in combined spinal epidural anesthesia. *Yonsei Med J.* 2011;52(1):1-12. DOI:10.3349/ymj.2011.52.1.1.

Displasia fibrosa craneofacial con compromiso de senos paranasales: Reporte de caso

Craniofacial Fibrous Dysplasia Involving the Paranasal Sinuses: A Case Report

Carlos Alfredo Iñiguez-Guzmán^{1,a}, Joel Sebastian Vintimilla-Contreras^{2,3,b}

¹ Scanner Cuenca Corp. Cuenca, Ecuador.

² Universidad Católica de Cuenca. Cuenca, Ecuador.

³ Comité de Investigación de Internos de Medicina del Hospital de Especialidades Eugenio Espejo, Quito, Ecuador.

^a Médico, Especialista en Imagenología.

^b Interno Rotativo de Medicina.

Información del artículo

Citar como: Iñiguez-Guzmán CA, Vintimilla-Contreras JS. Displasia fibrosa craneofacial con compromiso de senos paranasales: Reporte de caso. Health Care & Global Health.2026;10(3):277-281.

DOI: 10.22258/hgh.v10i3.441

Autor de Correspondencia

Joel Sebastian Vintimilla Contreras
Dirección: Avenida de las Américas.
Email: joels200210@gmail.com
Teléfono: +593 993 272 133

Historial del artículo

Recibido: 18 de mayo de 2026
Primera decisión editorial: 8 de junio de 2026
Versión revisada recibida: 2 de julio de 2026
Aceptado: 21 de julio de 2026
Publicado en línea: 15 de septiembre de 2026

Proceso de revisión

Tipo de revisión: revisión editorial
Número de revisores externos: no aplica
Rondas de revisión: 1

Resumen

La displasia fibrosa es una osteopatía benigna de carácter congénito en la que el hueso medular normal es reemplazado de forma progresiva por tejido fibro-óseo inmaduro. Aunque su comportamiento es benigno, el compromiso del territorio craneofacial puede simular clínica y radiológicamente neoplasias destructivas debido a su capacidad de expandir los senos paranasales. Se reporta el caso de una paciente femenina de 22 años con obstrucción nasal izquierda crónica y dolor facial difuso. La tomografía computarizada de senos paranasales reveló una lesión endoósea expansiva, homogénea, con la característica densidad en "vidrio despulido" (411 UH) que comprometía el seno frontal, etmoides, esfenoides, crista galli y la pared orbitaria izquierda, provocando una severa desviación septal en "S itálica" reaccional. Se realizó una biopsia descompresiva por vía endoscópica. El estudio histopatológico confirmó una proliferación fibro-ósea constituida por trabéculas de hueso inmaduro de morfología curvilínea en "letras chinas" inmersas en un estroma fibroso celular uniforme, con ausencia diagnóstica de ribete osteoblástico periférico y atipia celular. La correlación estrecha entre el patrón tomográfico expansivo no destructivo y los hallazgos histológicos clásicos permitió definir el diagnóstico, descartando sarcomas óseos y facilitando un manejo conservador. El reconocimiento anatómo-radiológico de esta entidad multisinusal evita tratamientos quirúrgicos radicales innecesarios.

Palabras clave: Diagnóstico Diferencial; Displasia Fibrosa Ósea; Histología; Senos Paranasales; Tomografía Computarizada por Rayos X (Fuente: DeCS, BIREME).

Abstract

Fibrous dysplasia is a benign congenital bone disorder in which normal medullary bone is progressively replaced by immature fibro-osseous tissue. Although it is a benign condition, involvement of the craniofacial skeleton may clinically and radiologically mimic destructive neoplasms because of its capacity to expand the paranasal sinuses. We report the case of a 22-year-old woman presenting with chronic left-sided nasal obstruction and diffuse facial pain. Computed tomography (CT) of the paranasal sinuses revealed a homogeneous expansile intraosseous lesion with the characteristic ground-glass appearance (411 HU), involving the frontal, ethmoid, and sphenoid sinuses, the crista galli, and the left orbital wall, resulting in severe reactive italic S-shaped nasal septal deviation. Endoscopic decompressive biopsy was performed. Histopathological examination demonstrated a fibro-osseous proliferation composed of curvilinear trabeculae of immature woven bone with the characteristic Chinese-letter configuration embedded within a uniform cellular fibrous stroma, with no diagnostic evidence of peripheral osteoblastic rimming or cellular atypia. The close correlation between the non-destructive expansile CT pattern and the classic histopathological findings established the diagnosis, excluded primary bone sarcomas, and supported conservative management. Recognition of the characteristic radiologic and histopathologic features of this multisinus disease is essential to avoid unnecessary radical surgical treatment.

Keywords: Diagnosis, Differential; Fibrous Dysplasia of Bone; Histology; Paranasal Sinuses; Tomography, X-Ray Computed (Source: MeSH, NLM).



Introducción

La displasia fibrosa (DF) es un trastorno esquelético benigno y progresivo originado por una mutación somática poscigótica activadora en el gen *GNAS* (cromosoma 20q13.32). Esta alteración molecular induce un defecto en la diferenciación de las células progenitoras osteogénicas, provocando la sustitución del hueso medular sano y la médula ósea adyacente por una proliferación desorganizada de tejido fibro-óseo inmaduro [1][2]. Clínicamente, la enfermedad puede manifestarse en un solo hueso (forma monostótica), en múltiples focos (forma poliostótica) o asociarse a endocrinopatías y máculas hiperpigmentadas en el síndrome de McCune-Albright [3].

La afectación del territorio craneofacial ocurre en aproximadamente el 30% de los casos monostóticos y hasta un 90% de las variantes poliostóticas, mostrando una predilección por el maxilar superior, la mandíbula y la base del cráneo [4]. Cuando el proceso displásico se extiende hacia los senos paranasales, el cuadro clínico suele ser insidioso. El crecimiento expansivo intralesional genera asimetría facial, cefalea difusa, neuropatía por atrapamiento y sintomatología obstructiva de la vía aérea superior, simulando el comportamiento biológico de lesiones tumorales agresivas [5].

En el abordaje diagnóstico, la tomografía computarizada representa el estándar de referencia radiológico. El hallazgo clásico es la expansión ósea confinada por una cortical adelgazada pero íntegra, con una matriz interna de atenuación intermedia descrita clásicamente como densidad en “vidrio despulido” [6]. Sin embargo, ante presentaciones multisinusales extensas o atípicas que comprometen estructuras anatómicas como la lámina orbitaria o la base anterior del cráneo, la evaluación imagenológica debe correlacionarse obligatoriamente con el estudio histopatológico para descartar patología sarcomatosa. El hallazgo microscópico de trabéculas osteoides en “letras chinas” inmersas en un estroma fibroso sin ribete osteoblástico es definitivo para confirmar DF [7].

El presente reporte describe el caso de una paciente joven con una lesión ocupativa multisinusal extensa de aspecto tumoral. El objetivo de este artículo es exponer la correlación precisa entre los hallazgos tomográficos y la morfología anatomopatológica, demostrando cómo el reconocimiento temprano de este patrón radiológico evita comorbilidad y cirugías oncológicas radicales innecesarias.

Presentación del caso

Cuadro clínico

Se presenta el caso de una paciente de 22 años de edad, sin antecedentes médicos de relevancia, que acudió a consulta externa por un cuadro clínico de evolución crónica, caracterizado por una sintomatología obstructiva severa de la vía nasal izquierda, asociada a dolor persistente localizado en la región del macizo facial ipsilateral, sin evidencia de compromiso oftalmológico ni asimetrías faciales en el examen físico inicial.

Hallazgos tomográficos

Como parte del protocolo diagnóstico, se solicitó una tomografía computarizada simple del macizo facial y senos paranasales en ventana ósea, cuyo resultado reveló una extensa lesión ocupativa endoósea caracterizada por una densidad homogénea de tipo intermedia en “vidrio despulido”, con un coeficiente de atenuación de aproximadamente 411 UH. La lesión medía 5,0 x 2,0 x 3,7 cm, exhibiendo bordes mal definidos que causaban una marcada expansión local, pero sin signos de disrupción cortical ni reacción perióstica agresiva. El compromiso anatómico fue extenso, identificándose afectación del seno frontal izquierdo y de la crista galli (**Figura 1A**), con ocupación total de las celdillas etmoidales anteriores y posteriores que condicionaban un efecto de masa compresivo no destructivo sobre la lámina orbitaria izquierda del etmoides (**Figura 1B**), y una extensión posterior que involucraba el seno esfenoidal homolateral (**Figura 1C**).

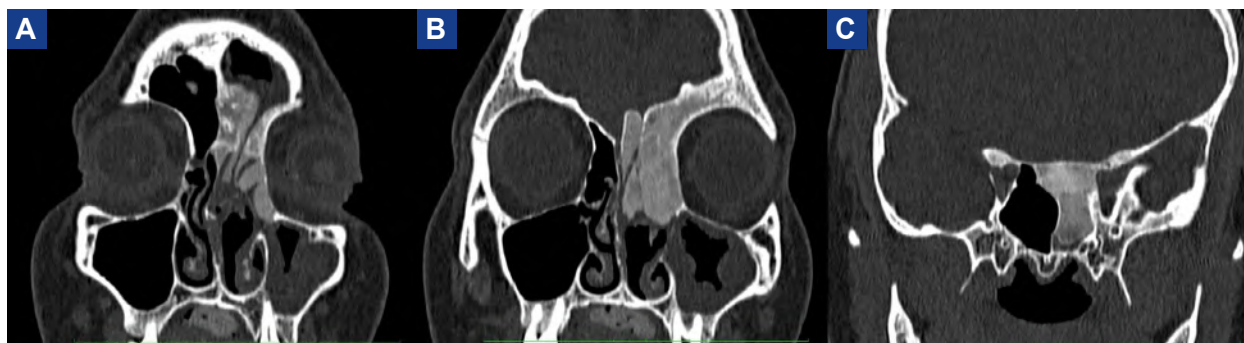


Figura 1. Extensión craneofacial multisinusal de la displasia fibrosa.

Tomografía computarizada (TC) de senos paranasales, cortes coronales de anterior a posterior en ventana ósea. (**A**) Lesión expansiva endoósea en seno frontal izquierdo y crista galli con densidad en “vidrio despulido”. (**B**) Ocupación etmoidal izquierda con desplazamiento medial del tabique nasal (desviación en “S itálica”) y empuje lateral no destructivo de la lámina orbitaria del etmoides. (**C**) Extensión profunda de la lesión hacia el seno esfenoidal izquierdo; nótese la marcada expansión ósea con preservación estricta de la delgada cortical ósea periférica, sugestiva de baja agresividad.

Como hallazgos adicionales secundarios al efecto de masa y a la reactividad inflamatoria crónica, se evidenció una marcada desviación del tabique nasal con morfología en “S itálica” provista de un doble espolón óseo: la parte proximal con una convexidad derecha, causante de una oclusión parcial del meato medio, y la distal con convexidad izquierda, que ocluía parcialmente el meato inferior (**Figura 1B**). Asimismo, se constató un engrosamiento de la mucosa septal, engrosamiento mucoso con ocupación parcial del seno maxilar izquierdo, e hipertrofia del cornete inferior izquierdo con cambios de superficie de aspecto festoneado, indicativos de un proceso inflamatorio crónico. Sin embargo, las celdillas mastoideas y las estructuras del oído medio e interno preservaban una adecuada neumatización y morfología bilateral.

Ante la presencia de la masa multisinusal obstructiva, se programó un abordaje endoscópico para descompresión nasal y toma de biopsia, la cual fue remitida al servicio de anatomía patológica como lesión de cornete medio izquierdo. El estudio macroscópico de la pieza quirúrgica descalcificada reportó múltiples fragmentos de tejido óseo nodular de consistencia firme y coloración parda clara y oscura, cuyas dimensiones oscilaban entre 3,0 × 1,5 cm para el fragmento mayor y 0,6 × 0,4 cm para el menor (**Figura 2A**).

Evaluación microscópica

La evaluación microscópica mediante tinción con Hematoxilina-Eosina mostró cortes histológicos de mucosa respiratoria revestida por un epitelio cilíndrico pseudoestratificado ciliado con células caliciformes conservadas, sin atipias citológicas (**Figura 2B**). En el estroma subyacente se identificó una lesión nodular bien delimitada correspondiente a una proliferación fibro-ósea benigna (**Figura 2B**). A mayor aumento, la lesión se caracterizó estructuralmente por la presencia de trabéculas irregulares y curvilíneas de hueso inmaduro,

con la disposición morfológica clásica descrita como “letras chinas”, inmersas en un estroma fibroso denso y moderadamente celular constituido por fibroblastos fusiformes uniformes (**Figura 2C**). Destacó de manera diagnóstica la ausencia de un ribete osteoblástico activo marginando las trabéculas, así como la nula presencia de pleomorfismo celular, figuras mitóticas aberrantes o focos de necrosis (**Figura 2C**).

La correlación estrecha entre el patrón de expansión con preservación cortical evidenciado en la tomografía computarizada y la confirmación histológica de trabéculas óseas desorganizadas sin ribete osteoblástico permitió establecer el diagnóstico definitivo de displasia fibrosa craneofacial.

Discusión

La displasia fibrosa craneofacial es un escenario clínico complejo debido a la proximidad de la lesión a estructuras vasculares, nerviosas y de la vía aérea alta [2]. Fisiopatológicamente, la mutación somática en el gen *GNAS* altera la subunidad alfa de la proteína estimuladora G (*Gsa*), condicionando una sobreproducción constitutiva de monofosfato de adenosina cíclico (AMPc) intracelular [8]. Este exceso de AMPc detiene la diferenciación de las células estromales osteogénicas en osteoblastos maduros, resultando en la acumulación de matriz fibrosa celular y trabéculas óseas inmaduras e incapaces de mineralizarse adecuadamente [9].

El diagnóstico definitivo de esta patología requiere una estrecha correlación anatomo-radiológica. El estudio histopatológico de la paciente representó el estándar confirmatorio al revelar los rasgos morfológicos de la entidad. La presencia de trabéculas de hueso inmaduro (no laminar), dispuestas sin orientación en un patrón de “letras chinas” y rodeadas de un estroma fibroso laxo, constituye la confirmación de la enfermedad [10]. Histológicamente, el

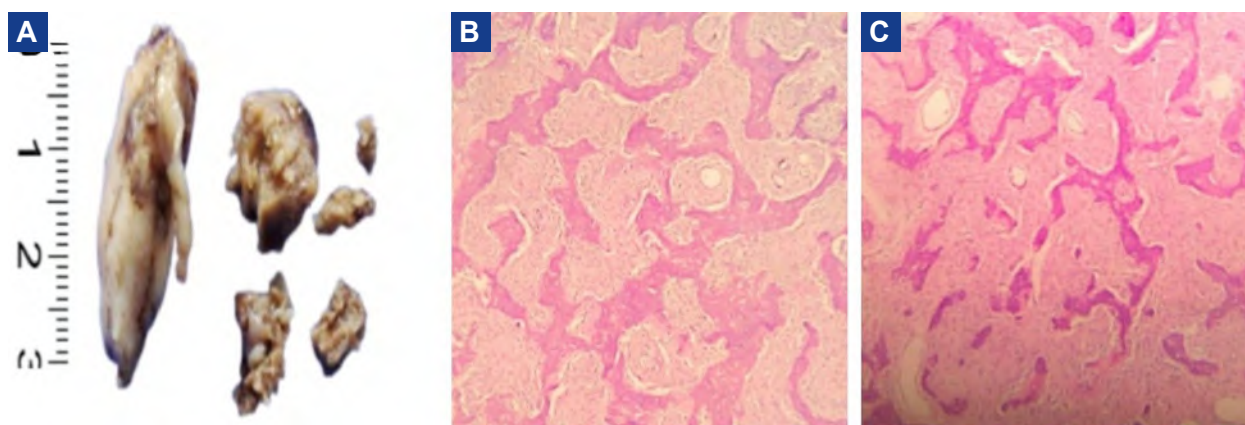


Figura 2. Hallazgos macro y microscópicos de la lesión fibro-ósea.

(A) Fragmentos nodulares y firmes de tejido óseo pardo reseca. (B) Microfotografía (H-E, 10x) que muestra epitelio respiratorio conservado y proliferación fibro-ósea delimitada en el estroma subyacente. (C) Detalle histológico (H-E, 40x) que revela trabéculas óseas inmaduras e irregulares en “letras chinas” rodeadas de un estroma fibroso denso y uniforme; destaca la ausencia patognomónica de ribete osteoblástico activo y la nula presencia de atipia celular o mitosis.

hallazgo crítico para establecer la benignidad y diferenciar la DF de otras lesiones fibro-óseas es la ausencia de un ribete osteoblástico prominente marginando las trabéculas [11]. Este rasgo indica que el tejido óseo inmaduro se origina por metaplasia directa del estroma fibroso y no por osteogénesis activa regulada, descartando neoplasias malignas y procesos reactivos [11].

Por su parte, la tomografía computarizada permite evaluar la extensión anatómica real y el comportamiento estructural de la lesión. El patrón tomográfico clásico en “vidrio despolido” observado (411 UH) es el resultado físico de la atenuación de los rayos X al atravesar la densa y homogénea red de microtrabéculas óseas inmaduras inmersas en el estroma de colágeno [12]. Un parámetro radiológico crucial para predecir la baja agresividad de la lesión es la expansión ósea con preservación de la cortical [13]. A diferencia de los sarcomas óseos, que rompen la cortical de manera destructiva, la DF craneofacial desplaza y expande el contorno óseo, adelgazando la cortical original, pero manteniendo una delgada cáscara ósea protectora intacta [13][14].

En este caso, el crecimiento lento pero continuo de la matriz fibro-ósea dentro de la estrecha anatomía multisinusal alteró el flujo aéreo, provocando una severa desviación septal mecánica en “S itálica” con doble espolón óseo y la subsecuente obstrucción respiratoria. Asimismo, el efecto de masa sobre el meato medio condicionó la obliteración de los canales de drenaje del seno maxilar ipsilateral, explicando el engrosamiento mucoso evidenciado en las imágenes [15]. El principal reto es realizar un correcto diagnóstico diferencial para evitar abordajes agresivos. Las principales entidades a considerar son:

1. Osteoma paranasal: Se presenta como una masa focal lobulada, densa, compacta (ebúrnea) y homogénea, localizada típicamente en el seno frontal o etmoidal, con límites definidos y sin el patrón expansivo difuso ni la densidad intermedia en vidrio despolido característicos de la DF [16].
2. Enfermedad de Paget: Afecta característicamente a pacientes mayores de 50 años, muestra un patrón mixto de lisis y esclerosis desorganizada de aspecto “algodonoso” y se acompaña de engrosamiento de la bóveda craneana y niveles elevados de fosfatasa alcalina sérica [17].
3. Osteosarcoma craneofacial: Es el diferencial más crítico. Radiológicamente muestra lisis ósea destructiva, disrupción cortical, reacción perióstica agresiva (espículas en “sol naciente”) y masa de tejidos blandos. Histológicamente, presenta atipia citológica marcada, mitosis atípicas y depósito de osteoide neoplásico pleomórfico, ausentes en esta paciente [18].

4. Mucocoele sinusal: Se manifiesta como una expansión homogénea de la cavidad sinusal secundaria a la obstrucción crónica de su ostium, pero su matriz interna es hipodensa y de características líquidas o mucoides, careciendo del componente fibro-óseo densamente atenuado de la DF [19].
5. Fibroma osificante juvenil: A diferencia de la DF, esta lesión fibro-ósea muestra un límite neto y un halo radiolúcido periférico de separación respecto al hueso sano circundante, y microscópicamente revela la presencia de psamomoides o trabéculas con ribete osteoblástico activo [20].

Al tratarse de una patología ósea benigna que tiende a la estabilización tras la madurez esquelética, el consenso clínico prioriza el manejo expectante [2]. Las resecciones radicales no están justificadas en ausencia de un compromiso funcional o estético crítico. En este escenario, se optó por un abordaje endoscópico nasal limitado, enfocado estrictamente en descomprimir la vía aérea obstruida y obtener una muestra biológica confirmatoria [21]. Esta descompresión selectiva y remodelación ósea conservadora alivia los síntomas mecánicos de la paciente sin incurrir en la morbilidad y deformación de abordajes craneofaciales abiertos [2][21].

Conclusiones

La displasia fibrosa craneofacial con extensión multisinusal constituye una entidad diagnóstica compleja que puede simular clínica y radiológicamente el comportamiento invasivo de neoplasias destructivas del macizo facial. La clave para evitar intervenciones quirúrgicas radicales innecesarias radica en la correlación clínico-radiológica-patológica estricta. El hallazgo tomográfico de una lesión expansiva no destructiva con preservación de la cortical ósea, sumado a la confirmación histopatológica de trabéculas óseas desorganizadas con ausencia de ribete osteoblástico activo y atipia celular, son los pilares fundamentales que confirman la benignidad y descartan procesos sarcomatosos. Dado el carácter autolimitado de esta osteopatía, el consenso terapéutico actual debe priorizar un enfoque conservador y mínimamente invasivo, reservando la descompresión quirúrgica y la remodelación ósea limitada de manera exclusiva para la resolución de obstrucciones mecánicas de la vía aérea nasal o compromisos funcionales progresivos.

Información Complementaria

Contribución de los autores (Taxonomía CRediT):

CAIG: Participó en la conceptualización, análisis formal, investigación, metodología, administración del proyecto, supervisión, validación, visualización y redacción-borrador

original. JSVC: Participó en el análisis formal, investigación, metodología, visualización, redacción-revisión y edición.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Financiamiento

Autofinanciado.

Disponibilidad de datos

No aplica.

Agradecimientos

No aplica.

Declaración de uso de herramientas de inteligencia artificial (IA)

Los autores declaran el uso de herramientas de IA en la etapa de redacción con fines de optimizar la fluidez lingüística de la prosa. Todo el contenido fue revisado, verificado y validado por los autores, quienes asumen plena responsabilidad por la exactitud, integridad y originalidad del manuscrito. No se introdujeron datos sensibles o confidenciales en las herramientas de IA.

En el proceso editorial, incluida la revisión por pares, se desarrolló conforme a la política de la revista sobre el uso responsable de herramientas de IA.

Referencias

- DiCaprio MR, Enneking WF. Fibrous dysplasia: pathophysiology, evaluation, and treatment. *J Bone Joint Surg Am*. 2005;87(8):1848-1864. DOI: 10.2106/JBJS.D.02942.
- Lee JS, FitzGibbon EJ, Chen YR, Kim HJ, Lustig LR, Akintoye SO, Collins MT, Kaban LB. Clinical guidelines for the management of craniofacial fibrous dysplasia. *Orphanet J Rare Dis*. 2012;7(Suppl 1):S2. DOI: 10.1186/1750-1172-7-S1-S2.
- Liu YB, Zou TM. Giant monostotic osteofibrous dysplasia of the ilium: a case report and review of literature. *World J Clin Cases*. 2018;6(14):830-835. DOI: 10.12998/wjcc.v6.i14.830.
- Burke AB, Collins MT, Boyce AM. Fibrous dysplasia of bone: craniofacial and dental implications. *Oral Dis*. 2017;23(6):697-708. DOI: 10.1111/odi.12563.
- Akintoye SO, Lee JS, Feimster T, Booher S, Brahim J, Kingman A, Riminucci M, Robey PG, Collins MT. Dental characteristics of fibrous dysplasia and McCune-Albright syndrome. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2003;96(3):275-282. DOI: 10.1016/S1079-2104(03)00225-7.
- Robinson C, Collins MT, Boyce AM. Fibrous Dysplasia/McCune-Albright Syndrome: clinical and translational perspectives. *Curr Osteoporos Rep*. 2016;14(5):178-186. DOI: 10.1007/s11914-016-0317-0.
- Anastasiadis K, Lambropoulos V, Tsoleka K, Kepertis C, Mouravas V, Spyridakis I. Frontal bone fibrous dysplasia in a 6-months-old boy: a distinctive entity. *Pediatr Med Chir*. 2021;43(1). DOI: 10.4081/pmc.2021.225.
- Chapurlat RD, Orcel P. Fibrous dysplasia of bone and McCune-Albright syndrome. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2008;22(1):55-69. DOI: 10.1016/j.berh.2007.11.004.
- Ventura-Martínez N, Guijarro-Martínez R, Morales-Navarro JD, Solís-García I, Puche-Torres M, Pérez-Herrezuelo Hermosa G. Displasia fibrosa craneofacial avanzada: a propósito de un caso. *Rev Esp Cir Oral Maxilofac*. 2014;36(1):32-37. DOI: 10.1016/j.maxilo.2012.04.002.
- Hernández-Palestina MS, Pérez López-Burkle MI. Craniofacial fibrous dysplasia: our experience and literature review. *An Orl Mex*. 2010;55(2):59-65.
- Martínez Coronel M, Rojas Mercado H. Displasia fibrosa craneofacial avanzada por remodelación ósea. *Salus*. 2014;18(3):46-50.
- Lustig LR, Holliday MJ, McCarthy EF, Nager GT. Fibrous dysplasia involving the skull base and temporal bone. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2001;127(10):1239-1247. DOI: 10.1001/archotol.127.10.1239.
- Alves N. Displasia fibrosa monostótica craneofacial: ¿cómo debe ser el diagnóstico? *Int J Odontostomat*. 2013;7(2):221-224. DOI: 10.4067/S0718-381X2013000200010.
- Rojas R, Kaplan JD, Gordillo H, et al. Craniofacial fibrous dysplasia. *An Radiol Mex*. 2003;2(3):129-133.
- Cariás A, Díaz V. Displasia fibrosa monostótica craneofacial. *Acta Otorrinolaringol Cir Cabeza Cuello*. 2021;49(4):315-319. DOI: 10.37076/acorl.v49i4.545.
- Carballo SM, Pupo SR, Cruz RJL, et al. Presentation of a patient with craniofacial fibrous dysplasia. *Correo Cient Med*. 2014;18(3):1-7.
- Alba García JR, Armengot Carceller M, Pérez Fernández CA, Díaz Fernández A, Taleb C, Campos Catalá A, Basterra Alegría J. An exceptional form of craniofacial fibrous dysplasia: fibrous dysplasia of the middle turbinate. *Acta Otorrinolaringol Esp*. 2002;53(4):291-294.
- Díaz BV, Cariás DA. Fibrous dysplasia in the ethmoidal and sphenoidal sinus: a case report. *Rev Otorrinolaringol Cir Cabeza Cuello*. 2021;81(1):68-71.
- Castro Castro J, Villa Fernández JM, Agulleiro Díaz JP. Craniofacial fibrous dysplasia and aneurismal bone cyst in a patient with McCune-Albright syndrome: a case report and review of the literature. *Neurocirugia (Engl Ed)*. 2023;34(5):268-272. DOI: 10.1016/j.neucie.2022.09.002.
- Singh V, Gupta K, Salunke P. Monostotic craniofacial fibrous dysplasia: report of two cases with interesting histology. *Autops Case Rep*. 2019;9(2):e2018092. DOI: 10.4322/acr.2018.092.
- Naser GA, Bravo CG, Carrasco DM, Ríos DC. Displasia fibrosa de temporal: caso clínico y revisión del tema. *Rev Otorrinolaringol Cir Cabeza Cuello*. 2009;69(3):259-264. DOI: 10.4067/S0718-48162009000300009.

Tromboendarterectomía pulmonar en síndrome antifosfolípido: Reporte de caso

Pulmonary Thromboendarterectomy in Antiphospholipid Syndrome: A Case Report

Manuela Lozano-Garrido^{1,a}, Juan Camilo Arzuza-Barros^{2,b}, Sofia Mariel Ricoy^{2,b}, Andrea Gisella Champutis-Arteaga^{3,a}, Iván Antonio Ortiz-Pacheco^{4,c}, Valentina Torres-Rodríguez^{5,a}, Juan Manuel López-Agudelo^{6,a}, Juan Santiago Serna-Trejos^{7,d}

¹ Universidad Surcolombiana. Neiva, Colombia.

² Hospital Raúl F. Larcade. San Miguel, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

³ Universidad de Caldas. Manizales, Colombia.

⁴ Universidad de Buenos Aires. Provincia de Buenos Aires, Argentina.

⁵ Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia.

⁶ Hospital Universitario del Valle. Cali, Colombia.

⁷ Universidad Libre. Cali, Colombia.

^a Médico.

^b Médico, Residente de Cirugía General.

^c Médico Internista.

^d Médico, Magíster en Epidemiología, Doctor en Salud Pública.

Información del artículo

Citar como: Lozano-Garrido M, Arzuza-Barros JC, Ricoy SM, Champutis-Arteaga AG, Ortiz-Pacheco IA, Torres-Rodríguez V, López-Agudelo JM, Serna-Trejos JS. Tromboendarterectomía pulmonar en síndrome antifosfolípido: Reporte de caso. Health Care & Global Health.2026;10(3):282-288.

DOI: 10.22258/hgh.v10i3.470

Autor de Correspondencia

Juan Santiago Serna-Trejos

Dirección: Calle 18 No. 122-135, Cali, Colombia.

Email: juansantiagosernatrejos@gmail.com

Teléfono: (602) 555 2334

Historial del artículo

Recibido: 23 de junio de 2026

Primera decisión editorial: 8 de julio de 2026

Versión revisada recibida: 11 de julio de 2026

Aceptado: 3 de agosto de 2026

Publicado en línea: 15 de septiembre de 2026

Proceso de revisión

Tipo de revisión: revisión editorial

Número de revisores externos: no aplica

Rondas de revisión: 1

Resumen

Introducción: La hipertensión pulmonar tromboembólica crónica (HPTEC) es una forma potencialmente curable de hipertensión pulmonar causada por la obstrucción persistente del árbol arterial pulmonar por material trombótico organizado. El síndrome antifosfolípido (SAF) constituye un factor de riesgo importante debido a su estado protrombótico persistente. La tromboendarterectomía pulmonar representa el tratamiento definitivo en pacientes seleccionados. **Presentación del caso:** Mujer de 50 años con diagnóstico de síndrome antifosfolípido primario y antecedentes de tromboembolismo pulmonar recurrente, quien desarrolló disnea progresiva y deterioro funcional. El ecocardiograma evidenció dilatación y disfunción ventricular derecha con hipertensión pulmonar severa. El cateterismo cardíaco derecho confirmó hipertensión pulmonar precapilar severa con resistencia vascular pulmonar elevada. La angiografía pulmonar mostró defectos de llenado crónicos compatibles con HPTEC. **Intervención:** La paciente fue sometida a tromboendarterectomía pulmonar bilateral bajo circulación extracorpórea e hipotermia profunda, logrando la extracción completa del material trombótico organizado. **Resultados:** Se observó mejoría hemodinámica inmediata, con reducción significativa de la presión arterial pulmonar. La evolución postoperatoria se complicó con hematoma subdural, que fue manejado de forma conservadora, con recuperación clínica favorable. **Conclusiones:** La tromboendarterectomía pulmonar constituye una intervención segura y efectiva en pacientes con HPTEC asociada a SAF, permitiendo mejoría significativa hemodinámica y funcional cuando se realiza en centros especializados.

Palabras clave: Hipertensión Pulmonar; Síndrome Antifosfolípido; Endarterectomía; Embolia Pulmonar; Arteria Pulmonar (Fuente: DeCS, BIREME).

Abstract

Background: Chronic thromboembolic pulmonary hypertension (CTEPH) is a potentially curable cause of pulmonary hypertension resulting from persistent obstruction of the pulmonary arterial tree by organized thrombotic material. Antiphospholipid syndrome (APS) represents a significant risk factor due to its prothrombotic nature. Pulmonary endarterectomy is the definitive treatment in operable cases. **Case Presentation:** A 50-year-old woman with primary antiphospholipid syndrome and recurrent pulmonary embolism developed progressive dyspnea and functional limitation. Echocardiography demonstrated severe pulmonary hypertension with right ventricular dilation and dysfunction. Right heart catheterization confirmed severe precapillary pulmonary hypertension with elevated pulmonary vascular resistance. Pulmonary angiography revealed chronic thromboembolic obstruction. **Intervention:** The patient underwent bilateral pulmonary endarterectomy under cardiopulmonary bypass and deep hypothermia, achieving complete removal of organized thrombotic material. **Results:** Immediate postoperative hemodynamic improvement was observed, with significant reduction in pulmonary artery pressure. The postoperative course was complicated by subdural hematoma, managed conservatively with favorable recovery. **Conclusions:** Pulmonary endarterectomy is a safe and effective treatment for APS-associated CTEPH, providing substantial hemodynamic and clinical improvement when performed in specialized centers.

Keywords: Hypertension, Pulmonary; Antiphospholipid Syndrome; Endarterectomy; Pulmonary Embolism; Pulmonary Artery (Source: MeSH, NLM).



Introducción

La hipertensión pulmonar tromboembólica crónica (HPTEC) es una forma potencialmente curable de hipertensión pulmonar precapilar causada por la persistencia y organización de material tromboembólico en el árbol arterial pulmonar, lo que genera obstrucción vascular progresiva, incremento de la resistencia vascular pulmonar y sobrecarga del ventrículo derecho. Esta entidad representa la consecuencia final de la resolución incompleta de eventos tromboembólicos pulmonares agudos y conduce, en ausencia de intervención, a deterioro funcional progresivo y falla ventricular derecha^[1].

El síndrome antifosfolípido (SAF) constituye una causa relevante de HPTEC debido a su capacidad para inducir trombosis recurrente mediada por anticuerpos antifosfolípido que promueven activación endotelial, agregación plaquetaria y alteraciones en los mecanismos fibrinolíticos. Como consecuencia, estos pacientes presentan un mayor riesgo de tromboembolismo pulmonar recurrente y progresión hacia enfermedad tromboembólica crónica, siendo el SAF identificado en hasta el 20% de los pacientes con HPTEC^[2].

Desde el punto de vista terapéutico, la tromboendarterectomía pulmonar representa el tratamiento de elección en pacientes con enfermedad operable, al permitir la extracción completa del material trombótico organizado y la restauración de la perfusión vascular pulmonar. Este procedimiento constituye la única intervención con potencial curativo, capaz de revertir la sobrecarga ventricular derecha y mejorar significativamente la supervivencia y la capacidad funcional, particularmente cuando se realiza en centros con experiencia multidisciplinaria^[3].

El manejo quirúrgico de pacientes con SAF plantea desafíos específicos debido al riesgo simultáneo de recurrencia trombótica y complicaciones hemorrágicas perioperatorias, lo que exige una evaluación rigurosa de la operabilidad, planificación quirúrgica especializada y manejo perioperatorio individualizado. La presentación de casos clínicos contribuye a fortalecer la evidencia sobre los resultados quirúrgicos y el pronóstico en esta población compleja^[4]. Bajo estas consideraciones, el presente trabajo tiene como objetivo reportar el caso de una paciente con diagnóstico de síndrome antifosfolípido primario y antecedentes de tromboembolismo pulmonar recurrente, quien desarrolló disnea progresiva y deterioro funcional. El interés clínico radica en la realización de una tromboendarterectomía pulmonar bilateral, procedimiento tras el cual se obtuvo una mejoría hemodinámica inmediata y una evolución favorable.

Reporte de caso

Presentación clínica y antecedentes

Se presenta el caso de una mujer de 42 años, trabajadora de servicios generales, con diagnóstico de HPTEC asociada a SAF primario, con positividad para anticoagulante lúpico y anticuerpos anticardiolipina IgG, y antecedente de exposición crónica a biomasa. Su evolución clínica se inició en 2015 y se caracterizó por eventos tromboembólicos venosos recurrentes y embolia pulmonar confirmada en 2017, a pesar del uso secuencial de anticoagulación oral con warfarina, a dosis de 5 mg/día, y rivaroxabán. Adicionalmente, presentaba una comunicación interauricular tipo ostium secundum de 1,2 cm, diagnosticada en 2024.

Al ingreso, la paciente refería deterioro progresivo de su clase funcional hasta New York Heart Association III-IV, con persistencia de los síntomas a pesar del tratamiento vasodilatador con sildenafil, 50 mg cada 12 horas. Se había indicado tratamiento con riociguat, pero este no pudo iniciarse debido a barreras administrativas relacionadas con su aseguradora.

El examen físico evidenció signos de insuficiencia ventricular derecha y limitación funcional grave. En la prueba de caminata de seis minutos, realizada el 26 de enero de 2026, recorrió 187 metros, correspondientes al 30 % del valor predicho, con disnea y fatiga máximas, calificadas mediante la escala de Borg como 10/10.

Evaluación diagnóstica y manejo preoperatorio

El cateterismo cardiaco derecho, realizado el 27 de enero de 2026, mostró hipertensión pulmonar grave, con presión arterial pulmonar media de 52 mmHg, resistencia vascular pulmonar de 13,45 unidades Wood e índice cardiaco de 1,87 L/min/m².

La angiotomografía computarizada de tórax evidenció defectos de llenado excéntricos y calcificados, compatibles con trombos organizados, con compromiso bilateral de las arterias lobares y segmentarias, asociado a un patrón de perfusión en mosaico del parénquima pulmonar (**Figura 1**).

El ecocardiograma transesofágico corroboró la repercusión hemodinámica, con dilatación grave del ventrículo derecho, excursión sistólica del plano del anillo tricuspídeo de 20 mm, aplanamiento sistólico del septo interventricular e insuficiencia tricuspídea funcional grave.

Debido a la gravedad de la enfermedad, la persistencia de los síntomas y la presencia de lesiones tromboembólicas

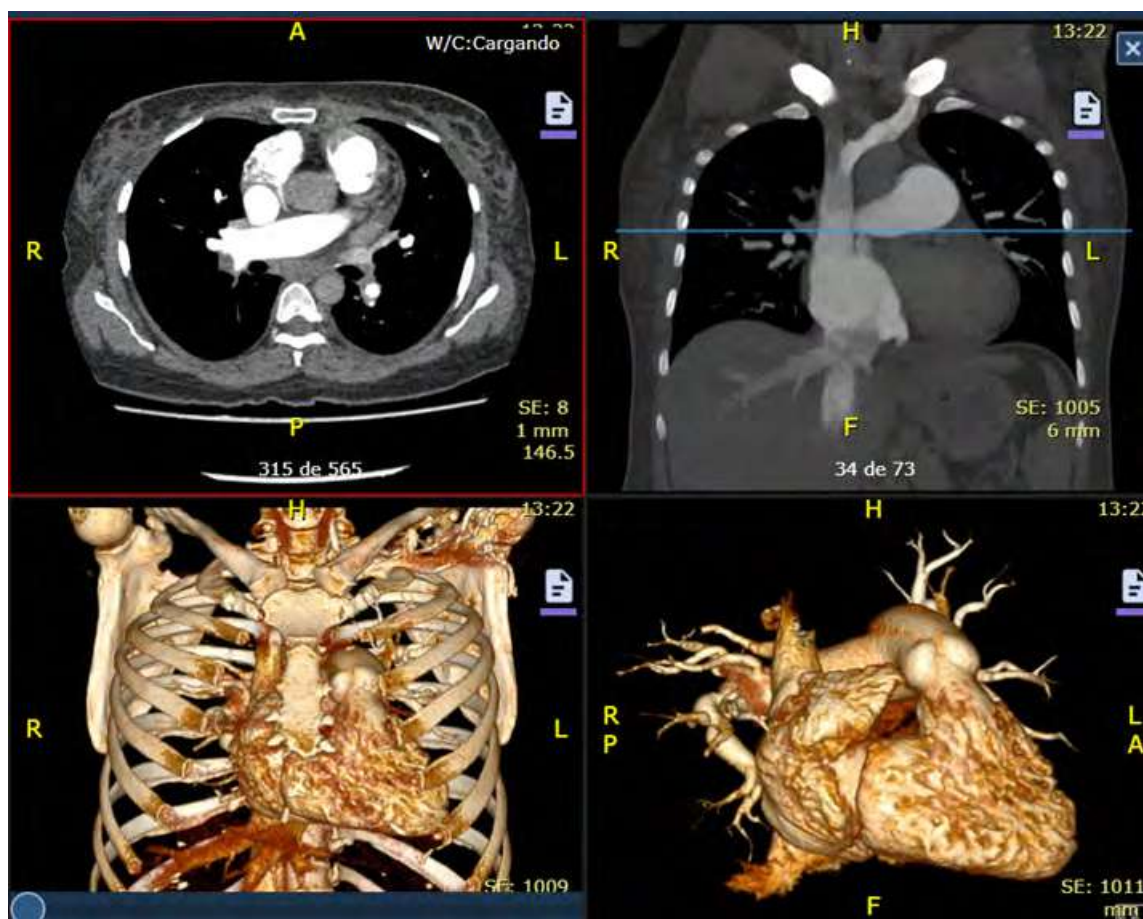


Figura 1. Angiotomografía computarizada (AngioTAC) preoperatoria de tórax.

Hallazgos determinantes de hipertensión pulmonar tromboembólica crónica, destacando múltiples defectos de llenado periféricos con extensión a ramas principales, predominantemente a la izquierda, y una obliteración completa de las arterias segmentarias para los lóbulos superiores, medio e inferior izquierdo. Se evidencia una marcada dilatación del tronco pulmonar (34 mm) y un remodelamiento de las cavidades cardíacas derechas con reflujo del contraste hacia el sistema venoso sistémico, lo cual, sumado al patrón de perfusión en mosaico del parénquima y la tortuosidad vascular observada en la reconstrucción 3D (paneles inferiores), ilustra un tromboembolismo masivo de predominio crónico y una sobrecarga ventricular derecha severa. Fuente: Historia clínica.

quirúrgicamente accesibles, el caso fue evaluado en una junta multidisciplinaria. Tras descartarse contraindicaciones para el procedimiento, se indicó tromboendarterectomía pulmonar bilateral.

Manejo quirúrgico

El 5 de febrero de 2026 se realizó tromboendarterectomía pulmonar bilateral mediante esternotomía media. Después de la disección quirúrgica y la canulación bicava, se inició circulación extracorpórea con enfriamiento sistémico hasta alcanzar una temperatura de 20 °C. Esta estrategia permitió realizar periodos intermitentes de paro circulatorio total, alternados con reperusión cada 10 minutos, con el propósito de obtener un campo quirúrgico exangüe.

El abordaje comenzó con una arteriotomía pulmonar derecha extendida. Se identificó el plano de endarterectomía en la capa media de la pared arterial, lo que permitió efectuar una disección circunferencial completa. Se extrajo un molde fibrotrombótico extenso

y organizado que comprometía las ramas lobares, segmentarias y subsegmentarias de los lóbulos superior e inferior derechos (**Figura 2**).

El procedimiento se replicó en la arteria pulmonar izquierda, con hallazgos fibrotrombóticos similares. Después del desclampeo aórtico, se observó mejoría hemodinámica inmediata. El ecocardiograma transesofágico intraoperatorio mostró disminución de la presión sistólica de la arteria pulmonar a 39 mmHg y reducción de la insuficiencia tricuspídea.

Evolución postoperatoria y seguimiento

Durante su evolución postoperatoria en la unidad de cuidados intensivos, la paciente presentó cefalea de intensidad moderada. Debido al antecedente de SAF y a la necesidad de anticoagulación terapéutica, se realizó una tomografía computarizada de cráneo simple el 9 de febrero de 2026, la cual documentó hematomas subdurales laminares tentoriales bilaterales, sin efecto de masa (**Figura 3**).



Figura 2. Hallazgos macroscópicos de la tromboendarterectomía pulmonar bilateral.

Muestra de los moldes fibrotrombóticos extraídos mediante endarterectomía circunferencial. Se observan cilindros sólidos de material fibrinoso que reproducen fielmente la anatomía del árbol arterial pulmonar, extendiéndose desde las ramas principales y lobares hasta las divisiones segmentarias y subsegmentarias de ambos pulmones. Este material es característico de la enfermedad tromboembólica crónica organizada, diferenciándose de los trombos agudos por su consistencia firme y adherencia a la íntima arterial. Fuente: Historia clínica.

Después de la valoración conjunta con neurocirugía, se decidió adoptar manejo conservador y vigilancia clínica e imagenológica estricta. La tomografía de control, realizada el 11 de febrero de 2026, mostró resolución de la extensión hacia la fosa craneal media y estabilidad

de los hematomas subdurales, sin desviación de la línea media ni compromiso ventricular.

Con base en la estabilidad clínica, la valoración neuroquirúrgica y los hallazgos tomográficos, se reinició la anticoagulación terapéutica con heparina de bajo peso molecular el 12 de febrero de 2026, sin nuevas complicaciones hemorrágicas.

Posteriormente, presentó una evolución favorable, con estabilidad hemodinámica, sin requerimiento de vasopresores, adecuada mecánica ventilatoria y sin necesidad de oxigenoterapia suplementaria. La paciente refirió mejoría de la disnea y fue dada de alta con anticoagulación oral con warfarina.

En la **Tabla 1** se presentan las publicaciones identificadas sobre pacientes con HPTEC asociada a SAF tratados mediante tromboendarterectomía pulmonar. En la **Tabla 2** se resumen los procedimientos realizados, las complicaciones perioperatorias, los resultados hemodinámicos y la evolución durante el seguimiento.

Discusión

La HPTEC representa una forma única de hipertensión pulmonar precapilar caracterizada por la obstrucción mecánica del árbol arterial pulmonar por material tromboembólico organizado, acompañado de remodelado vascular secundario en territorios no ocluidos. Este proceso genera un incremento sostenido de la resistencia vascular pulmonar y una sobrecarga progresiva del ventrículo derecho, lo que conduce a disfunción ventricular y deterioro clínico progresivo. La persistencia del trombo se asocia con alteraciones en

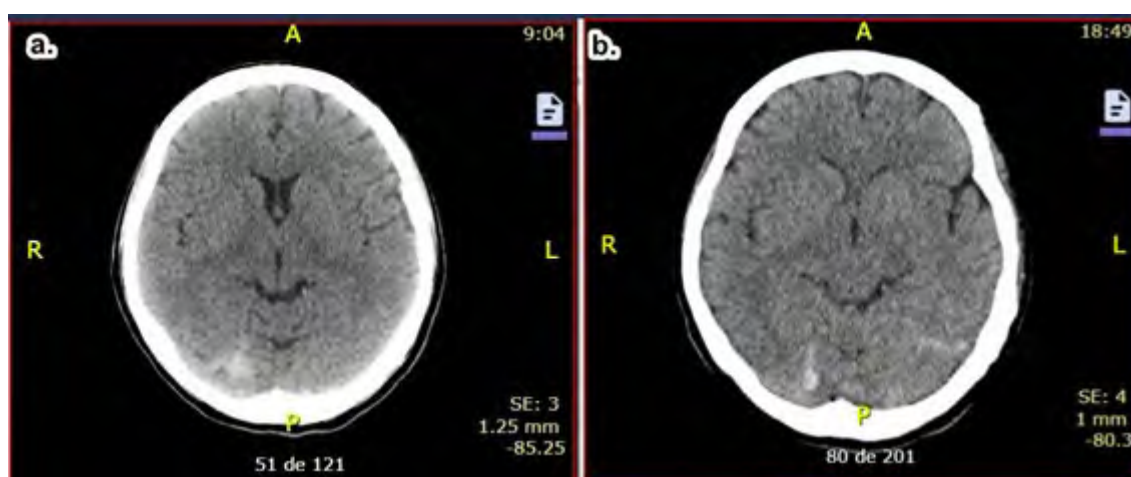


Figura 3. Evolución tomográfica cerebral postoperatoria.

Cortes axiales de tomografía computarizada (TC) de cráneo simple que evidencian la presencia de colecciones extraaxiales: a. Fase inicial (09.02.2026): Se observan hematomas subdurales laminares con hiperdensidad espontánea localizados en la región tentorial bilateral. b. Fase de control (11.02.2026): Persistencia de los hematomas laminares con una ligera disminución en la atenuación y resolución de la extensión hacia la fosa craneal media. No se aprecia efecto de masa, desviación de la línea media ni compromiso del sistema ventricular, hallazgos que permitieron el reinicio seguro de la anticoagulación farmacológica. Fuente: Historia clínica.

Tabla 1. Publicaciones sobre hipertensión pulmonar tromboembólica crónica asociada a síndrome antifosfolípido tratada mediante tromboendarterectomía pulmonar.

Autor	País	Año	Sexo	Edad	Breve descripción del caso
Li <i>et al.</i> ^[1]	China	2018	Masculino	29 años	Paciente con síndrome antifosfolípido primario triple positivo y episodios recurrentes de tromboembolismo pulmonar, que desarrolló hipertensión pulmonar tromboembólica crónica con obstrucción completa de la arteria pulmonar izquierda. Fue sometido a tromboendarterectomía pulmonar tras evaluación multidisciplinaria, con mejoría significativa de la presión arterial pulmonar y recuperación de la función cardíaca a los seis meses de seguimiento.
Sugiyama <i>et al.</i> ^[2]	Japón	2020	Femenino	39 años	Paciente con síndrome antifosfolípido y HPTEC asociada a enfermedad coronaria concomitante. Se realizó tromboendarterectomía pulmonar combinada con bypass coronario, logrando resolución exitosa de la obstrucción vascular pulmonar sin complicaciones trombóticas ni hemorrágicas perioperatorias, con evolución clínica favorable.
Alturaif <i>et al.</i> ^[3]	Arabia Saudita	2026	Mixto	Adultos	Estudio retrospectivo de pacientes con HPTEC asociada a SAF sometidos a tromboendarterectomía pulmonar. Se observó mejoría significativa hemodinámica y funcional tras la cirugía, con supervivencia a cinco años superior al 98%. Aunque se reportó mayor incidencia de complicaciones postoperatorias en pacientes con SAF, la intervención quirúrgica demostró ser segura y efectiva.

los mecanismos fibrinolíticos, inflamación vascular y cambios estructurales irreversibles en la pared arterial, lo que explica la progresión de la enfermedad incluso bajo anticoagulación adecuada^[4].

En pacientes con síndrome antifosfolípido, el riesgo de desarrollar HPTEC es significativamente mayor debido a la naturaleza persistente del estado protrombótico. Los anticuerpos antifosfolípido inducen activación de células endoteliales, plaquetas y factores de la coagulación, favoreciendo la formación recurrente de trombos y su posterior organización fibrótica. Este proceso perpetúa la obstrucción vascular pulmonar y contribuye al desarrollo de hipertensión pulmonar progresiva. Además, el SAF se asocia con compromiso vascular sistémico y microvascular, lo que puede influir en la evolución

postoperatoria y en el riesgo de complicaciones trombóticas o hemorrágicas^[5].

Desde la perspectiva quirúrgica, la tromboendarterectomía pulmonar constituye el tratamiento definitivo al permitir la eliminación completa del material trombótico organizado y la restauración del flujo vascular pulmonar. Este procedimiento requiere circulación extracorpórea, hipotermia profunda y periodos de paro circulatorio, lo que permite la disección precisa del plano entre la íntima y la media arterial. La extracción exitosa del material trombótico produce una reducción inmediata de la resistencia vascular pulmonar, mejoría de la hemodinamia ventricular derecha y restauración de la función cardiovascular^[6].

Tabla 2. Resultados quirúrgicos y evolución postoperatoria de pacientes con hipertensión pulmonar tromboembólica crónica asociada a síndrome antifosfolípido.

Autor	Procedimiento	Complicaciones	Resultado hemodinámico	Seguimiento
Li <i>et al.</i> ^[1]	Tromboendarterectomía pulmonar	No reportadas	Reducción significativa de presión pulmonar y recuperación de la función ventricular derecha.	Mejoría clínica sostenida a 6 meses.
Sugiyama <i>et al.</i> ^[2]	Tromboendarterectomía pulmonar + bypass coronario	Sin eventos trombóticos ni hemorrágicos.	Restauración de la perfusión pulmonar y mejoría clínica.	Evolución favorable postoperatoria.
Alturaif <i>et al.</i> ^[3]	Tromboendarterectomía pulmonar	Mayor incidencia de complicaciones postoperatorias en grupo SAF.	Mejoría significativa hemodinámica global.	Supervivencia a 5 años de 98,3%.

Los resultados hemodinámicos postoperatorios reportados en la literatura muestran reducciones significativas de la presión arterial pulmonar y de la resistencia vascular pulmonar, acompañadas de mejoría sustancial en la capacidad funcional. Estos cambios reflejan la reversibilidad del componente hemodinámico obstructivo y la recuperación de la función ventricular derecha tras la restauración del flujo pulmonar. Además, la supervivencia a largo plazo en pacientes sometidos a tromboendarterectomía pulmonar es significativamente superior en comparación con aquellos tratados únicamente con terapia médica^{[1][6]}.

La selección adecuada del paciente constituye un factor crítico en el éxito quirúrgico. La evaluación preoperatoria debe incluir cateterismo cardíaco derecho, angiografía pulmonar y estudios de imagen avanzados para determinar la localización y extensión de la enfermedad. Los pacientes con lesiones proximales accesibles presentan los mejores resultados quirúrgicos, mientras que la enfermedad distal puede limitar la eficacia de la intervención^[6].

En pacientes con SAF, el manejo perioperatorio representa un desafío adicional debido al riesgo aumentado de eventos trombóticos y hemorrágicos. La necesidad de anticoagulación continua, combinada con la naturaleza autoinmune de la enfermedad, incrementa el riesgo de complicaciones postoperatorias, incluyendo sangrado intracraneal y recurrencia trombótica. Estas complicaciones requieren un manejo individualizado, con monitorización estrecha y ajuste cuidadoso de la anticoagulación^{[4][5]}.

A pesar de estos riesgos, múltiples estudios han demostrado que la tromboendarterectomía pulmonar es un procedimiento seguro y altamente efectivo en pacientes con SAF asociado a HPTEC, con mejoría significativa de la función cardiopulmonar y tasas de supervivencia superiores al 95% a largo plazo^[3].

El presente caso refleja la evolución clínica típica de esta entidad y demuestra la eficacia de la tromboendarterectomía pulmonar en la reversión de las alteraciones hemodinámicas y funcionales. La mejoría clínica observada tras la intervención confirma que la eliminación del componente obstructivo mecánico permite la recuperación de la función ventricular derecha y la estabilización de la enfermedad, lo que sugiere el rol y el papel de la cirugía como tratamiento definitivo en pacientes con HPTEC asociada a SAF^[7].

Conclusiones

La hipertensión pulmonar tromboembólica crónica asociada a síndrome antifosfolípido constituye una entidad compleja caracterizada por obstrucción vascular

progresiva y deterioro hemodinámico significativo. La tromboendarterectomía pulmonar representa el tratamiento definitivo, al permitir la eliminación completa del material trombótico organizado y la restauración de la perfusión pulmonar. Cuando se realiza en centros especializados y con adecuada selección del paciente, este procedimiento permite la recuperación funcional y hemodinámica, con excelente pronóstico a largo plazo. Este caso resalta la importancia de la evaluación temprana, el abordaje multidisciplinario y la intervención quirúrgica oportuna en pacientes con enfermedad tromboembólica crónica asociada a síndrome antifosfolípido.

Información Complementaria

Contribución de los autores (Taxonomía CRediT):

MLG, JCAB, SMR, AGCA, IAOP, VTR, JMLA y JSST: Participaron en la conceptualización, la redacción del borrador original, la revisión y edición del manuscrito, y aprobaron la versión final para publicación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Financiamiento

Estudio autofinanciado por los autores. No se recibió financiación externa.

Disponibilidad de datos

Los datos clínicos, paraclínicos e imagenológicos se encuentran en la historia clínica de la paciente. No son de acceso público por razones de confidencialidad; podrán ser revisados por el equipo editorial previa solicitud y autorización institucional, cuando corresponda.

Agradecimientos

No aplica.

Consideraciones éticas

La publicación del caso se realizó con el permiso del paciente para la difusión de los datos clínicos, paraclínicos e imagenológicos que deriven de su historia clínica, asegurando de esta manera los principios de beneficencia, no maleficencia y justicia. Se diligenció oportunamente el consentimiento informado de la persona involucrada, respetando el principio de la confidencialidad y privacidad, manteniéndose el anonimato.

Declaración de uso de herramientas de inteligencia artificial (IA)

Los autores declaran que no se utilizaron herramientas de IA para generar datos, realizar análisis estadísticos, interpretar resultados, elaborar conclusiones ni sustituir el juicio científico.

En el proceso editorial, incluida la revisión por pares, se desarrolló conforme a la política de la revista sobre el uso responsable de herramientas de IA.

Referencias

1. Li C, Zhao J, Liu S, Song W, Zhu J, Hua L, *et al.* Pulmonary thromboendarterectomy is a curative resolution for chronic thromboembolic pulmonary hypertension associated with antiphospholipid syndrome: a retrospective cohort study. *Lupus*. 2018;27(14):2206-2214. DOI:10.1177/0961203318810427.
2. Sugiyama K, Suzuki S, Koizumi N, Ogino H. Antiphospholipid syndrome with chronic thromboembolic pulmonary hypertension and coronary artery disease: a case report. *J Cardiothorac Surg*. 2020;15(1):1-6. DOI:10.1186/s13019-020-01254-4.
3. Alturaif N, Alduraibi FK, Marquez K, Alahmadi F, Alharbi N, Zaytoun H, *et al.* Pulmonary endarterectomy in antiphospholipid syndrome: a retrospective analysis from the Saudi pulmonary hypertension registry. *Front Med (Lausanne)*. 2026;13:1736115. DOI:10.3389/fmed.2026.1736115.
4. Santos-Martínez LE, Lozano-Torres VM, Flores-García CA, Soto-Márquez P, Rodríguez-Almendros NA, Meza-López LR, Campos-Larios JZ, Calderón-Abbo MC. Endarterectomía pulmonar. Reporte inicial en un hospital de cardiología. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*. 2019;56(5):478-485. https://revistamedica.imss.gob.mx/index.php/revista_medica/article/view/1408/3132.
5. Paredes-Ruiz D, Martín-Iglesias D, Ruiz-Irastorza G. Thrombotic antiphospholipid syndrome: From guidelines to clinical management. *Med Clin (Barc)*. 2024;163:S22-S30. DOI: 10.1016/j.medcli.2024.02.010.
6. Taş S, Antal A, Durusoy AF, Yanartaş M, Yildiz K, Yildizeli ŞO, *et al.* Pulmonary endarterectomy in patients with antiphospholipid syndrome-associated chronic thromboembolic pulmonary hypertension. *Anatol J Cardiol*. 2022;26(5):394-400. DOI:10.5152/AnatolJCardiol.2021.1138.
7. Li C, Zhao J, He K, Wu Y, Liu S, Wang Q, *et al.* Curative resolution of chronic thromboembolic pulmonary hypertension with pulmonary thromboendarterectomy in primary antiphospholipid syndrome: a case report. *Medicine (Baltimore)*. 2018;97(40):e12710. DOI:10.1097/MD.00000000000012710.

Úlcera duodenal associada à esofagite exsudativa em paciente com hemorragia digestiva: Relato de caso

Duodenal Ulcer Associated with Exudative Esophagitis in a Patient with Gastrointestinal Bleeding: A Case Report

Jorge Chiwale Kussecala ^{1,a}, João Lando Kanga ^{1,a}, Joaquim Augusto Lombe Cassinda ^{1,a}, Fernando A. Quilezi ^{1,b}

¹ Faculdade de Medicina da Universidade Katavala Bwila. Catumbela, Angola.

^a Estudante de Medicina.

^b Médico Internista, Residente de Cardiologia.

Informações do artigo

Cite como: Chiwale Kussecala J, Lando Kanga J, Lombe Cassinda JA, Quilezi FA. Úlcera duodenal associada à esofagite exsudativa em paciente com hemorragia digestiva: Relato de caso. Health Care & Global Health. 2026;10(3):289-293.

DOI: 10.22258/hgh.v10i3.481

Autor correspondente

Jorge Chiwale Kussecala
Dirección: Rua do Comité, Bairro Massangara-
la, Benguela, Angola.
Email: jkussecala@gmail.com
Teléfono: +244 957 000 6333

Histórico do manuscrito

Recebido: 5 de julho de 2026
Primeira decisão editorial: 13 de julho de 2026
Versão revisada recebida: 23 de agosto de 2026
Aceito: 28 de agosto de 2026
Publicado on-line: 15 de setembro de 2026

Processo de revisão por pares

Tipo de revisão: revisão editorial
Número de revisores externos: não se aplica
Rodadas de revisão: 2

Resumo

A doença ulcerosa péptica permanece uma causa importante de hemorragia digestiva alta, especialmente em pacientes com fatores de risco como consumo crônico de álcool, infecção por *Helicobacter pylori* e uso prolongado de anti-inflamatórios. O objetivo desse artigo é relatar um caso clínico de associação clínica incomum entre úlcera duodenal e esofagite exsudativa com fatores de risco múltiplos. Trata-se de um paciente masculino, 52 anos, proveniência suburbana com antecedente de dor epigástrica crônica associada ao consumo de álcool, evoluiu nos meses prévios com melena, diarreia com sangue, perda ponderal, odinofagia e vômitos enegrecidos. Admitido com dor epigástrica intensa e sinais de desnutrição e anemia grave (Hb 6,9 g/dL). A endoscopia digestiva alta evidenciou esofagite com exsudato esbranquiçado e úlcera duodenal em bulbo. Foi instituído tratamento clínico com inibidor da bomba de prótons intravenoso, antibioticoterapia empírica diante da possibilidade de infecção por *H. pylori*, sucralfato e medidas de suporte, com evolução clínica favorável e alta para seguimento ambulatorial. A úlcera duodenal continua sendo causa relevante de hemorragia digestiva alta, particularmente em pacientes com fatores de risco associados. O diagnóstico endoscópico precoce e a instituição rápida de tratamento farmacológico adequado são fundamentais para prevenir complicações graves e melhorar o prognóstico clínico.

Palavras-chave: Úlcera Péptica; Hemorragia Gastrointestinal; Endoscopia Gastrointestinal; Anemia; Angola (Fonte: DeCS, BIREME).

Abstract

Peptic ulcer disease remains a major cause of upper gastrointestinal haemorrhage, particularly in patients with risk factors such as chronic alcohol consumption, *Helicobacter pylori* infection and prolonged use of anti-inflammatory drugs. The aim of this article is to report a clinical case of an unusual clinical association between a duodenal ulcer and exudative oesophagitis, involving multiple risk factors. This is a 52-year-old male patient from a suburban area with a history of chronic epigastric pain associated with alcohol consumption; over the preceding months, his condition had progressed to include melena, bloody diarrhoea, weight loss, odynophagia and black vomit. He was admitted with severe epigastric pain and signs of malnutrition and severe anaemia (Hb 6.9 g/dL). Upper gastrointestinal endoscopy revealed oesophagitis with whitish exudate and a duodenal ulcer at the bulb. Clinical management was initiated with an intravenous proton pump inhibitor, empirical antibiotic therapy in view of the possibility of *H. pylori* infection, sucralfate and supportive care; the patient's clinical course was favourable and he was discharged for outpatient follow-up. Duodenal ulcer remains a significant cause of upper gastrointestinal haemorrhage, particularly in patients with associated risk factors. Early endoscopic diagnosis and the prompt initiation of appropriate drug treatment are essential for preventing serious complications and improving the clinical prognosis.

Keywords: Peptic Ulcer; Gastrointestinal Hemorrhage; Endoscopy, Gastrointestinal; Anemia; Angola (Source: MeSH, NLM).



Introdução

A doença ulcerosa péptica continua sendo uma importante causa de morbidade gastrointestinal em todo o mundo, com impacto significativo na qualidade de vida e nos sistemas de saúde. A úlcera duodenal, uma das manifestações mais frequentes dessa condição, resulta de um desequilíbrio entre fatores agressivos da mucosa gastroduodenal — como secreção ácida gástrica, infecção por *Helicobacter pylori*, uso de anti-inflamatórios não esteroidais e consumo de álcool — e os mecanismos de defesa da mucosa, incluindo secreção de muco, bicarbonato e integridade da barreira epitelial. Estima-se que a prevalência global da doença ulcerosa péptica varie entre 5% e 10% da população, sendo a infecção por *H. pylori* o principal fator etiológico associado ^{[1][2]}.

Entre as complicações mais relevantes da úlcera duodenal destacam-se a hemorragia digestiva alta, perfuração e obstrução do trato gastrointestinal. A hemorragia digestiva é particularmente importante do ponto de vista clínico, podendo manifestar-se por melena, hematêmese ou anemia ferropriva, frequentemente exigindo investigação diagnóstica imediata. Nesse contexto, a endoscopia digestiva alta representa o método diagnóstico de escolha, permitindo a identificação direta das lesões, avaliação da gravidade e, quando necessário, intervenção terapêutica endoscópica ^[3].

A esofagite exsudativa corresponde a um processo inflamatório da mucosa esofágica caracterizado pela presença de exsudato aderente, podendo ocorrer em diferentes condições clínicas, incluindo doença do refluxo gastroesofágico, infecções oportunistas ou lesões químicas da mucosa. Embora a esofagite seja relativamente comum em pacientes com refluxo gastroesofágico, a coexistência de esofagite exsudativa e úlcera duodenal é pouco descrita na literatura, representando um cenário clínico que pode refletir comprometimento inflamatório difuso do trato digestivo superior. Dessa forma, o relato de casos clínicos contribui para ampliar o conhecimento sobre essas associações e seus aspectos diagnósticos e terapêuticos ^{[4][5]}.

Este artigo tem como objetivo apresentar o caso de úlcera duodenal associada à esofagite exsudativa em um paciente com sangramento gastrointestinal.

Relato de caso

O presente caso ocorreu em um contexto hospitalar com recursos diagnósticos e terapêuticos limitados, aspecto relevante para a condução clínica e investigação etiológica do paciente. O paciente foi admitido no serviço de urgência após agravamento de sintomas gastrointestinais de longa evolução, sendo posteriormente internado para investigação diagnóstica e tratamento.

Quadro Clínico

Trata-se de um paciente do sexo masculino, 52 anos, raça negra, proveniente da comunidade do Quiixe (Angola), com antecedentes pessoais de episódios recorrentes de dor abdominal em epigástrio, com alívio parcial após uso de omeprazol, além de história de consumo crônico de álcool.

Nos meses que antecederam a admissão hospitalar, o paciente referiu episódios recorrentes de diarreia com presença de sangue e episódios frequentes de melena. Evoluiu progressivamente com odinofagia, perda ponderal significativa, além de episódios de vômitos de coloração enegrecida, em pequena quantidade, aproximadamente uma vez ao dia, durante cerca de quatro semanas. Procurou atendimento no serviço de urgência devido à dor abdominal intensa, de início insidioso, localizada predominantemente na região epigástrica, descrita como do tipo queimante ou corrosiva, com irradiação para outros quadrantes abdominais e melhora parcial após ingestão de omeprazol. Segundo relato do paciente, crises semelhantes de dor epigástrica ocorriam de forma recorrente há cerca de 10 anos, período em que surgiram os primeiros sintomas. Diante do agravamento do quadro clínico, o paciente foi encaminhado ao hospital para investigação diagnóstica e manejo adequado.

Exame Clínico

Ao exame físico geral, o paciente apresentava-se em estado geral comprometido, com aspecto caquético, fâcies de fadiga, palidez cutâneo-mucosa e mucosas conjuntivais hipocoradas. No exame físico abdominal, observou-se abdome escavado, depressível, doloroso à palpação difusa, sem visceromegalias palpáveis.

Exames Laboratoriais

Nos exames laboratoriais iniciais, o hemograma revelou anemia importante, com hemoglobina de 6,9 g/dL e hematócrito de 21%. Os índices hematimétricos mostraram VCM de 79 fL, HCM de 26,3 pg e CHCM de 33,2 g/dL. A velocidade de hemossedimentação encontrava-se elevada (47 mm/h). Na série branca, observou-se neutrofilia relativa (86,5%), sendo o único parâmetro alterado. A pesquisa de plasmódio foi negativa.

Nas provas de função hepática, observaram-se bilirrubina total de 0,60 mg/dL, bilirrubina indireta de 6,40 µmol/L, ALT de 220 U/L e AST de 214,3 U/L. A glicemia foi de 102,7 mg/dL. Nas provas de função renal evidenciaram-se valores significativamente elevados, com ureia de 256,75 mg/dL e creatinina de 6,7 mg/dL.

Endoscopia Digestiva

Foi realizada endoscopia digestiva alta (EDA), que evidenciou, ao nível do esôfago, mucosa eritematosa associada à presença de abundante exsudato esbranquiçado facilmente removível à aspiração, sem evidência de varizes esofágicas (**Figura 1A**).

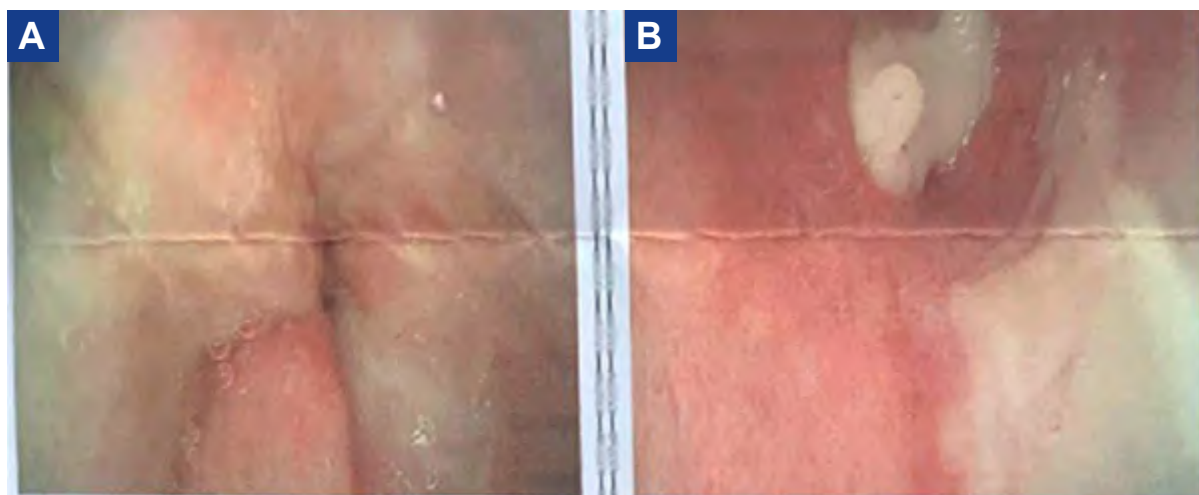


Figura 1. Abundante exsudato esbranquiçado a nível do esôfago (A). Úlcera duodenal (B).

No estômago, observou-se lago mucoso volumoso de conteúdo claro aspirável, com expansibilidade e elasticidade preservadas. À retrovisão, o hiato esofágico encontrava-se justo ao aparelho. As pregas mucosas do fundo, corpo gástrico superior, médio e distal apresentavam aspecto habitual, assim como a incisura angular. A mucosa do fundo, corpo proximal, médio, distal e antro apresentava aspecto pálido, sem lesões evidentes. O píloro encontrava-se centrado e pérvio.

No duodeno, o bulbo duodenal apresentava-se distensível, com leve eritema da mucosa. Na parede posterior, observou-se úlcera bem delimitada, medindo aproximadamente 0,8 cm, com bordos elevados, discreta convergência de pregas e fundo limpo, sem estigmas endoscópicos de sangramento recente (Forrest III), apresentando friabilidade ao contato com o aparelho (Figura 1B). A segunda porção duodenal apresentava mucosa de aspecto habitual.

Diante dos achados clínicos e endoscópicos, considerou-se a úlcera duodenal como provável fonte da hemorragia digestiva alta, sem sinais de sangramento ativo à endoscopia (Forrest III), associada à esofagite exsudativa.

Tratamento Clínico

O paciente foi internado e iniciado tratamento hospitalar com dieta zero inicialmente, monitorização de sinais vitais a cada 6 horas, controle glicêmico e acompanhamento da diurese. A anemia grave e a disfunção renal foram manejadas de forma conservadora, com monitorização clínica e hidratação intravenosa com solução fisiológica, não tendo sido realizadas transfusão de concentrado de hemácias nem terapia renal substitutiva. Não foi possível realizar investigação específica para *Helicobacter pylori*, devido à indisponibilidade de métodos diagnósticos no contexto assistencial. Considerando a presença de úlcera duodenal e a possibilidade de infecção por *H. pylori*, foi instituída empiricamente terapia antimicrobiana

com amoxicilina e metronidazol, associada a omeprazol intravenoso (40 mg a cada 8 horas) e sucralfato por via oral. Foram também realizadas hidratação com solução fisiológica intravenosa, administração de vitaminas do complexo B e vitamina C intravenosas e medicação sintomática, incluindo butilbrometo de escopolamina conforme necessidade.

Após evolução clínica favorável e melhora significativa do estado geral, o paciente recebeu alta hospitalar, orientado a manter tratamento medicamentoso e seguimento ambulatorial.

Discussão

A úlcera duodenal é uma das principais manifestações da doença ulcerosa péptica e permanece uma causa importante de morbidade gastrointestinal, particularmente em países com alta prevalência de infecção por *Helicobacter pylori* e acesso limitado a cuidados médicos precoces. A fisiopatologia da doença envolve um desequilíbrio entre fatores agressivos da mucosa gastroduodenal — como secreção ácida gástrica, infecção por *H. pylori*, álcool e uso de anti-inflamatórios não esteroidais — e mecanismos de defesa da mucosa, incluindo secreção de muco, bicarbonato e fluxo sanguíneo adequado^{[1][2]}.

No caso descrito, o paciente apresentava história prolongada de dor epigástrica aliviada por inibidores da bomba de prótons, associada ao consumo crônico de álcool, fatores reconhecidos como contribuintes para lesões da mucosa gastrointestinal^{[6][7]}. A presença de melena recorrente e anemia significativa sugere hemorragia digestiva alta crônica secundária à úlcera duodenal, condição frequentemente observada em pacientes com doença ulcerosa não tratada ou diagnosticada tardiamente^[5]. Além das manifestações

gastrointestinais, o paciente apresentou anemia grave (hemoglobina de 6,9 g/dL) e disfunção renal importante (creatinina de 6,7 mg/dL e ureia de 256,75 mg/dL). A anemia foi interpretada no contexto da perda sanguínea gastrointestinal recorrente, enquanto a alteração da função renal pode ter sido agravada por depleção volêmica associada ao sangramento. Ambas as condições foram manejadas de forma conservadora, com monitorização clínica, acompanhamento da diurese e hidratação intravenosa, sem transfusão sanguínea ou terapia renal substitutiva. Na ausência de valores prévios e de exames laboratoriais de controle, não foi possível determinar o caráter agudo ou crônico da disfunção renal nem avaliar objetivamente a evolução desses parâmetros durante a internação.

A esofagite exsudativa observada na endoscopia caracteriza-se por inflamação da mucosa esofágica com presença de exsudato branco ou amarelado aderido à superfície mucosa. Essa condição pode ocorrer em diferentes contextos clínicos, incluindo doença do refluxo gastroesofágico, infecções oportunistas (particularmente por *Candida*), imunossupressão ou agressão química da mucosa esofágica [8][9]. A coexistência de esofagite exsudativa e úlcera duodenal é incomum, mas pode refletir um ambiente gastrointestinal globalmente comprometido por inflamação crônica e aumento da exposição ácida [10].

A endoscopia digestiva alta desempenha papel fundamental tanto no diagnóstico quanto na avaliação da gravidade das lesões gastrointestinais. Além de permitir a visualização direta da mucosa, o exame possibilita a identificação de sinais de sangramento ativo ou recente e a caracterização das lesões ulcerosas [11][12]. No presente caso, a endoscopia permitiu confirmar a presença de uma úlcera duodenal bem delimitada no bulbo duodenal, bem como alterações inflamatórias esofágicas compatíveis com esofagite exsudativa.

O tratamento da doença ulcerosa péptica baseia-se principalmente na supressão da secreção ácida gástrica por meio de inibidores da bomba de prótons, erradicação do *H. pylori* quando presente e eliminação de fatores de risco [3][4][5][13]. No presente caso, não foi possível realizar investigação específica para *H. pylori* devido à indisponibilidade de métodos diagnósticos no contexto assistencial, o que constituiu uma limitação na determinação etiológica da úlcera duodenal. Diante da presença da lesão ulcerosa e da possibilidade de infecção por *H. pylori*, foi instituída empiricamente terapia antimicrobiana, associada à terapia antissecretora, proteção da mucosa e suporte clínico hospitalar, com evolução clínica favorável.

Além disso, este caso reforça a relevância da investigação endoscópica em pacientes com sintomas digestivos persistentes, anemia inexplicada ou sinais de hemorragia digestiva, especialmente em contextos com recursos limitados, nos quais o diagnóstico pode ser frequentemente retardado.

Conclusão

A associação entre úlcera duodenal e esofagite exsudativa pode resultar em quadro clínico grave com manifestações digestivas e sistêmicas importantes. A endoscopia digestiva alta desempenha papel essencial no diagnóstico e na definição da conduta terapêutica. O tratamento clínico, com supressão ácida e medidas de suporte, associado à abordagem dos possíveis fatores etiológicos, pode resultar em evolução favorável, destacando a importância do reconhecimento precoce dessas condições e do manejo oportuno.

Informações Complementares

Contribuição dos autores (Taxonomia CRediT):

JCK, JLK e JALC fizeram a conceituação do estudo, investigação e metodologia. FAQ, JCK, JLK e JALC participaram na curadoria dos dados e análise formal, análise formal e redação-revisão.

Conflito de interesses

Os autores declaram não existir conflitos de interesse.

Financiamento

Pesquisa não financiada.

Disponibilidade dos dados

A disposição da revista pelo autor correspondente.

Agradecimentos

Não se aplica

Declaração sobre o uso de ferramentas de inteligência artificial (IA)

Os autores declaram que a ferramenta de inteligência artificial foi utilizada na etapa de revisão da literatura e edição do estilo, com o objetivo de apoio e não substituição do julgamento científico dos autores. Todo o conteúdo foi revisado, verificado e validado pelos autores, que assumem plena responsabilidade pela exatidão, integridade e originalidade do manuscrito. Nenhum dado sensível ou confidencial foi inserido nas ferramentas de IA.

O processo editorial, incluindo a revisão por pares, foi conduzido de acordo com a política da revista sobre o uso responsável de ferramentas de IA.

Referências

1. Sung JJY, Kuipers EJ, El-Serag HB. Systematic review: the global incidence and prevalence of peptic ulcer disease. *Aliment Pharmacol Ther.* 2009;29(9):938-46. DOI:10.1111/j.1365-2036.2009.03960.x.
2. Malfertheiner P, Megraud F, Rokkas T, Gisbert JP, Liou JM, Schulz C, et al. Management of *Helicobacter pylori* infection: the Maastricht VI/Florence consensus report. *Gut.* 2022;71(9):1724-62. DOI:10.1136/gutjnl-2022-327745.
3. Laine L, Jensen DM. Management of patients with ulcer bleeding. *Am J Gastroenterol.* 2012;107(3):345-60; quiz 361. DOI:10.1038/ajg.2011.480.
4. Katz PO, Dunbar KB, Schnoll-Sussman FH, Greer KB, Yadlapati R, Spechler SJ. ACG Clinical Guideline for the Diagnosis and Management of Gastroesophageal Reflux Disease. *Am J Gastroenterol.* 2022;117(1):27-56. DOI:10.14309/ajg.0000000000001538.
5. Lanas A, Chan FKL. Peptic ulcer disease. *Lancet.* 2017;390(10094):613-24. DOI:10.1016/S0140-6736(16)32404-7.
6. Peterson WL, Barnett C, Walsh JH. Effect of intragastric infusions of ethanol and wine on serum gastrin concentration and gastric acid secretion. *Gastroenterology.* 1986;91(6):1390-5. DOI:10.1016/0016-5085(86)90192-7.
7. Chicaybam KF. Estudo epidemiológico das internações por úlcera gástrica e duodenal no Brasil, entre 2020 e 2024. *Braz J Implantol Health Sci.* 2025;7(7):1588-1605. DOI:10.36557/2674-8169.2025v7n7p1588-1605.
8. Gopal P, Gibson JA, Lisovsky M, Nalbantoglu I. Unique causes of esophageal inflammation: a histopathologic perspective. *Ann N Y Acad Sci.* 2018;1434(1):219-26. DOI:10.1111/nyas.13732.
9. Mohamed AA, Lu XL, Mounmin FA. Diagnosis and treatment of esophageal candidiasis: current updates. *Can J Gastroenterol Hepatol.* 2019;2019:3585136. DOI:10.1155/2019/3585136.
10. Boyd EJS. The prevalence of esophagitis in patients with duodenal ulcer or ulcer-like dyspepsia. *Am J Gastroenterol.* 1996;91(8):1539-43.
11. Cotton PB, Shorvon PJ. Analysis of endoscopy and radiography in the diagnosis, follow-up and treatment of peptic ulcer disease. *Clin Gastroenterol.* 1984;13(2):383-403. DOI:10.1016/S0300-5089(21)00618-0.
12. Montenegro Sisalema RZ, Sotomayor Haro JD, Acosta Pozo MA, Silva Mena JC, Godoy Hernández JN, Mendieta Vélez EJ, et al. Diagnóstico y manejo de la enfermedad ulcerosa péptica: revisión de literatura. *Ibero-Am J Health Sci Res.* 2025;5(1):64-73. DOI:10.56183/iberojhr.v5i1.700.
13. Jorge C, Tuna C, Carlos P, Ferreira S, Gonçalves R, Louro M. Indicações terapêuticas e profiláticas de uso de inibidores da bomba de prótons e prescrição inadequada. *Med Interna.* 2022;29(1):8-12. DOI:10.24950/rspmi.2022.01.192.

Lesión en cremallera miofascial del bíceps femoral en un futbolista profesional: Reporte de caso

Myofascial Zipper Injury of the Biceps Femoris in a Professional Soccer Player: A Case Report

Carlos Alfredo Iñiguez-Guzmán^{1,a}, Christian Alfredo Andrade-Montalvan^{2,b}, Jorge Luis Rivera-Rodríguez^{2,c}, Joel Sebastian Vintimilla-Contreras^{3,4,d}

¹ Scanner Cuenca Corp. Cuenca, Ecuador.

² Club Deportivo Cuenca. Cuenca, Ecuador.

³ Universidad Católica de Cuenca. Cuenca, Ecuador.

⁴ Comité de Investigación de Internos de Medicina del Hospital de Especialidades Eugenio Espejo.

^a Médico, Especialista en Imagenología.

^b Médico, Magíster en Medicina y Psicología del Deporte. Jefe del Departamento Médico del Club Deportivo Cuenca.

^c Fisioterapeuta, Magíster en Terapia del Deporte y Ejercicio del Club Deportivo Cuenca.

^d Interno Rotativo de Medicina.

Información del artículo

Citar como: Iñiguez-Guzmán CA, Andrade-Montalvan CA, Rivera-Rodríguez JL, Vintimilla-Contreras JS. Lesión en cremallera miofascial del bíceps femoral en un futbolista profesional: Reporte de caso. *Health Care & Global Health*.2026;10(3):294-297.

DOI: 10.22258/hgh.v10i3.446

Autor de Correspondencia

Joel Sebastian Vintimilla Contreras
Dirección: Avenida de las Américas.
Email: joels200210@gmail.com
Teléfono: +593 993 272 133

Historial del artículo

Recibido: 21 de mayo de 2026
Primera decisión editorial: 8 de junio de 2026
Versión revisada recibida: 2 de julio de 2026
Aceptado: 2 de agosto de 2026
Publicado en línea: 15 de septiembre de 2026

Proceso de revisión

Tipo de revisión: revisión editorial
Número de revisores externos: no aplica
Rondas de revisión: 1

Resumen

Las lesiones por distensión de los músculos isquiotibiales son prevalentes en el fútbol profesional; sin embargo, el patrón de "lesión en cremallera" (zipper lesion) plantea un desafío diagnóstico y pronóstico complejo debido a la afectación directa de la interfaz miofascial. Se presenta el caso de un futbolista profesional de 30 años que manifestó dolor agudo y lancinante en la cara posterior del muslo derecho tras un sprint de alta intensidad. La evaluación ecográfica de alta resolución demostró una pérdida de la ecoestructura fibrilar en la región miofascial del tercio distal del bíceps femoral (porciones larga y corta), asociada a hiperemia al mapeo Doppler y una separación miofascial del borde anterior de la porción larga de 34 x 21 x 2 mm (volumen de 0,87 cc). El cuadro se catalogó como una lesión miofascial grado 2/3. El paciente recibió un manejo integral mediante inoculación perilesional de plasma rico en plaquetas y un protocolo de rehabilitación funcional guiado por criterios clínicos. Este reporte destaca la utilidad de la ultrasonografía musculoesquelética dinámica para identificar variantes lesionales complejas, optimizando la planificación del retorno al juego en deportistas de alto rendimiento.

Palabras clave: Músculo Esquelético; Tendones Isquiotibiales; Traumatismos en Atletas; Ultrasonografía (Fuente: DeCS, BIREME).

Abstract

Hamstring strain injuries are highly prevalent in elite football; however, the "zipper lesion" pattern presents a specific diagnostic and prognostic challenge due to the involvement of the myofascial interface. We report the case of a 30-year-old professional football player who experienced acute, sharp pain in the posterior aspect of the right thigh following a high-intensity sprint. High-resolution musculoskeletal ultrasound revealed a loss of the normal fibrillar architecture at the myofascial junction of the distal third of the biceps femoris (both long and short heads), associated with Doppler hyperemia, alongside a myofascial separation of the anterior border of the long head measuring 34x21x2 mm (volume: 0.87 cc). The injury was classified as a grade 2/3 myofascial lesion. The patient was managed with ultrasound-guided perilesional platelet-rich plasma injection and a criteria-based functional rehabilitation protocol. This case underscores the clinical value of dynamic musculoskeletal ultrasound in characterizing complex injury variants, thereby optimizing return-to-play decisions in high-performance sports.

Keywords: Athletic Injuries; Hamstring Tendons; Muscle, Skeletal; Ultrasonography (Source: MeSH, NLM).



Introducción

En el fútbol profesional masculino, las lesiones por distensión de los músculos isquiotibiales constituyen la principal causa de ausentismo deportivo y baja médica ^[1]. El músculo más afectado es el bíceps femoral, particularmente su porción larga; esto se debe a la compleja arquitectura anatómica de sus fibras y a las severas fuerzas de cizallamiento excéntrico que debe soportar durante la fase de oscilación tardía de la carrera a máxima velocidad ^[2].

Históricamente, los sistemas de clasificación se enfocaban de forma casi exclusiva en el grado de disrupción fibrilar macroscópica. Sin embargo, los consensos contemporáneos, tales como la Clasificación de Lesiones Musculares de la Asociación Británica de Atletismo (BAAM) y el Consenso de Barcelona, han demostrado que el sitio anatómico exacto de la lesión (intramuscular, miotendinoso o miofascial) es un factor determinante para el pronóstico ^{[3][4]}. Dentro de estas variantes, la “lesión en cremallera” representa una entidad biomecánicamente crítica, caracterizada por la separación longitudinal de la fascia de envoltura o de la interfaz de deslizamiento existente entre dos vientres musculares adyacentes ^[5]. En deportistas de élite, es fundamental realizar un diagnóstico preciso mediante técnicas de imagen de alta resolución, dado que el compromiso de la fascia altera la transmisión de fuerzas laterales y puede prolongar significativamente los tiempos requeridos para el retorno seguro al juego ^[6].

Presentación del caso

Se presenta el caso de un futbolista profesional de 30 años de edad, perteneciente a la plantilla de la primera división de la liga profesional ecuatoriana, sin antecedentes médicos de relevancia, que experimentó un dolor lancinante y súbito en la cara posterior del tercio distal del muslo derecho inmediatamente después de ejecutar un sprint de máxima aceleración durante un encuentro oficial, cuyo mecanismo lesional obligó al retiro inmediato del campo de juego.

En la exploración física inicial realizada por el departamento médico a las 24 horas del trauma, se evidenció dolor selectivo e intenso a la palpación digital en el aspecto posterolateral distal del muslo, limitación funcional para la marcha normal y dismetría en la extensión de la rodilla, con una puntuación de dolor de 7/10 en la escala visual analógica del dolor. Asimismo, se observó una exacerbación marcada del dolor durante la flexión resistida de la rodilla en rotación externa (maniobra selectiva para el bíceps femoral). En ese momento, no se constató equimosis subcutánea ni defecto palpable (signo del hachazo). Con el objetivo de realizar una

caracterización precisa de la lesión, se efectuó una ecografía musculoesquelética de alta resolución a las 48 horas posteriores al evento.

Evaluación Ecográfica

Mediante el uso de un transductor lineal de alta frecuencia (12-15 MHz), se exploró la cara posterior del muslo en planos axiales y longitudinales. En los planos superficiales del tercio distal del músculo bíceps femoral, se constató una lesión en cremallera: disrupción focal con pérdida de la ecoestructura fibrilar normal de localización estrictamente miofascial, comprometiendo de forma conjunta a las porciones larga y corta. Esta zona de lesión primaria midió 5 x 5 x 5 mm en sus tres ejes ortogonales, identificándose un engrosamiento y pérdida de la ecoestructura interfascial entre ambos vientres musculares (**Figura 1**). En el plano longitudinal se delimitó con precisión la extensión longitudinal de la disrupción fibrilar (**Figura 2**).

Adyacente al sitio primario, se evidenció una separación miofascial franca del borde anterior de la porción larga del bíceps femoral que medía 34 mm de longitud, 21 mm de ancho y 2 mm de espesor, lo que generó una colección hemática interlamina con un volumen cuantificado de 0,87 cc (**Figura 1**). Al mapeo Doppler color y Power Doppler, se asoció un incremento marcado de la señal de flujo microvascular local, indicativo de un proceso inflamatorio agudo y neovascularización reparativa en la periferia de la disrupción (**Figura 3**).

Con base en estos hallazgos estructurales, el cuadro se catalogó definitivamente como una lesión miofascial-interfascial grado 2/3 (clasificación modificada) de las porciones larga y corta del bíceps femoral en su tercio distal superficial. El plan terapéutico se enfocó en un abordaje fisiátrico funcional. Durante las primeras 72 horas se instauró el protocolo PEACE & LOVE (protección, elevación, evitar antiinflamatorios, compresión y educación). Posteriormente, se realizó

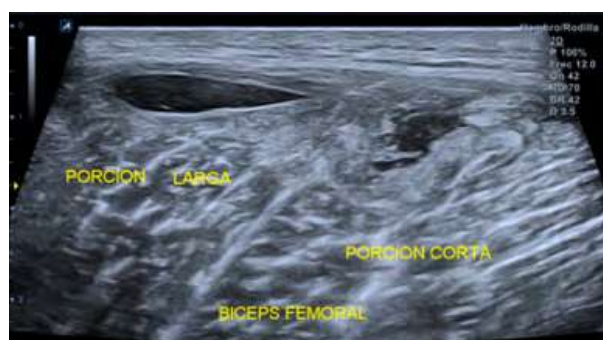


Figura 1. Lesión fascial con formación de hematoma extenso en la región superficial del bíceps femoral porción larga, pérdida de la ecoestructura fibrilar de la porción corta de localización intramuscular superficial asociado con hematoma, engrosamiento y pérdida de la ecoestructura interfascial porción larga y corta del bíceps femoral.

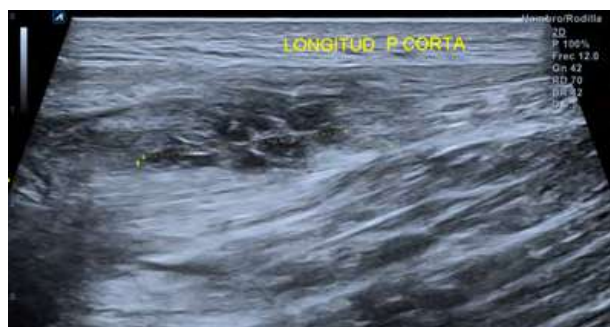


Figura 2. Visualización de la lesión en plano longitudinal.

la inoculación ecoguiada de plasma rico en plaquetas perilesional y se inició una terapia de carga progresiva controlada mediante seguimiento ecográfico, priorizando contracciones isométricas tempranas, seguidas de entrenamiento concéntrico y excéntrico en cadena cinética abierta y cerrada.

Discusión

La tipificación precisa de las lesiones musculares en los isquiotibiales ha experimentado una transición significativa, evolucionando desde escalas basadas puramente en hallazgos clínicos o histológicos hacia mapas de imágenes de alta fidelidad. Este caso pone de manifiesto una variante de presentación anatómica compleja y de reciente descripción: la lesión en cremallera o desgarró de la interfaz miofascial [5].

A diferencia de las disrupciones intratendinosas puras, que se asocian con un elevado riesgo de recidiva y un periodo prolongado de retorno seguro al juego, los desgarró que involucran un desprendimiento miofascial extenso (en este paciente, una separación longitudinal de 34 mm) suelen presentar un pronóstico de cicatrización biológica favorable. Esto se debe principalmente al rico aporte vascular que posee la fascia circundante, una característica que se correlaciona directamente con la marcada hiperemia perilesional identificada mediante el mapeo Doppler en este estudio [7][8].

No obstante, las dimensiones y el volumen de la separación interfascial (0.87 cc), sumados a la afección

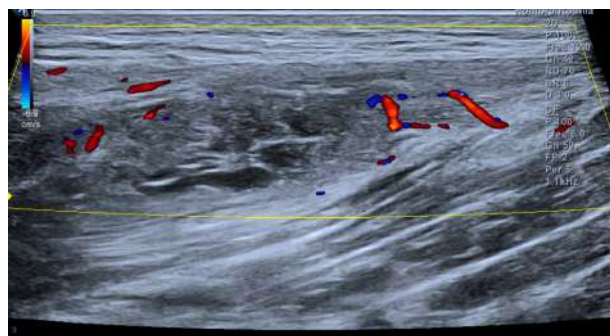


Figura 3. Hiperemia perilesional visualizada con técnica Doppler.

simultánea de las porciones larga y corta del bíceps femoral, imponen la necesidad de estructurar una rehabilitación física sumamente minuciosa. Conviene recordar que la porción larga del bíceps femoral es un músculo biarticular que actúa como extensor de la cadera y flexor de la rodilla, mientras que la porción corta es monoarticular y participa únicamente en la flexión de la rodilla [2]. Por lo tanto, la pérdida de continuidad en la interfaz de deslizamiento que une a ambos vientres musculares altera sustancialmente la distribución y transferencia de la fuerza lateral intrínseca.

Si el deportista retoma los sprints de alta intensidad antes de que esta zona de transición fascial recupere su elasticidad original y su resistencia mecánica basal, se incrementa críticamente el riesgo de cronificación del dolor por la formación de adherencias anómalas, o bien, de sufrir una re-lesión secundaria de mayor gravedad [9]. En este escenario, la ultrasonografía musculoesquelética de alta frecuencia demostró ser una herramienta de excelente sensibilidad diagnóstica para la monitorización dinámica a pie de campo, permitiendo delimitar con precisión milimétrica el componente de separación líquida y el comportamiento de la microvascularización local durante el seguimiento [10].

El empleo de una nomenclatura diagnóstica correcta en el reporte clínico evita subestimar la entidad patológica como una simple contractura o distensión menor. De este modo, se provee al cuerpo médico y técnico de las herramientas necesarias para guiar un retorno seguro a la competición y reducir al mínimo las tasas de relesión en el exigente fútbol de primera división.

Información Complementaria

Contribución de los autores (Taxonomía CRediT):

CAIG: Participó en la conceptualización, análisis formal, investigación, metodología, administración del proyecto, supervisión, validación, visualización y redacción-borrador original. CAAM: Participó en la conceptualización, análisis formal, investigación, metodología, validación, visualización y redacción-borrador original. JLRR: Participó en la conceptualización, análisis formal, investigación, metodología, validación, visualización y redacción-borrador original. JSVC: Participó en el análisis formal, investigación, metodología, visualización, redacción-revisión y edición.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Financiamiento

Ninguno.

Disponibilidad de datos

No aplica.

Agradecimientos

No aplica.

Declaración de uso de herramientas de inteligencia artificial (IA)

Los autores declaran el uso de herramientas de IA en la etapa de redacción con fines de optimizar la fluidez lingüística de la prosa. Todo el contenido fue revisado,

verificado y validado por los autores, quienes asumen plena responsabilidad por la exactitud, integridad y originalidad del manuscrito. No se introdujeron datos sensibles o confidenciales en las herramientas de IA.

En el proceso editorial, incluida la revisión por pares, se desarrolló conforme a la política de la revista sobre el uso responsable de herramientas de IA

Referencias

- Ekstrand J, Bengtsson H, Waldén M, Davison M, Khan KM, Hägglund M. Hamstring injury rates have increased during recent seasons and now constitute 24% of all injuries in men's professional football: the UEFA Elite Club Injury Study from 2001/02 to 2021/22. *Br J Sports Med.* 2023;57(5):292-298. DOI: [10.1136/bjsports-2021-105407](https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-105407).
- Kerin F, O'Flanagan S, Coyle J, Farrell G, Curley D, McCarthy Persson U, De Vito G, Delahunt E. Intramuscular tendon injuries of the hamstring muscles: a more severe variant? A narrative review. *Sports Med Open.* 2023;9(1):75. DOI: [10.1186/s40798-023-00621-4](https://doi.org/10.1186/s40798-023-00621-4).
- Pollock N, James SL, Lee JC, Chakraverty R. British athletics muscle injury classification: a new grading system. *Br J Sports Med.* 2014;48(18):1347-1351. DOI: [10.1136/bjsports-2013-093302](https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093302).
- Valle X, Alentorn-Geli E, Tol JL, Hamilton B, Garrett WE Jr, Pruna R, Til L, Gutierrez JA, Alomar X, Balias R, Malliaropoulos N, Monllau JC, Whiteley R, Witvrouw E, Samuelsson K, Rodas G. Muscle injuries in sports: a new evidence-informed and expert consensus-based classification with clinical application. *Sports Med.* 2017;47(7):1241-1253. DOI: [10.1007/s40279-016-0647-1](https://doi.org/10.1007/s40279-016-0647-1).
- Corsini A, Patrignani A, Vergani L, Vanzetti E, Orlandi D, Palmieri F, Cerciello S, Guzzini M, Palermi S. The "Bunny Tail" lesion: an MRI pattern of proximal biceps femoris tendon injury with rapid return to play in elite soccer players: a retrospective observational case series. *Orthop J Sports Med.* 2026;14(4):23259671261427748. DOI: [10.1177/23259671261427748](https://doi.org/10.1177/23259671261427748).
- Heiderscheit BC, Sherry MA, Silder A, Chumanov ES, Thelen DG. Hamstring strain injuries: recommendations for diagnosis, rehabilitation, and injury prevention. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010;40(2):67-81. DOI: [10.2519/jospt.2010.3047](https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3047).
- Freitas SR, Marmeleira J, Valamatos MJ, Blazeovich A, Mil-Homens P. Ultrasonographic measurement of the biceps femoris long-head muscle architecture. *J Ultrasound Med.* 2018;37(4):977-986. DOI: [10.1002/jum.14436](https://doi.org/10.1002/jum.14436).
- Germazi A, Roemer FW, Robinson P, Tol JL, Regatte RR, Crema MD. Imaging of muscle injuries in sports medicine: Sports Imaging Series. *Radiology.* 2017;282(3):646-663. DOI: [10.1148/radiol.2017160267](https://doi.org/10.1148/radiol.2017160267).
- Landry M. Brukner & Khan's Clinical Sports Medicine. *Physiother Can.* 2014;66(1):109-110. DOI: [10.3138/ptc.66.1.rev2](https://doi.org/10.3138/ptc.66.1.rev2).
- Dunkel J, Scheider TO, Tamborrini G. Muskelverletzungen: Stellenwert der hochauflösenden dynamischen Sonographie in der Diagnostik, Therapie und im Monitoring [Muscle injuries: the importance of high-resolution dynamic sonography in diagnostics, treatment and monitoring]. *Orthopädie (Heidelb).* 2024;53(6):404-414. DOI: [10.1007/s00132-024-04505-7](https://doi.org/10.1007/s00132-024-04505-7).