

ISSN 1405-9940 • eISSN: 1665-1731



Archivos de Cardiología de México

Año 96
Vol 96
Número 2
Abril - Junio
2026

International Journal listed in PubMed with Open Access



Disponible en:
www.archivoscardiologia.com



PERMANYER MÉXICO
www.permanyer.com



MUY PRONTO

Nos seguimos renovando para ti



www.smccardiologia.org.mx



**UPDATE
2026**



**2DA SESIÓN ESTATUTARIA
QUERÉTARO
AGOSTO**



**3ERA SESIÓN ESTATUTARIA
MONTERREY
NOVIEMBRE**

Archivos de Cardiología de México

Síguenos en nuestras
Redes Sociales

 Archivos de Cardiología de México

 @acmrevista

 @acmrevista

 Archivos de Cardiología de México

 Archivos de Cardiología de México



Disponible en:
www.archivoscardiologia.com

Máندانos tu artículo aquí

Archivos de Cardiología de México



No te pierdas ningún número.
Escanea el QR y suscríbete para
recibirlos en tu correo

Disponible en:
www.archivoscardiologia.com



Archivos de Cardiología de México

Órgano Oficial del Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, a la Sociedad Mexicana de Cardiología y a SIBIC-Internacional

www.archivoscardiologia.com

VOLUMEN 96 - NÚMERO 2 / Abril - Junio 2026 – ISSN: 1405-9940

eISSN: 1665-1731

COMITÉ EDITORIAL

Ignacio Chávez[†]
Editor Fundador

Alfonso Buendía Hernández
(INC, CDMX, México)
Editor en Jefe

Solange Gabriela Koretzky
(INC, CDMX, México)
Editora Ejecutiva

Ana C. Zazueta Mendizábal
(INC, CDMX, México)
Coeditora

Juan Verdejo París
(INC, CDMX, México)
Coeditor

Carlos Jerjes Sánchez
(Hospital Zambrano Hellion, N.L., México)
Coeditor

Carlos Sierra
(INC, CDMX, México)
Coeditor

Instituto Nacional de Cardiología
Jorge Gaspar Hernández
Director General
Gilberto Vargas Alarcón
Director de Investigación

Sociedad Mexicana de Cardiología
María Alexandra Arias Mendoza
Presidenta
Mauricio López Meneses
Vicepresidente

Alejandro Ricalde Alcocer
Secretario
Adolfo Chávez Mendoza
Tesorero

CONSEJEROS

María del Carmen Lacy Niebla
(CDMX, México)

Jesús Antonio González Hermosillo
(INC, CDMX, México)

José Fernando Guadalajara Boo
(INC, CDMX, México)

Tomás Pulido Zamudio
(INC, CDMX, México)

Guillermo Fernández de la Reguera
(CDMX, México)

EDITORES ASOCIADOS (Nacional)

Stephanie Angulo
(INC, CDMX, México)

Sandra Antúnez Sánchez
(CMN 20 de Noviembre ISSSTE, CDMX, México)

Alejandro Ávila Carrillo
(IMSS, CDMX, México)

Gabriela Borrayo Sánchez
(UNAM, CDMX, México)

Cecilia Britton
(Hospital Pediátrico Baca Ortiz, México)

Nilda Espinola Zavaleta
(INC, CDMX, México)

Karla Guadalupe Carvajal Aguilera
(INP, CDMX, México)

Marianna Andreina García
(INC, CDMX, México)

Verónica Guarnier Lans
(INC, CDMX, México)

María del Carmen Lacy Niebla
(INC, CDMX, México)

Aurora de la Peña
(INC, CDMX, México)

Aloha Meave González
(INC, CDMX, México)

Adriana Puente Barragán
(CMN 20 de Nov, CDMX, México)

María Eugenia Ruiz Esparza
(INC, CDMX, México)

Lilia Mercedes Sierra Galán
(Hospital ABC, CDMX, México)

Margarita Torres Tamayo
(INC, CDMX, México)

Zuilma Yurith Vázquez Ortiz
(INCM NSZ, CDMX, México)

Clara Andrea Vázquez Antona
(INC, CDMX, México)

María Elena Soto
(INC, CDMX, México)

Arturo Abundes Velazco
(INC, CDMX, México)

Carlos Alberto Aguilar Salinas
(INCMNSZ, CDMX, México)

José Benito Álvarez Mosquera
(Hospital Español, CDMX, México)

Javier Eduardo Anaya Ayala
(INCM NSZ, CDMX, México)

Diego Araiza Garaygordobil
(INC, CDMX, México)

José Antonio Quibrera Matienzo
(Hosp. Pediátrico, Sinaloa, México)

José Antonio Arias Godínez
(INC, CDMX, México)

Francisco Azar Manzur
(INC, CDMX, México)

Francisco Martín Baranda Tovar
(INC, CDMX, México)

Carlos Felipe Barrera
(Centro Hospitalario La Concepción, Coah., México)

Miguel Beltrán Gámez
(Hospital Ángeles, Tijuana, México)

Enrique Alexander Berrios Bárcenas
(INC, CDMX, México)

Alejandro Cabello López
(CMN SXXI, IMSS, CDMX, México)

Juan Calderón Colmenero
(INC, CDMX, México)

Jorge Luis Cervantes Salazar
(INC, CDMX, México)

Felipe Gerardo Chio Deanda
(UMAE, IMSS, Monterrey, México)

Eduardo Chuquiure Valenzuela
(INC, CDMX, México)

Luis T. Córdova Alvelais
(Cardiología Clín., Saltillo, Coahuila, México)

José Luis Criales Cortes
(Grupo C.T. Scanner, CDMX, México)

Sergio Criales Vega
(INC, CDMX, México)

Erasmus de la Peña Almaguer
(Inst. Cardiovascular, Monterrey, México)

Jesús de Rubens Figueroa
(INP, CDMX, México)

Guering Eid Lidt
(INC, CDMX, México)

Luis Eng Ceceña
(Hosp. Fátima de Los Mochis, Sinaloa, México)

Julio Erdmenger Orellana
(HIM, CDMX, México)

Xavier Escudero Cañedo
(Médica Sur, CDMX, México)

Gerardo Gamba
(INCM NSZ, CDMX, México)

Edgar García
(INC, CDMX, México)

Gerardo de Jesús García Rivas
(ITESM, Monterrey, México)

Jaime F. García Guerra
(CM. Zambrano Hellion, Monterrey, N.L., México)

Antonio González Font
(Hospital MCPAL del Niño, Durango, México)

Sergio González Romero
(Hosp. Cardiovascular, Durango, México)

Rodrigo Gopar Nieto
(INC, CDMX, México)

Francisco Javier Guerrero Martínez
(Torre Médica Campestre II, Gto., México)

Milton E. Guevara Valdivia
(CM La Raza, CDMX, México)

Pedro Gutiérrez Fajardo
(Instituto Cardiovascular, GdL. México)

José Enrique Hernández López
(Hospital Español, CDMX, México)

Hermes Ilarrazza Lomelí
(INC, CDMX, México)

Pedro Iturralde Torres
(INC, CDMX, México)

Raúl Izaguirre Ávila
(INC, CDMX, México)

Eric Kimura Hayama
(Grupo C.T. Scanner, CDMX, México)

Cristo Kusulas Zerón
(CMN Siglo XXI, CDMX, México)

Antonio Jordan
(Hosp. Fátima de Los Mochis, Sinaloa, México)

José Luis Leyva Pons
(Hospital Central Dr. Morones Prieto, SLP, México)

José Salvador López Gil
(Instituto Nacional de Cardiología, México)

Mauricio López Meneses
(INC, CDMX, México)

José Antonio Magaña Serrano
(CMN Siglo XXI, CDMX, México)

Humberto J. Martínez Hernández
(INC, CDMX, México)

Arturo Martínez Sánchez
(CMN Siglo XXI, CDMX, México)

Daniel Manzur Sandoval
(INC, CDMX, México)

Efren Melano Carranza
(INC, CDMX, México)

Luis Gerardo Molina
(HGM, CDMX, México)

Javier Molina Méndez
(INC, CDMX, México)

Luis Antonio Moreno Ruiz
(IMSS, CDMX, México)

Juan Carlos Necochea Alva
(Hospital Ángeles, CDMX, México)

Yatzil Necochea
(IMSS, CDMX, México)

Emilia Patiño
(INC, CDMX, México)

Marco Antonio Peña Duque
(Médica Sur, CDMX, México)

Mauricio Pierdant
(Universidad Autónoma de San Luis Potosí, LP, México)

Alejandro Ricalde
(Centro Médico ABC, CDMX, México)

EDITORES ASOCIADOS (Nacional)

Gerardo Rodríguez Diez
(CMN, CDMX, México)
Eduardo Martín Rojas Pérez
(INC, CDMX, México)

Francisco J. Roldán Gómez
(INC, CDMX, México)
Eugenio Ruesga Zamora
(Hospital Ángeles, CDMX, México)

Juan Pablo Sandoval Jones
(INC, CDMX, México)
Luis Efrén Santos Martínez
(CMN Siglo XXI, CDMX, México)

Daniel Sierra
(INC, CDMX, México)
Enrique Vallejo Venegas
(ABC, CDMX, México)

EDITORES ASOCIADOS (Internacional)

Daniel Aguirre Nava
(Hosp. Roberto del Río, Chile)
John Jairo Araujo
(Vall d'Hebron-Sant Pau, España)
Juan José Badimon
(Inst. Cardiovascular, EE.UU.)
Adrián Marco Baranchuk
(Queen's University, Canadá)
Jorge Catrip Torres
(USCL, EE.UU.)

Wistremundo Dones
(Hosp. Humacao, Puerto Rico)
Pablo Martínez Amezcua
(Johns Hopkins Bloomberg School
of Public Health, Baltimore, EE.UU.)
Ismael Guzmán Melgar
(Hospital Roosevelt, Guatemala)
Sauri Hernández Reséndiz
(Academic Medical Center, Singapur)
Daniel Piñeiro
(Hosp. Clínicas, Argentina)

Daniel Piskorz
(Sanatorio Británico, Argentina)
Samuel Ramírez Marroquín
(Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala)
Juan Ramírez Taveras
(Corazones CIBAO, Rep. Dominicana)
Jose Mauricio Velado
(Hospital Centro Pediátrico,
El Salvador)
Fernando Wys
(Cardiosolutions, Guatemala)

CONSEJO CONSULTIVO

Fernando Alfonso
España

Mario Delmar
EE.UU.

Valentín Fuster
EE.UU.

José Jalife
EE.UU.

Carlos Zabal Cerdeira
México

EQUIPO EDITORIAL

David Quintana Rangel

Deborah Bolnik Sissa

Teresa Ramírez Vidal

Vicente Romero Ferrer

COMITÉ EDITORIAL INTERNACIONAL

Alicia Manceira
(Hospital La Fe, España)
Adolfo Vera Delgado
(Sociedad Médica del Pacífico, Colombia)
Alfredo Ramírez
(Hospital Clínico Universidad de Chile, Chile)
Antonio Bayés de Luna
(Hospital Quirónsalud, España)
Cándido Martín Luengo
(Hospital Universitario de Salamanca, España)
Carlos Macaya
(Hospital Clínico San Carlos, España)
Conrad Simpfendorfer
(Cleveland Clinic, EE.UU.)
Eduardo Sosa
(Instituto del Corazón-InCor, Brasil)
Ernest García
(Emory Nuclear Cardiology R&D Laboratory, EE.UU.)
Expedito E. Ribeiro da Silva
(Instituto del Corazón de Hc FMUSP, Brasil)
Félix Malpartida de Torres
(Servicio Andaluz de Salud, España)

Francisco López Jiménez
(Mayo Clinic, EE.UU.)
Francisco Navarro López
(Hospital Clínico, España)
Françoise Hidden Lucet
(Hôpital La Pitié-Salpêtrière, Francia)
Ginés Sanz Romero
(Centro Nac. Invest. Cardiovasculares, España)
Joelci Tonet
(Hôpital La Pitié-Salpêtrière, Francia)
José Luis López Sendón
(Hospital Universitario La Paz, España)
José Luis Zamorano
(Hospital Clínico San Carlos, España)
Juan Antonio Muntaner
(Instituto de Cardiología Tucumán, Argentina)
Juan Carlos Kaski
(Hospital St. George's, España)
Julio E. Pérez
(Washington Univ. Sch. Med, EE.UU.)
Leonardo Rodríguez
(Cleveland Clinic, EE.UU.)

Leopoldo Pérez de Isla
(Hospital Clínico San Carlos, España)
Marcelo Di Carli
(Brigham and Women's Hospital, EE.UU.)
Max Amor
(Clinique Louis Pasteur, Francia)
Miguel Ángel Gómez Sánchez
(Eborasalud, España)
Natesa Pandian
(Tufts Medical Center, EE.UU.)
Paul Friedman
(Mayo Clinic, EE.UU.)
Pedro Brugada
(Hospiten Estepona, España)
Robert Frank
(Multicare Puyallup Int. Med. Clinic, Francia)
Sam Asirvatham
(Mayo Clinic, EE.UU.)
Sergio Perrone
(Sanatorio de la Trinidad Mitre, Argentina)
Sergio Franco Sierra
(Universidad CES, Medellín, Colombia)
Carlos Eduardo Morales
(DHR Health, UTRGV, EE.UU.)

COMITÉ EDITORIAL NACIONAL

Victoria Chagoya Hazas
(Instituto de Fisiología Celular UNAM, CDMX, México)
Martha Franco Guevara
(INC, CDMX, México)
Emilia Patiño Bahena
(INC, CDMX, México)
Lydia Rodríguez Hernández
(Hospital Ángeles Pedregal, CDMX, México)
Marco Antonio Alcocer Gamba
(Hospital Ángeles, Querétaro, México)
Rodolfo Barragán García
(Hospital Médica Sur, CDMX, México)
Rafael Bojalil Parra
(UAM-X, CDMX, México)
Jesús Canale Huerta
(Hospital CIMA, Hermosillo, Sonora, México)
Manuel de la Lliata Romero
(CMN Siglo XXI, CDMX, México)

Mauro Echavarría Pinto
(Hospital Star Médica, Querétaro, México)
Emilio Exaire Murad
(Hospital Médica Sur, CDMX, México)
Adolfo García Sainz
(Instituto de Fisiología Celular UNAM, CDMX, México)
Jorge R. Gómez Flores
(INC, CDMX, México)
Valentín Herrera Alarcón
(INC, CDMX, México)
Enrique Hong Chon
(INP-CINVESTAV, CDMX, México)
Guillermo Llamas Esperón
(Hospital Cardiológica de Aguascalientes, México)
Luis Llorente Peter
(INCMSZ, CDMX, México)
Jorge Luna Guerra
(Hospital Ángeles, Tijuana, México)

Manuel Martínez Lavín
(INC, CDMX, México)
Jesús Martínez Reding
(INC, CDMX, México)
Jesús Martínez Sánchez
(Médica Sur, CDMX, México)
Santiago Nava Townsend
(INC, CDMX, México)
Yatzil Necochea
(INC, CDMX, México)
Gerardo Rodríguez Diez
(Centro Médico ABC, CDMX, México)
Erick Alexanderson Rosas
(INC, CDMX, México)
María Elena Soto
(INC, CDMX, México)
Guillermo Torre Amione
(CM. Zambrano Hellion, Monterrey, N.L., México)
Daniel Zavaleta López
(Consultas privadas, Tuxtla Gutiérrez, México)



Archivos de Cardiología de México

Órgano Oficial del Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, a la Sociedad Mexicana de Cardiología y a SIBIC-Internacional

Archivos de Cardiología México, Continuación de Archivos Latinoamericanos de Cardiología y Hematología (1930), de Archivos del Instituto de Cardiología de México (1944). 1944 y 1961 por Instituto Nacional de Cardiología (registro 303757).

Factor de impacto: Journal Citation Reports = 0.7
Indicador de trascendencia:
SCImago Journal Rank (SJR, 2024) = 0,233
Para comparar con otras revistas, visite:
www.scimagojr.com

Archivos de Cardiología de México provides:

- Free full text articles – freely accessible online.
- Peer review by expert, practicing researchers.
- Worldwide visibility through PubMed/MEDLINE.

La revista está indexada o listada en/
This journal is indexed in:
WoS/ESCI™, PubMed/MEDLINE, Excerpta Medica/EMBASE, EBSICO, Biological Abstracts/BIOSIS, Índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica (CONACYT), ISI-Master Journal List, MD Consult (Elsevier), SJR SCIMAGO, SCOPUS, Periódica (Índice de Revistas Latino-americanas en Ciencias), Latindex, Ulrich's International Directory, Medigraphic (Literatura Biomédica), SciELO-México.

La revista Archivos de Cardiología de México representa al órgano oficial del Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, a la Sociedad Mexicana de Cardiología y a SIBIC-Internacional. Es una publicación que recibe manuscritos en español e inglés y cuenta con una plataforma digital para gestionar el proceso editorial, incluyendo la recepción y aceptación de artículos de investigación en el ámbito cardiovascular, tanto clínico como experimental, en los siguientes subtemas:

- Cirugía cardiovascular
- Hemodinámica y coronaria
- Cardiopatías congénitas en niños y adultos
- Hematología

En las siguientes categorías:

- Editoriales*
- Comentarios editoriales*
- Cartas científicas
- Artículos opinión
- Artículos especiales*
- Artículos de investigación
- Artículos de revisión
- Carta al Editor-réplica*
- Imagen cardiológica

*Solo por invitación**

Todos los artículos son evaluados por pares doble ciego por el comité editorial y no serán revisados entre los miembros de la misma institución. La mayor parte del espacio se destinará a trabajos originales, el resto a revisión de temas cardiológicos y a comunicaciones breves. Se publicarán en fascículos trimestrales tanto en forma impresa como en revista electrónica de acceso libre. Se reservará un lugar para noticias médicas.

La revista cuenta con el software iThenticate, que permite analizar cada documento comparándolo con todos los existentes en línea para evaluar coincidencias. No se permitirán prácticas fraudulentas, como la falsificación de datos, duplicidades o plagio.

Editor en jefe Dr. Alfonso Buendía Hernández Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorid=7006079294>

- Insuficiencia cardiaca
- Electrofisiología
- Rehabilitación
- Cardio-oncología

- Investigación básica
- Investigación clínica
- Investigación carta científica
- Investigación carta al Editor*
- Encargo*
- Suplemento*
- Trombosis*
- Insuficiencia cardiaca*
- Curso de cardiología*

Archivos de Cardiología de México (ISSN 1405-9940) is the official journal of the Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez", the Sociedad Mexicana de Cardiología (Mexican Society of Cardiology) and of the Sociedad de Internos y Becarios del Instituto Nacional de Cardiología (SIBIC-International). All articles are evaluated by double blind peers by the editorial committee. It has been published without interruption since 1930. Formerly known as "Archivos Latinoamericanos de Cardiología y Hematología" it changed its name to "Archivos del Instituto Nacional de Cardiología de México", when the Instituto Nacional de Cardiología was constituted, in Mexico City in 1944.

Its name was changed again in 2001 to "Archivos de Cardiología de México", as it is currently known. It is published in quarterly fascicles, in print and with free electronic access. Most of the space will be allocated to original works, and the rest to the review of cardiological issues and brief communications. A place will also be reserved for medical news.

The journal has a Crosscheck software that allows for the analysis of each document by comparing it with already existing online texts, to detect any match. Fraudulent practices will not be allowed, particularly the falsification of data, duplicity and plagiarism.

ARCHIVOS DE CARDIOLOGÍA DE MÉXICO, Año 96, Vol.2 Abril-Junio 2026, es una publicación trimestral con 4 números anuales editado y publicado por el Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, Distribuido por el Departamento de Publicaciones, Juan Badiano, N° 1, Col. Sección XVI, Alcaldía Tlalpan, C.P. 14080, Ciudad de México, Tel.: +52 55 5573 2911 Ext. 23304, 23302 y 23305. Sitio web: <http://archivoscardiologia.com/>, correo electrónico: acmrevista@gmail.com, Editor responsable: Dr. Alfonso Buendía Hernández.

Número de reserva de derecho al uso exclusivo N° 04-2023-051009475400-102 y número ISSN: 1405-9940, e-ISSN: 1665-1731, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Número de Certificado de Licitud de Título: 11844. Número de certificado de licitud de contenido: 8444, otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas "Secretaría de Gobernación". Editado por Permanyer México SA de CV. Impreso en México por Offset Santiago SA de CV, San Pedro Totoltepec, Manzana 4, Lote 2 y 3, Parque Industrial Exportec 1, 50200 Toluca de Lerdo, México. Este número se terminó de imprimir el 27 de mayo de 2026 con un tiraje de 500 ejemplares, publicación periódica. La reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de esta publicación se rige de acuerdo a la licencia Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0).

Esta obra se presenta como un servicio a la profesión médica. El contenido de la misma refleja las opiniones, criterios y/o hallazgos propios y conclusiones de los autores, quienes son responsables de las afirmaciones. En esta publicación podrían citarse pautas posológicas distintas a las aprobadas en la Información Para Prescribir (IPP) correspondiente. Algunas de las referencias que, en su caso, se realicen sobre el uso y/o dispensación de los productos farmacéuticos pueden no ser acordes en su totalidad con las aprobadas por las Autoridades Sanitarias competentes, por lo que aconsejamos su consulta. El editor, el patrocinador y el distribuidor de la obra, recomiendan siempre la utilización de los productos de acuerdo con la IPP aprobada por las Autoridades Sanitarias.



Permanyer
Mallorca, 310 – Barcelona (Cataluña), España – permanyer@permanyer.com

Permanyer México
Temístocles, 315
Col. Polanco, Del. Miguel Hidalgo – 11560 Ciudad de México
mexico@permanyer.com

© 2026 Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez



TCF Impreso en papel totalmente libre de cloro

Este papel cumple los requisitos de ANSI/NISO Z39.48-1992 (R 1997) (Papel Permanente)

Edición impresa en México

ISSN: 1405-9940
Ref.: 11783AMEX262

La información que se facilita y las opiniones manifestadas no han implicado que los editores lleven a cabo ningún tipo de verificación de los resultados, conclusiones y opiniones.

Reproducciones con fines comerciales: Sin contar con el consentimiento previo por escrito del editor, no podrá reproducirse ninguna parte de esta publicación, ni almacenarse en un soporte recuperable ni transmitirse, de ninguna manera o procedimiento, sea de forma electrónica, mecánica, fotocopiando, grabando o cualquier otro modo para fines comerciales.

Portada: Angiotomografía de arterias coronarias de origen anómalo del tronco coronario izquierdo desde el seno de Valsalva derecho con trayecto intramio-cárdico subpulmonar. Cortesía de la Dra. Gabriela Melendez.



Archivos de Cardiología de México

Órgano Oficial del Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, de la Sociedad Mexicana de Cardiología y de SIBIC-Internacional

www.archivoscardiologia.com

VOLUMEN 96 - NÚMERO 2 / Abril-Junio – ISSN: 1405-9940

eISSN: 1665-1731

Contenido

EDITORIAL

Agonistas GLP-1: es momento de evaluar eventos adversos mayores en extremidades en ensayos clínicos 99
Fernando Garagoli y Walter Masson

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

Influencia del nivel socioeconómico en el infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST en México 102
Eduardo Barragán-Hernández y Rodrigo Gopar-Nieto

Perfiles de placas ateroscleróticas basados en datos de QAngio-CT asociados con alteraciones funcionales evaluadas mediante PET-CT 110
Erick Alexanderson-Rosas, Leopoldo Pérez-de Isla, Neftalí E. Antonio-Villa, Enrique C. Guerra, Aldo Cabello-Ganem, Leonardo Proaño-Bernal, Santiago Luna-Alcalá, Ma. José Santa-Ana-Bayona, Pavel Martínez-Domínguez, Alexis D. Aparicio-Ortiz, Isabel Carvajal-Juárez, Joaquín Berarducci, Javier I. Armenta-Moreno y Nilda Espinola-Zavaleta

Inteligencia artificial y cardiología en Latinoamérica: un análisis bibliométrico de 5 años de investigación científica 120
Fabián A. Chavez-Ecos, Carlos Quispe-Vicuña, Leonardo J. Uribe-Cavero, Wagner Ríos-García, Linda A. Pasapera-Chacaliza, Luis A. Javier-Contreras, Miguel A. Chavez-Gutierrez y Kiara Camacho-Caballero

ARTÍCULO DE REVISIÓN

Seguridad y eficacia de la angiografía coronaria rotacional de doble eje vs. angiografía coronaria estándar: metaanálisis 130
Stevan Rezende, Felipe de Mattos y Ma. Karina Matoza-Báez

ARTÍCULO ESPECIAL

Nuevas aplicaciones del medidor de flujos coronarios. Disección aguda de aorta ascendente con afectación de troncos supra aórticos: a propósito de un caso 137
Isabel Franco-Fernández, Alejandra Barreto-Guevara, Miguel Rubio-Alonso, Ali Ayaon-Albarrán y Enrique Villagrán-Medinilla

CARTAS CIENTÍFICAS

Rescate endovascular de disfunción ventricular izquierda grave en síndrome aórtico medio diagnosticado como miocardiopatía terminal 142
Justo Santiago-Peña, Yudisay Molina-Mora, Javier Castro-Monsalve, Felipe Rubio-Duarte y Alexandra Hurtado-Ortiz

Embolización transcáteter de fístula coronario-pulmonar sintomática: importancia de la imagen multimodal 146

Yuxtaposición a la derecha de la orejuela auricular izquierda con el orificio de origen en una localización poco habitual: reporte de caso 151
Andrea Nava-Celis, José L. Colín-Ortiz y Jorge A. Silva-Estrada

IMÁGENES EN CARDIOLOGÍA

Aneurisma gigante de la arteria pulmonar 154
José M. Alanís-Naranjo, Carlos A. Vázquez-Aguilar, Arturo E. Gudiño-Resendez, Diana C. Méndez-Tino y Cielmar Galeana-Abarca

Estenosis pulmonar por masa mediastínica: una causa infrecuente 157
Laura V. López-Gutiérrez, Luisa F. Durango, Cristian C. Agudelo-Quintero y Ana M. Suárez-Caicedo

Bloqueo auriculoventricular completo como manifestación clínica de sarcoidosis cardíaca 160
Gardenia L. Chango-Acurio, Crisithian E. Scatularo, Sofía Corzo, Diana M. Miserendino y Hugo O. Grancelli

CARTAS AL EDITOR

Mixosarcoma cardíaco: a propósito de un caso 165
Antonio Cabodevila-Maldonado, Alberto Aranda-Fraustro y Celso Mendoza-González

La importancia de conocer la metodología en una investigación: carta al editor sobre el artículo de Godínez-Córdova et al. 168
Aymée Palomino-Villegas

Aplicaciones de la variabilidad de la frecuencia cardíaca en el entrenamiento físico infantil: un complemento al enfoque clínico 170
Héctor Fuentes-Barría, Raúl Aguilera-Eguía, Miguel Alarcón-Rivera y Eduardo Guzmán-Muñoz

Oxigenación por membrana extracorpórea en miocardiopatía séptica: un reporte de caso 172
Leoncio Morel-Díaz, Aura A. López-García, Emmanuel A. Lazcano-Díaz y Eduardo A. González-Escudero

Agonistas GLP-1: es momento de evaluar eventos adversos mayores en extremidades en ensayos clínicos

GLP-1 receptor agonists: it is time to assess major adverse limb events in clinical trials

Fernando Garagoli* y Walter Masson

Departamento de Cardiología, Hospital Italiano de Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

La enfermedad arterial de miembros inferiores (EAMI) constituye una manifestación aterosclerótica que afecta a más de 200 millones de personas en todo el mundo y se caracteriza por presentar un peor pronóstico en comparación con el compromiso de otros territorios vasculares. Clínicamente, la EAMI puede cursar de forma asintomática o manifestarse dentro de un espectro que abarca desde la claudicación intermitente y molestias atípicas hasta la forma de presentación más avanzada, que es la isquemia crónica que amenaza la extremidad¹. La amputación constituye una complicación mayor dentro de los eventos vasculares que afectan a los miembros inferiores, con un elevado impacto en la morbimortalidad del paciente y en los costos para el sistema de salud².

A pesar del riesgo cardiovascular elevado y bien documentado asociado con la EAMI, esta continúa siendo subdiagnosticada y subtratada en la práctica clínica. El estudio PARTNERS evidenció que menos de la mitad de los médicos tratantes eran conscientes del diagnóstico en sus pacientes con EAMI, lo que revela una brecha crítica en el reconocimiento de esta enfermedad³. Asimismo, persisten desigualdades en la implementación de estrategias de prevención secundaria en comparación con otros territorios vasculares, como la enfermedad coronaria o la isquemia cerebrovascular⁴.

Los agonistas del receptor del péptido similar al glucagón tipo 1 (GLP-1, *glucagon-like peptide-1*) han demostrado beneficios cardíacos, renales y metabólicos consistentes en pacientes con diabetes *mellitus* tipo 2 (DM2) y alto riesgo cardiovascular, incluyendo aquellos con EAMI. Sin embargo, a pesar de la creciente evidencia que respalda su eficacia en la reducción de eventos cardiovasculares adversos mayores, los datos disponibles sobre eventos adversos mayores en las extremidades siguen siendo limitados, principalmente debido a la infrarrepresentación de esta población o a la evaluación insuficiente de desenlaces específicos relacionados con las extremidades en los grandes ensayos clínicos. Las guías clínicas actuales respaldan el uso de los agonistas del receptor del GLP-1 con una recomendación de clase I para la reducción de los eventos cardiovasculares adversos mayores en pacientes con EAMI y DM2. No obstante, dichas guías no emiten recomendaciones concluyentes respecto a los eventos adversos mayores en las extremidades, limitándose a una sugerencia de clase IIb que indica que un control glucémico óptimo podría mejorar los desenlaces relacionados con las extremidades en este grupo de alto riesgo⁵.

Recientemente, nuestro grupo de investigación ha publicado un metaanálisis en el que se evidenció que

***Correspondencia:**

Fernando Garagoli

E-mail: fernando.garagoli@hospitalitaliano.org.ar

1405-9940 / © 2025 Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. Publicado por Permanyer. Este es un artículo *open access* bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Fecha de recepción: 23-05-2025

Fecha de aceptación: 12-07-2025

DOI: 10.24875/ACM.25000107

Disponible en internet: 30-09-2025

Arch Cardiol Mex. 2026;96(2):99-101

www.archivoscardiologia.com

los agonistas del receptor del GLP-1 se asocian con una reducción del 22% en el riesgo de eventos adversos mayores en las extremidades, definido como la combinación de revascularización o amputación (*odds ratio*: 0.78; intervalo de confianza del 95% [IC 95%]: 0.62-0.98; $I^2 = 39\%$) en pacientes con DM2, independientemente del antecedente de EAMI⁶. A pesar de la sólida evidencia sobre los beneficios cardiovasculares de este grupo de fármacos, hasta la fecha de dicho metaanálisis solo cuatro ensayos clínicos habían reportado desenlaces relacionados con eventos adversos mayores en las extremidades, y en general lo hicieron como objetivos secundarios o a través de un análisis *post hoc*. Esta infrarrepresentación resulta paradójica, considerando que la EAMI confiere un riesgo cardiovascular incluso mayor que el de la enfermedad coronaria aislada, pero ha recibido considerablemente menos atención en la investigación clínica. La escasa evaluación de desenlaces específicos de EAMI no solo limita nuestra comprensión del potencial terapéutico de los agonistas del receptor GLP-1, sino que perpetúa inequidades en la atención cardiovascular.

En este contexto, el ensayo STRIDE -un estudio doble ciego, aleatorizado y controlado con placebo- evaluó los efectos de la semaglutida por vía subcutánea sobre la capacidad de marcha en 792 pacientes con DM2 y EAMI, específicamente con claudicación intermitente. Tras 52 semanas de tratamiento, se observó una mejora significativa en la distancia de caminata en el grupo tratado con semaglutida⁷. Si bien estos hallazgos aportan datos relevantes sobre el beneficio funcional del tratamiento, también evidencian limitaciones persistentes tanto en la práctica clínica como en el diseño de los ensayos relacionados con la EAMI. En este sentido, la capacidad de marcha puede estar influida de manera indirecta por la pérdida de peso y las mejoras metabólicas generales inducidas por los agonistas del receptor GLP-1, más que por un efecto vascular directo. Esta interpretación cobra particular importancia al considerar que la mayoría de los participantes en el estudio STRIDE presentaba sobrepeso u obesidad, condición que puede contribuir a la presencia de síntomas de pseudoclaudicación no necesariamente relacionados con insuficiencia arterial. Además, el diagnóstico de EAMI en este estudio se basó exclusivamente en parámetros hemodinámicos indirectos, como los índices tobillo-brazo o dedo-brazo (evaluaciones que cuentan con limitaciones sobre todo en la población con diabetes y sobrepeso u obesidad), sin estimaciones hemodinámicas directas sobre las obstrucciones arteriales mediante ultrasonido Doppler, lo cual impide la caracterización precisa de la enfermedad y la evaluación del efecto terapéutico.

El ensayo SOUL, cuyos resultados se publicaron con posterioridad a nuestro metaanálisis, ha aportado evidencia adicional al demostrar que el uso de semaglutida oral se asoció con una reducción de los eventos adversos mayores en las extremidades (*hazard ratio*: 0.71; IC 95%: 0.52-0.96), definidos como un compuesto de hospitalización por isquemia aguda o crónica de miembros inferiores⁸. No obstante, por el diseño del estudio y la naturaleza exploratoria de dicho desenlace, no pueden realizarse inferencias concluyentes respecto a este resultado.

En conclusión, ante el creciente cuerpo de evidencia sobre los beneficios cardiovasculares de los agonistas del receptor GLP-1, resulta fundamental que los futuros ensayos clínicos prioricen la inclusión de eventos clínicamente relevantes asociados a la EAMI. En este contexto, sugerimos considerar como desenlaces primarios duros las hospitalizaciones por isquemia crónica que amenaza la extremidad, el requerimiento de revascularización vinculado a esta forma de presentación clínica y las amputaciones. La incorporación de estos eventos permitirá caracterizar con mayor precisión el impacto de los agonistas del receptor GLP-1 sobre la vasculatura periférica y avanzar hacia una medicina verdaderamente orientada a las poblaciones de alto riesgo.

Financiamiento

Los autores declaran que no han recibido financiamiento de ninguna entidad pública o privada para la elaboración del presente artículo.

Conflicto de intereses

W. Masson ha participado como conferencista para Novo Nordisk. F. Garagoli declara no tener conflicto de intereses.

Consideraciones éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad, consentimiento informado y aprobación ética. El estudio no involucra datos personales de pacientes ni requiere aprobación ética. No se aplican las guías SAGER.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial. Los autores declaran que no utilizaron algún tipo de inteligencia artificial generativa para la redacción de este manuscrito.

Referencias

1. Adou C, Magne J, Gazere N, Aouida M, Chastaingt L, Aboyans V. Global epidemiology of lower extremity artery disease in the 21st century (2000-21): a systematic review and meta-analysis. *Eur J Prev Cardiol.* 2024;31:803-11.
2. Jodheea-Jutton A, Hindocha S, Bhaw-Luximon A. Health economics of diabetic foot ulcer and recent trends to accelerate treatment. *Foot.* 2022;52:101909.
3. Hirsch AT, Criqui MH, Treat-Jacobson D, Regensteiner JG, Creager MA, Olin JW, et al. Peripheral arterial disease detection, awareness, and treatment in primary care. *JAMA.* 2001;286:1317-24.
4. Cacoub PP, Abola MTB, Baumgartner I, Bhatt DL, Creager MA, Liao CS, et al. Cardiovascular risk factor control and outcomes in peripheral artery disease patients in the Reduction of Atherothrombosis for Continued Health (REACH) Registry. *Atherosclerosis.* 2009;204:e86-92.
5. Gornik HL, Aronow HD, Goodney PP, Arya S, Brewster LP, Byrd L, et al. 2024 ACC/AHA/AACVPR/APMA/ABC/SCAI/SVM/SVN/SVS/SIR/VES guideline for the management of lower extremity peripheral artery disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation.* 2024;149:e1313-410.
6. Garagoli F, Masson W, Barbagelata L, Lobo M. Effect of glucagon-like peptide-1 receptor agonists on the risk of major adverse limb events in patients with type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Endocrinol Diabetes Nutr.* 2025;72:501562.
7. Bonaca MP, Catarig AM, Houliand K, Ludvik B, Nordanstig J, Ramesh CK, et al. Semaglutide and walking capacity in people with symptomatic peripheral artery disease and type 2 diabetes (STRIDE): a phase 3b, double-blind, randomised, placebo-controlled trial. *Lancet.* 2025;405:1580-93.
8. McGuire DK, Marx N, Mulvagh SL, Deanfield JE, Inzucchi SE, Pop-Busui R, et al. Oral semaglutide and cardiovascular outcomes in high-risk type 2 diabetes. *N Engl J Med.* 2025;392:2001-12.

Influencia del nivel socioeconómico en el infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST en México

Influence of socioeconomic status on ST-segment elevation myocardial infarction in Mexico

Eduardo Barragán-Hernández^{1*} y Rodrigo Gopar-Nieto²

¹Cardiología Clínica; ²Unidad de Urgencias y Cuidados Coronarios. Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, Ciudad de México, México

Resumen

Objetivo: En diferentes países se ha descrito el impacto del nivel socioeconómico (NSE) asociado con diferentes factores de riesgo cardiovascular, incidencia y desenlaces, incluyendo mortalidad. El objetivo fue conocer la supervivencia intrahospitalaria en pacientes con infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST (IAMCEST) tratados con estrategia farmacoinvasiva de acuerdo con su NSE. **Método:** Se realizó un estudio observacional, retrospectivo, unicéntrico, de tipo cohorte, que involucró 694 pacientes con diagnóstico de IAMCEST de marzo de 2018 a abril de 2022 tratados con estrategia farmacoinvasiva. **Resultados:** Se trató de una población joven, con una edad promedio de 58 años. Hipertensión arterial sistémica, tabaquismo y diabetes fueron los factores de riesgo más prevalentes en la población independientemente del NSE. La enfermedad renal crónica fue más prevalente en el grupo de NSE ≥ 2 . El tiempo de isquemia total fue de 5 horas en promedio para ambos grupos, y no hubo diferencias en mortalidad. No hubo diferencias significativas en cuanto a los tiempos y los resultados finales de la terapia farmacoinvasiva, con percentiles 25-75 de 6.9 a 48 h, con un porcentaje de éxito del 62.7%. **Conclusiones:** El NSE no parece tener influencia en las características de la población y en los desenlaces inmediatos, lo cual concuerda con los reportes de los países con servicios de salud universal, a diferencia de los países con mayor restricción al sistema de salud, debido al uso de aseguradoras.

Palabras clave: Nivel socioeconómico. Infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST. Terapia farmacoinvasiva. Sistema de salud. México.

Abstract

Objective: In different countries, the impact of the socioeconomic status (SES) associated with different cardiovascular risk factors, incidence, and outcomes, including mortality, has been described. The objective was to determine the in-hospital survival in patients with ST-segment elevation myocardial infarction (STEMI) treated with a pharmacoinvasive strategy according to their SES. **Method:** A retrospective, unicentric, cohort-type observational study was carried out, involving 694 patients diagnosed with STEMI from March 2018 to April 2022 treated with a pharmacoinvasive strategy. **Results:** The study population was young, with an average age of 58 years. Systemic arterial hypertension, smoking, and diabetes were the most prevalent risk factors in the population regardless of SES. Chronic kidney disease was more prevalent in the SES ≥ 2 group. There were no differences in mortality; the total ischemic time was an average of 5 hours for both groups. There were no

*Correspondencia:

Eduardo Barragán-Hernández
E-mail: eduardobarragan27@gmail.com

Fecha de recepción: 06-08-2024
Fecha de aceptación: 19-03-2025
DOI: 10.24875/ACM.24000147

Disponible en internet: 27-05-2026
Arch Cardiol Mex. 2026;96(2):102-109
www.archivoscardiologia.com

1405-9940 / © 2025 Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. Publicado por Permanyer. Este es un artículo *open access* bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

significant differences in the times and final outcomes of pharmacoinvasive therapy, with percentiles 25-75 of 6.9 to 48 h, and with a success rate of 62.7%. **Conclusions:** The SES does not have an influence on the characteristics of the population and immediate outcomes, which is consistent with reports from countries with universal healthcare services, unlike countries with greater healthcare system restrictions due to the use of insurers.

Keywords: Socioeconomic status. STEMI. Pharmaco-invasive strategy. Healthcare system. Mexico.

Introducción

Las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de mortalidad en los países de alto ingreso per cápita; sin embargo, en la última década se han posicionado como la principal causa de muerte en los países de medio y bajo ingreso per cápita¹. Mundialmente, el número de muertes por enfermedades cardiovasculares y circulatorias se elevó un 30% desde 1990 a 2010, y para 2015 una de cada tres muertes se debía a enfermedad cardiovascular. Estos cambios han ocurrido por el crecimiento y el envejecimiento de la población. El 95% de todas estas muertes se debe a seis condiciones: cardiopatía isquémica, eventos cerebrovasculares, cardiopatía hipertensiva, cardiomiopatías, enfermedad reumática cardiaca y fibrilación atrial^{1,2}.

México sufre también los cambios epidemiológicos actuales y las enfermedades cardiovasculares son, en su conjunto, la primera causa de muerte en nuestro país. De ellas, la cardiopatía isquémica ocupa un lugar preponderante y su prevalencia se extiende a todas las regiones y estratos de la población³.

En México, las enfermedades cardiovasculares han sido una de las mayores causas de muerte desde 1990, con una tasa de mortalidad de 196 muertes por 100,000 ese año. El estudio *Global Burden Disease* estimó una mortalidad por enfermedades cardiovasculares del 22.7% de todas las muertes en México, con un incremento del 51.1% de 2007 a 2017⁴.

Una gran cantidad de evidencia ha demostrado consistentemente que existe un gradiente social en la salud, siendo el bajo nivel socioeconómico (NSE) un factor de riesgo para peores resultados. El NSE es un concepto complejo que se usa ampliamente en la literatura para cubrir los ingresos, la educación, el tipo de ocupación, la clase social, la vivienda y otras medidas. Muchos estudios, sin embargo, se han visto limitados por una sola medida cruda del NSE, ignorando la naturaleza multidimensional de este constructo⁵.

La morbilidad y la mortalidad relacionadas con las enfermedades cardiovasculares no se distribuyen por igual entre los distintos NSE, ya que las personas de entornos desfavorecidos se ven afectadas de manera desproporcionada. Por ejemplo, los pacientes de NSE

bajo que sufren un infarto de miocardio tienen tasas de rehospitalización y mortalidad más altas que sus contrapartes de NSE medio o alto⁶.

En un estudio de cohorte realizado en Suecia a nivel nacional, con 30,191 sobrevivientes de un primer infarto de miocardio, los indicadores de NSE bajo se asociaron con peor control de los objetivos de factores de riesgo y con un uso deficiente de la prevención secundaria. Por ejemplo, los pacientes en el quintil más alto de ingresos disponibles, en comparación con el más bajo, tenían mayores probabilidades de dejar de fumar y participar en sesiones educativas para pacientes en rehabilitación cardiaca⁷. Muchos determinantes de la salud cardiovascular relacionados con el estilo de vida están estrechamente relacionados con el NSE.

El NSE también puede estar asociado con el conocimiento y la capacidad de un individuo para acceder a la atención médica. En un metaanálisis de 1,751,479 adultos de países desarrollados seguidos durante una media de 13.3 años, los que tenían un NSE bajo presentaban un riesgo de mortalidad aproximadamente un 35% mayor que los que tenían un NSE alto. Esta relación solo se atenuó parcialmente por el ajuste de factores de riesgo importantes (a una razón de riesgo: 1.26; IC 95%: 1.21-1.32), lo que sugiere que otros factores relacionados con un NSE alto, como las diferencias en la atención y en educación, explican su beneficio en la mortalidad⁸.

En el estudio PURE se encontró que la concientización, el tratamiento y el control de la hipertensión eran sustancialmente más bajos en los países de ingresos medios y bajos en comparación con los países de ingresos altos, con un 46% de pacientes con hipertensión que lograron un control adecuado en los países de ingresos altos frente a solo un 32% en los países de bajos ingresos⁹.

Las disparidades observadas en el alcance de los objetivos y las actividades de prevención secundaria pueden estar asociadas con un peor pronóstico a largo plazo después de un infarto de miocardio entre las personas con un NSE más bajo¹⁰.

El NSE es una construcción compleja que debe ser captada por varios indicadores simultáneamente y no combinados en un solo índice, porque la importancia de cada indicador puede diferir según la sociedad que se estudie⁵.

Método

Se realizó una cohorte unicéntrica con 694 pacientes que ingresaron con diagnóstico de infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST (IAMCEST) al Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, del 1 de marzo de 2018 al 30 de abril de 2022.

La población se integró por pacientes de 18 a 80 años, de ambos sexos. La muestra fue no probabilística y se obtuvo de la unidad coronaria del Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, incluyendo a los pacientes con IAMCEST que fueron tratados con estrategia farmacoinvasiva. Los pacientes ingresaron por llegada directa al servicio de urgencias o referidos de la red de hospitales de primer y segundo nivel que conglomeran a 10 Estados de México.

Los criterios de inclusión fueron los siguientes: personas de ambos sexos, mayores de 18 y menores de 80 años, con diagnóstico de IAMCEST tratado con terapia farmacoinvasiva, que se presentaron de primera instancia o referidos al servicio de urgencias y la unidad coronaria del Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez.

Los criterios de exclusión fueron los siguientes: pacientes sin lesiones coronarias obstructivas, con diagnóstico de infarto de miocardio no reperfundido y angina posinfarto, negarse a participar en el seguimiento propuesto o no firmar la carta del consentimiento informado.

El NSE fue asignado por el equipo de trabajo social del hospital con el cuestionario denominado *Estudio socioeconómico*, y los pacientes se clasificaron por el puntaje obtenido (en el cuestionario, el ingreso familiar representa el 55% del total del puntaje final) de acuerdo con la tabla publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de mayo de 2013. Para su análisis se clasificaron en dos grupos (NSE 1x-1 y NSE ≥ 2); entre los NSE 1 y 2 se encuentra el corte en donde el promedio de ingresos por persona está por debajo o por encima de un salario mínimo mensual (Tabla 1).

Para el análisis estadístico se utilizó el programa STATA v13 (StataCorp LP, College Station, Tx) y se consideró como significativo un valor de $p < 0.05$.

Resultados

Se realizó la recolección de datos en el Instituto Nacional de Cardiología, en la unidad de cuidados coronarios, considerando los criterios de inclusión y exclusión mencionados. Se recabaron datos de 1,256 pacientes de marzo de 2018 a marzo de 2022 (Fig. 1), y se eliminaron 552, los cuales fueron tratados con

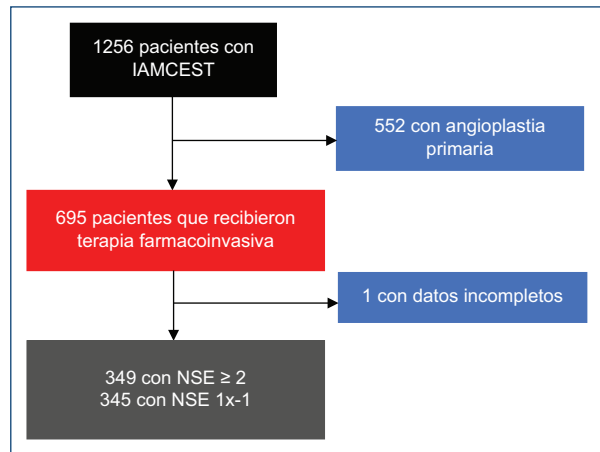


Figura 1. Tamaño de muestra. IAMCEST: infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST; NSE: nivel socioeconómico.

Tabla 1. Tabla para la asignación del nivel socioeconómico de acuerdo con el DOF 27/05/2013

Puntuación obtenida en la evaluación socioeconómica	Clasificación socioeconómica
0-12	1x
13-24	1
25-36	2
37-52	3
53-68	4
69-84	5
85-100	6

angioplastia primaria y 695 con terapia farmacoinvasiva; un paciente fue eliminado por no contar con todos los datos requeridos. Del total, 349 (50.2%) pacientes se clasificaron con NSE ≥ 2 y 345 (49.7%) con NSE 1x y 1.

La edad promedio fue de 58 años (51-66) y hubo 592 hombres (85.3%) y 102 mujeres (14.7%). Como principal comorbilidad, el 38.5% de la población presentaba diabetes, el 45.4% hipertensión, el 27.5% obesidad y el 20.2% dislipidemia conocida. El 42.6% de los pacientes tenía tabaquismo activo y el 23.4% lo había suspendido previo al internamiento, como se esperaba en esta población con presencia de los factores de riesgo cardiovascular más prevalentes. Solo se encontró diferencia significativa en la enfermedad renal crónica, siendo mayor en el grupo con NSE ≥ 2 . En cuanto a la historia cardiovascular, solo el 10.5% contaba con

Tabla 2. Signos vitales al ingreso en los pacientes con infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST tratados con estrategia farmacoinvasiva de acuerdo con el nivel socioeconómico en el Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, 2018-2022

Variable	Total (n = 694)	NSE \geq 2 (n = 349)	NSE 1x-1 (n = 345)	p
Frecuencia cardíaca, lpm (RIC)	77 (68-90)	78 (69-91)	76 (67-90)	0.17
Frecuencia respiratoria, rpm (RIC)	18 (16-19)	18 (16-19)	18 (16-19)	0.85
Presión arterial sistólica, mmHg (RIC)	125 (110-140)	126 (111-126)	123 (110-135)	< 0.05
Presión arterial diastólica, mmHg (RIC)	76 (70-85)	76 (70-86)	6 (70-83)	0.09
Saturación de oxígeno, % (RIC)	94 (92-96)	94 (92-96)	94 (92-96)	0.29

NSE: nivel socioeconómico; RIC: rango intercuartílico.

antecedente de infarto de miocardio, el 6.5% con antecedente de angioplastia coronaria y menos del 1% con antecedentes de cirugía de revascularización coronaria e insuficiencia cardíaca crónica.

En los parámetros clínicos no se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos, a excepción de la presión arterial sistólica, en la cual los pacientes clasificados como NSE 1x-1 tuvieron cifras más altas (Tabla 2).

Durante la evaluación inicial se aplicaron diversas escalas pronósticas, encontrando que el 58.3% de los pacientes se presentó sin datos de insuficiencia cardíaca (Killip Kimbal I), el 36.3% con S3 o estertores basales (Killip Kimbal II) y el resto (menos del 6%) con datos de insuficiencia cardíaca aguda; en el total de los pacientes se calculó un puntaje GRACE promedio de 118 (98-141). No hubo diferencias en las escalas pronósticas entre ambos grupos comparados (Tabla 3).

Respecto a las variables bioquímicas, solo se encontró diferencia significativa en los niveles de glucosa al ingreso, con mayor descontrol en los pacientes con NSE \geq 2: 153 mg/dl (122-215) en comparación con 144 mg/dl (118-208) en los pacientes con NSE 1x-1. En los demás parámetros los datos fueron similares en ambos grupos, y cabe destacar que no se encontraron datos compatibles con anemia, lesión renal, descontrol hidroelectrolítico, valores elevados de proteína C reactiva 8.7 (3-30), hemoglobina glucosilada 6.3% (5.8-8.5), colesterol 155 mg/dl (130-183), colesterol unido a lipoproteínas de baja densidad (LDL) 97 mg/dl (73.6-119.5) y bajos en colesterol unido a lipoproteínas de alta densidad (HDL) 35 mg/dl (29.8-41), como es de esperar en la población mexicana (Tabla 4).

Se encontró un promedio de 120 minutos (60-218) hasta el primer contacto médico de los pacientes, 52 minutos (26-120) de tiempo puerta-aguja y un

promedio de 300 minutos (180-528) de tiempo total de isquemia (Tabla 5).

En cuanto al tratamiento farmacológico, el 86.2% de los pacientes recibió aspirina y el 83.2% un inhibidor de P2Y12 antes de llegar al Instituto Nacional de Cardiología, el 74.5% recibió anticoagulación y el 68.9% recibió estatinas.

En el tratamiento invasivo no se registraron diferencias, con un porcentaje de angioplastia coronaria transluminal percutánea exitosa del 62.7% y de angioplastia coronaria transluminal percutánea de rescate del 37.4%, con flujo TIMI 3 final en el 81.7% de los pacientes, con un tiempo de espera a estrategia farmacoinvasiva de 1306 minutos (415-2880).

En la sobrevida durante la hospitalización se registró un 95.2% (654 pacientes) con un promedio de 5 días (3-8) de hospitalización y una fracción de eyección ventricular izquierda del 46% (39-55).

Entre otros desenlaces, el choque cardiogénico y la insuficiencia cardíaca aguda fueron los más prevalentes, con un 8.8% y un 11.2% respectivamente; el reinfarcto fue del 1.5% y el evento vascular cerebral fue del 1%. Se detectó un evento de sangrado mayor en un paciente en el grupo con NSE 1x-1, contribuyendo en un 0.15% (Tabla 5).

Discusión

Nuestros resultados muestran, al igual que estudios previos, que en poblaciones con sistemas de salud universales no hay diferencias entre los pacientes de acuerdo con la clasificación socioeconómica¹¹; en este estudio se analizaron las variables, los desenlaces y las complicaciones de los pacientes con IAMCEST sometidos a estrategia farmacoinvasiva (la más factible en nuestro sistema de salud) y se observó que no hay diferencias significativas.

Tabla 3. Escalas pronósticas al ingreso en los pacientes con infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST tratados con estrategia farmacoinvasiva de acuerdo con el nivel socioeconómico en el Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, 2018-2022

Variable (RIC)	Total (n = 694)	NSE ≥ 2 (n = 349)	NSE 1 (n = 345)	p
Killip Kimbal I, n (%)	386 (58.3)	205 (61.6)	181 (55)	0.32
Killip Kimbal II, n (%)	240 (36.3)	111 (33.3)	129 (39.2)	0.32
Killip Kimbal III, n (%)	15 (2.3)	6 (1.8)	9 (2.7)	0.32
Killip Kimbal IV, n (%)	21 (3.2)	11 (3.3)	10 (3.0)	0.32
GRACE (RIC)	118 (98-141)	115 (93-140)	121 (102-141)	0.98
TIMI (RIC)	3 (2-5)	3 (2-5)	4 (2-5)	0.41
CRUSADE (RIC)	28 (19-36)	28 (19-35)	28 (21-35)	0.72

NSE: nivel socioeconómico; RIC: rango intercuartílico.

Tabla 4. Laboratorios iniciales de los pacientes con infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST tratados con estrategia farmacoinvasiva de acuerdo con el nivel socioeconómico en el Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, 2018-2022

Variable	Total (n = 694)	NSE ≥ 2 (n = 349)	NSE 1x-1 (n = 345)	p
Hemoglobina, g/dl (RIC)	15.5 (14.4-16.6)	15.8 (14.7-16.9)	15.3 (14-16.3)	0.15
Creatinina, mg/dl (RIC)	0.9 (0.8-1.1)	0.9 (0.8-1.1)	0.9 (0.8-1.1)	0.27
BUN, mg/dl (RIC)	17 (13.9-22.8)	16.5 (13.2-22.1)	17.7 (14-23.3)	0.14
Sodio, mmol/l (RIC)	137 (135-139)	137 (135-139)	137 (135-139)	0.76
PCR, mg/l (RIC)	8.7 (3-30)	8 (3-31.8)	9.2 (3.4-30)	0.07
Leucocitos, 10 ³ /μl (RIC)	12 (9.8-15)	12 (9.7-15)	11.8 (9.8-14.5)	0.15
BNP, pg/ml (RIC)	1015 (368-2418)	868 (285-2104)	1163 (444-2921)	0.47
Glucosa, mg/dl (RIC)	148 (119-210)	153 (122-215)	144 (118-208)	0.05
Potasio, mmol/l (RIC)	4.2 (3.9-4.5)	4.2 (3.9-4.5)	4.1 (3.9-4.5)	0.25
Cloro, mmol/l (RIC)	103 (101-106)	103 (100-105)	104 (102-106)	0.25
HbA1c, % (RIC)	6.3 (5.8-8.5)	6.3 (5.8-8.5)	6.31 (5.8-8.7)	0.91
Colesterol, mg/dl (RIC)	155 (130-183)	152 (180-130)	159 (131-185)	0.58
LDL, mg/dl (RIC)	97 (73.6-119.5)	93.8 (69-116)	102 (77.5-122)	0.93
HDL, mg/dl (RIC)	35 (29.8-41)	34.7 (29.1-40.3)	35.5 (30-41.7)	0.72

BNP: péptido natriurético cerebral; BUN: nitrógeno ureico en sangre; HbA1c: hemoglobina glucosilada; HDL: lipoproteínas de alta densidad; LDL: lipoproteínas de baja densidad; NSE: nivel socioeconómico; PCR: proteína C reactiva; RIC: rango intercuartílico.

La población analizada en ambos grupos se consideró de características homogéneas (tabla 6). Se trató de una población joven, con una desproporción importante en cuanto a la relación hombre-mujer (de 5.8 a 1),

ya conocida en esta patología en todo el mundo, la cual se observó en ambos grupos de estudio.

La comorbilidad en la población fue la esperada para el tipo de enfermedad, sin evidencia de que el NSE

Tabla 5. Desenlaces en los pacientes con infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST tratados con estrategia farmacoinvasiva de acuerdo con el nivel socioeconómico en el Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, 2018-2022

Variable	Total (n = 694)	NSE ≥ 2 (n = 349)	NSE 1x-1 (n = 345)	p
Tiempo puerta-aguja, min (RIC)	52 (26-120)	50 (25-106)	58.5 (28.5-120)	0.98
Tiempo total de isquemia, min (RIC)	300 (180-528)	293.5 (170-516)	300 (190-555)	0.52
Tiempo al primer contacto, min (RIC)	120 (60-218)	120 (60-220)	120 (60-210)	0.42
Aspirina, n (%)	560 (86.2)	286 (86.7)	274 (85.63)	0.70
Inhibidor de P2Y12, n (%)	540 (83.2)	275 (83.3)	265 (83.1)	0.92
Anticoagulación, n (%)	480 (74.5)	242 (73.8)	238 (75.3)	0.65
Estatinas, n (%)	444 (68.9)	225 (68.4)	219 (69.3)	0.80
Angioplastia de rescate, n (%)	254 (37.4)	122 (36)	132 (38.8)	0.44
Tiempo a terapia farmacoinvasiva, min (RIC)	1306 (415-2880)	2297 (1836-2758)	2218 (1787-2570)	0.40
Enfermedad multivaso, n (%)	60 (10.9)	28 (10)	32 (11.8)	0.51
Sobrevida durante hospitalización, n (%)	654 (95.2)	327 (95.6)	327 (94.8)	0.61
Mortalidad, n (%)	33 (4.8)	18 (4.4)	18 (5.2)	0.61
Angioplastia exitosa, n (%)	436 (62.7)	215 (61.6)	221 (63.9)	0.53
Flujo angiográfico después de la angioplastia (TIMI 3) (%)	425 (81.7)	217 (84)	208 (79.4)	0.28
Días de hospitalización (RIC)	5 (3-8)	5 (3-9)	5 (3-8)	0.53
FEVI por ecocardiograma (RIC)	46 (39-55)	45.5 (40-54)	47 (39-55)	0.65
Sangrado mayor, n (%)	1 (0.15)	0 (0)	1 (0.3)	0.67
Reinfarto, n (%)	10 (1.5)	5 (1.5)	5 (1.5)	0.60
Choque cardiogénico, n (%)	60 (8.8)	24 (7)	36 (10.5)	0.11
Insuficiencia cardíaca, n (%)	77 (11.2)	42 (12.3)	35 (10.2)	0.37
Evento vascular cerebral, n (%)	7 (1)	4 (1.1)	3 (0.9)	0.90

FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; NSE: nivel socioeconómico.

otorgado marcara una diferencia. La hipertensión arterial sistémica, el tabaquismo y la diabetes fueron los factores de riesgo más prevalentes en la población, en el mismo orden en ambos grupos, independientemente del NSE. Solo la enfermedad renal crónica fue más prevalente en el grupo de CSE ≥ 2 ; sin embargo, con un porcentaje global menor del 2% en la población evaluada, habrá que realizar otros estudios para valorar si esta enfermedad tiene relación directa con el NSE del paciente.

Se observó también que, en general, los pacientes evaluados no tenían antecedentes cardiovasculares importantes y debutaron con el infarto agudo de miocardio.

En cuanto a las variables de signos vitales y escalas pronósticas, no se observaron diferencias significativas; la única $p < 0.05$ fue en las cifras de presión

arterial sistólica, siendo mayores en el grupo de NSE ≥ 2 , pero no se observa una tendencia de mayor gravedad clínica en alguno de los grupos; su presentación durante el evento agudo fue similar, y cabe destacar que la presentación clínica en general fue con hemodinámica cardiovascular estable, y en comparación con los tiempos de tratamiento prolongados podemos observar que no influyó en la gravedad.

El 94.6% de los pacientes se presentó sin datos de insuficiencia cardíaca aguda con Killip Kimbal entre I y II, lo cual confiere una mortalidad menor del 12% en los primeros 30 días del infarto agudo. El puntaje GRACE promedio fue de 118 puntos, con 115 en el NSE ≥ 2 y 121 puntos en el NSE 1x-1, y con una mortalidad $< 10\%$ a los 6 meses, al igual que en la puntuación TIMI STEMI

Tabla 6. Descripción demográfica de los pacientes con infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST tratados con estrategia farmacoinvasiva de acuerdo con el nivel socioeconómico en el Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, 2018-2022

Variable	Total (n = 694)	NSE ≥ 2 (n = 349)	NSE 1x-1 (n = 345)	p
Edad en años, mediana (RIC)	58 (51-66)	57 (51-64)	60 (51-68)	0.09
Hombres, n (%)	592 (85.3)	302 (86.8)	290 (83.8)	0.27
Mujeres, n (%)	102 (14.7)	46 (13.2)	56 (16.2)	
Diabetes, n (%)	267 (38.5)	124 (35.7)	143 (41.3)	0.12
Hipertensión, n (%)	315 (45.4)	153 (44)	162 (47)	0.45
Dislipidemia, n (%)	140 (20.2)	74 (21.3)	66 (19.1)	0.47
Tabaquismo activo, n (%)	295 (42.6)	151 (43.5)	144 (41.6)	0.61
Tabaquismo suspendido, n (%)	162 (23.4)	78 (22.5)	84 (24.3)	0.57
Enfermedad renal crónica, n (%)	13 (1.9)	10 (2.9)	3 (0.9)	0.05
Obesidad, n (%)	191 (27.5)	103 (29.6)	88 (25.4)	0.21
Antecedente IAM, n (%)	73 (10.5)	37 (10.6)	36 (10.4)	0.92
Antecedente ACTP, n (%)	45 (6.5)	25 (7.2)	20 (5.8)	0.45
Antecedente CABG, n (%)	5 (0.7)	4 (1.1)	1 (0.3)	0.18
Antecedente ICC, n (%)	5 (0.7)	3 (0.9)	2 (0.6)	0.65
Antecedente valvulopatía, n (%)	1 (0.1)	0 (0)	1 (0.3)	0.31
Antecedente fibrilación auricular, n (%)	1 (0.1)	1 (0.3)	0 (0)	0.31

ACTP: angioplastia coronaria transluminal percutánea; CABG: *coronary artery bypass grafting* (cirugía de revascularización coronaria); IAM: infarto agudo de miocardio; ICC: insuficiencia cardíaca crónica; NSE: nivel socioeconómico; RIC: rango intercuartílico.

se obtuvo en promedio una mortalidad menor del 10% a 30 días, concluyendo que la población evaluada fue en general de bajo riesgo de mortalidad (Tabla 3).

En los parámetros bioquímicos evaluados tampoco se observaron diferencias estadísticas entre ambos grupos, a excepción de la glucosa; no se encontró de manera significativa anemia, lesión renal aguda ni descontrol hidroelectrolítico, los cuales pueden afectar considerablemente la mortalidad y los desenlaces. El descontrol metabólico principal incluyó intolerancia a la glucosa, elevación de LDL y disminución de HDL, parámetros ya descritos en la población mexicana y que aumentan el riesgo cardiovascular.

En cuanto al propósito de este estudio, se esperaba encontrar más diferencias en las características de la población y en los desenlaces, para los cuales tampoco hubo diferencias estadísticas entre el grupo de NSE ≥ 2 y el grupo de NSE 1x-1.

A pesar de que los tiempos de atención médica de primer contacto y tratamiento especializado fueron prolongados, no se observó merma la sobrevida general, siendo

esta mayor del 95%, lo cual concuerda con las escalas pronósticas calculadas a la presentación del infarto.

Como se comentó en el marco teórico, la mayor diferencia entre México y los países con servicio médico universal es la infraestructura⁹, la cual se puede observar al ver los tiempos de atención a primer contacto, con un promedio de 2 horas para ambos grupos, lo cual no solo puede estar influenciado por los hospitales, sino también por la cercanía, la movilidad y la disponibilidad del tratamiento especializado. El tiempo de isquemia total fue de 5 horas en promedio para ambos grupos, siendo en los países desarrollados menor de 2 horas.

Respecto al tratamiento otorgado en las clínicas de primer y segundo nivel que envían a los pacientes a nuestro centro, se concluye que los antiagregantes están disponibles y estandarizados para esta patología, lo cual es importante, ya que reducen la mortalidad, el reinfarcto y los eventos cerebrovasculares⁸. La anticoagulación y el uso de estatinas requieren mayor énfasis para su administración durante el primer contacto.

En los datos recabados del tratamiento invasivo en nuestro centro tampoco hubo diferencias significativas en cuanto a los tiempos y los resultados finales de la terapia farmacoinvasiva, con percentiles 25-75 de 6.9 a 48 h, y un porcentaje de éxito del 62.7%.

El tiempo de hospitalización fue de 5 días en promedio en ambos grupos, con una mortalidad del 4.4% para el grupo de NSE ≥ 2 y del 5.2% para el grupo de NSE 1x-1, en concordancia con el riesgo bajo de la población evaluada; por lo tanto, las complicaciones esperadas eran bajas y se reportaron de la misma manera.

En cuanto a las limitaciones del estudio, se requiere una muestra mayor para lograr la significancia estadística. Otra limitación es que la población evaluada solo está concentrada en la metrópoli de la Ciudad de México, en donde la movilidad y el alcance de tratamiento especializado son mayores en comparación con localidades al centro del país, donde el NSE sí pudiera ser una ventaja al momento de recibir atención médica oportuna.

De manera no esperada, observamos que, en general, la población evaluada fue de bajo riesgo de mortalidad, lo cual puede influir en que los tiempos prolongados de atención y tratamiento no aumentaron la mortalidad global, o que debido a estos tiempos prolongados de atención son los pacientes con mejor pronóstico los que alcanzan a recibir la atención médica especializada.

Otra limitación fue que se dividió la población estudiada en estos dos grandes grupos para hacerla más homogénea; resta por estudiar de manera separada cada una de las categorías, que van del 1 al 6, para evaluar diferencias entre ellas.

La importancia de realizar estos estudios epidemiológicos en nuestra población radica en localizar dónde se encuentra principalmente el retraso de la atención oportuna y averiguar qué estrategias se pueden implementar para mejorar la calidad de atención.

Conclusiones

El NSE de los pacientes no parece influir como factor de riesgo ni aumentar la mortalidad en la población general; sin embargo, esto deberá confirmarse con estudios prospectivos y aleatorizados.

En conclusión, nuestros hallazgos no apoyan la hipótesis de que el NSE de la población atendida en el Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez tenga influencia en las características de la población y en los desenlaces inmediatos, lo cual concuerda con los reportes de países con servicios de salud universal.

Financiamiento

La presente investigación no ha recibido ninguna beca específica de agencias de los sectores públicos, comercial o con ánimo de lucro.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Consideraciones éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad, consentimiento informado y aprobación ética. Los autores han seguido los protocolos de su centro sanitario/institución para acceder a los datos de las historias clínicas. Se ha obtenido el consentimiento informado de los pacientes y se cuenta con la aprobación del Comité de Ética. Se han seguido las recomendaciones de las guías SAGER.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial. Los autores declaran que no se utilizó algún tipo de inteligencia artificial generativa para la redacción ni la creación de contenido de este manuscrito.

Referencias

- Mahmood SS, Levy D, Vasan RS, Wang TJ. The Framingham Heart Study and the epidemiology of cardiovascular disease: a historical perspective. *Lancet*. 2014;383:999-1008.
- Joseph P, Leong D, McKee M, Anand SS, Schwalm JD, Teo K, et al. Reducing the global burden of cardiovascular disease, part 1: The epidemiology and risk factors. *Circ Res*. 2017;121:677-94.
- Martínez Ríos MA. Infarto agudo de miocardio. México, D.F: Intersistemas Editores; 2014.
- Dávila-Cervantes CA. Cardiovascular disease in Mexico 1990-2017: secondary data analysis from the global burden of disease study. *Int J Public Health*. 2020;65:661-71.
- Gerber Y, Koton S, Goldbourt U, Myers V, Benyamini Y, Tanne D, et al. Poor neighborhood socioeconomic status and risk of ischemic stroke after myocardial infarction. *Epidemiology*. 2011;22:162-9.
- Bennett KK, Buchanan DM, Jones PG, Spertus JA. Socioeconomic status, cognitive-emotional factors, and health status following myocardial infarction: testing the Reserve Capacity Model. *J Behav Med*. 2015;38:110-21.
- Ohm J, Skoglund PH, Häbel H, Sundström J, Hambraeus K, Jernberg T, et al. Association of socioeconomic status with risk factor target achievements and use of secondary prevention after myocardial infarction. *JAMA Netw Open*. 2021;4:e211129.
- Leong DP, Joseph PG, McKee M, Anand SS, Teo KK, Schwalm JD, et al. Reducing the global burden of cardiovascular disease, part 2: Prevention and treatment of cardiovascular disease. *Circ Res*. 2017;121:695-710.
- Rosengren A, Smyth A, Rangarajan S, Ramasundarahettige C, Bangdiwala SI, AlHabib KF, et al. Socioeconomic status and risk of cardiovascular disease in 20 low-income, middle-income, and high-income countries: the Prospective Urban Rural Epidemiologic (PURE) study. *Lancet Glob Health*. 2019;7:e748-60.
- Matetic A, Bharadwaj A, Mohamed MO, Chugh Y, Chugh S, Minissian M, et al. Socioeconomic status and differences in the management and outcomes of 6.6 million US patients with acute myocardial infarction. *Am J Cardiol*. 2020;129:10-8.
- Biswas S, Andrianopoulos N, Duffy SJ, Lefkowitz J, Brennan A, Walton A, et al. Impact of socioeconomic status on clinical outcomes in patients with ST-segment-elevation myocardial infarction. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*. 2019;12:e004979.

Data-driven atherosclerotic plaque profiles from QAngio-CT associated with functional impairments assessed with PET-CT

Perfiles de placas ateroscleróticas basados en datos de QAngio-CT asociados con alteraciones funcionales evaluadas mediante PET-CT

Erick Alexanderson-Rosas^{1,2#}, Leopoldo Pérez-de Isla^{3#}, Neftali E. Antonio-Villa^{4#}, Enrique C. Guerra^{1,5#}, Aldo Cabello-Ganem¹, Leonardo Proaño-Bernal^{1,2}, Santiago Luna-Alcalá¹, Ma. José Santa-Ana-Bayona¹, Pavel Martínez-Domínguez¹, Alexis D. Aparicio-Ortiz¹, Isabel Carvajal-Juárez¹, Joaquin Berarducci¹, Javier I. Armenta-Moreno¹, and Nilda Espinola-Zavaleta^{1,7*}

¹Department of Nuclear Cardiology, Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, Mexico City, Mexico; ²School of Medicine, Department of Physiology, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Mexico City, Mexico; ³Department of Cardiology, Hospital Clínico San Carlos, Instituto de Investigación Sanitaria San Carlos, Universidad Complutense, Madrid, Spain; ⁴Department of Endocrinology, Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, Mexico City, Mexico; ⁵School of Medicine, MD-PhD (PECEM) Program, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Mexico City, Mexico; ⁶Department of Echocardiography, ABC Medical Center, IAP, Mexico City, Mexico

[#]These authors contributed equally to the drafting of this paper.

Abstract

Objective: Although coronary artery disease (CAD) involves progressive atherosclerotic plaque dysfunction, further characterization of different cluster profiles and their impact on myocardial function has not been fully explored. Therefore, this study's pilot aim is to identify data-driven atherosclerotic plaque clusters using coronary computed tomography angiography and correlate types with dysfunction observed by positron emission tomography/computed tomography (PET-CT). **Methods:** Myocardial perfusion study images of subjects with a high clinical risk of developing CAD were analyzed with semi-automated atherosclerotic plaque characterization. The K-mean clustering method was performed to detect coronary atherosclerotic plaques. An atherosclerotic plaque score was assigned to each subject according to their arteries cluster profiles and was correlated with a principal component analysis (PCA) score that evaluated myocardial perfusion, volumes, and synchrony from PET-CT. **Results:** Three well-differentiated clusters were identified from 95 coronary atherosclerotic plaques of 35 subjects. Cluster 1 (28.2%) was characterized by a high fibro-necrotic atherosclerotic plaque, cluster 2 (59.7%) by predominantly fibrous atherosclerotic plaque, and cluster 3 (11.9%) by a necro-calcified atherosclerotic plaque. The atherosclerotic plaque score displayed a significant correlation with the first ($r = 0.42$; 95% confidence interval [CI]: 0.049-0.675, $p = 0.012$) and third ($r = 0.36$; 95% CI: 0.036-0.626, $p = 0.035$) PCA score components. These were comprised parameters related to impairments in ventricular volume capacity, mechanical dyssynchrony, filling rates, and calcium scores in PET-CT evaluation. **Conclusion:** The atherosclerotic plaque clusters identified in this study could provide a pathophysiological explanation of CAD progression and potentially lead to a better characterization of the developing disease.

Keywords: Atherosclerotic plaque. Coronary artery disease. Data-driven clusters. Positron emission tomography/computed tomography.

*Correspondence:

Nilda Espinola-Zavaleta
E-mail: niesza2001@hotmail.com

Date of reception: 17-09-2024

Date of acceptance: 04-03-2025

DOI: 10.24875/ACM.24000170

Available online: 27-05-2026

Arch Cardiol Mex. 2026;96(2):110-119

www.archivoscardiologia.com

1405-9940 / © 2025 Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. Published by Permanyer. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Resumen

Objetivo: La enfermedad coronaria implica disfunción progresiva de placas ateroscleróticas, pero la caracterización de perfiles de agrupación y su impacto en la función miocárdica no se ha explorado a fondo. Este estudio piloto busca identificar grupos de placas ateroscleróticas mediante angiografía coronaria por tomografía computarizada (TC) y correlacionarlos con la disfunción miocárdica observada por PET-CT. **Métodos:** Se analizaron imágenes de perfusión miocárdica de sujetos con alto riesgo de enfermedad coronaria, utilizando caracterización semiautomatizada de placas ateroscleróticas. Se aplicó el método de agrupamiento K-means para identificar placas coronarias y asignar un puntaje a cada sujeto basado en perfiles arteriales. Este puntaje se correlacionó con un análisis de componentes principales (PCA) que evaluó perfusión, volúmenes y sincronía miocárdica mediante PET-CT. **Resultados:** Se identificaron tres grupos a partir de 95 placas ateroscleróticas coronarias en 35 sujetos. El grupo 1 (28.2%) con alto contenido fibro-necrótico, el grupo 2 (59.7%) predominantemente fibroso y el grupo 3 (11.9%) por una composición necrocalcificada. El puntaje de placas mostró correlación significativa con el primer ($r = 0.42$; IC 95%: 0.049-0.675, $p = 0.012$) y tercer ($r = 0.36$, IC 95%: 0.036-0.626 $p = 0.035$) componentes del puntaje PCA que reflejaban parámetros de capacidad ventricular, disincronía mecánica, tasas de llenado y puntajes de calcio en PET-CT. **Conclusión:** Los grupos de placas ateroscleróticas identificados en este estudio podrían proporcionar una explicación fisiopatológica de la progresión de la enfermedad coronaria y potencialmente conducir a una mejor caracterización de la enfermedad en desarrollo.

Palabras clave: Placa aterosclerótica. Enfermedad de las arterias coronarias. Agrupaciones basadas en datos. Tomografía por emisión de positrones/tomografía computarizada.

Introduction

Cardiovascular disease (CVD) continues to be the leading cause of mortality worldwide^{1,2}. Within the spectrum of cardiovascular diseases, coronary artery disease (CAD) accounts for the most CVD-related deaths². At present, identification and risk stratification are essential in the diagnostic workup of CAD, and it is crucial for making individualized therapeutic decisions to prevent adverse outcomes^{3,4}. Most of these approaches have used quantitative and qualitative non-invasive imaging methods, mainly focusing on assessing the structure and function of coronary arteries⁵. However, recent reports have shown that the use of coronary computed tomography angiography (CCTA) for assessing CAD in at-risk populations has increased⁴.

In addition, CCTA has proven helpful in identifying atherosclerotic plaque components and subsequent plaque characterization. However, its clinical significance remains in doubt⁶⁻⁸. Epidemiological studies have observed that atherosclerotic plaque composition is heterogeneous and may be associated with distinct risk profiles and adverse outcomes^{9,10}. Although CCTA can provide highly accurate anatomical images of coronary arteries and identify the composition of atherosclerotic plaques, it cannot assess the functional performance of the heart and the impact of CAD on the myocardial microvascular system³. While highly efficient hybrid nuclear imaging methods have been proposed to close the gap between anatomical and functional assessments of CAD, the characterization of atherosclerotic plaque profiles might provide valuable

insight into the impact of CAD on myocardial coronary flow and function.

Thus, this pilot study aimed to evaluate the relationship between atherosclerotic plaque profiles derived from a data-driven analysis of CCTA images aided by semi-automated plaque characterization software (QAngio CT [Research Edition V2.1.16.1; Medis Specials]) with functional parameters assessed by myocardial perfusion studies using positron emission tomography/computed tomography (PET-CT). We hypothesized that a hemodynamically unfavorable plaque composition phenotype could predict myocardial flow and function impairment.

Methods

Study design and population

Our retrospective pilot study was based on images from a cohort of adult patients who visited the PET-CT unit at the School of Medicine of the National Autonomous University of Mexico between January 2018 and December 2018. Inclusion criteria to select images from a myocardial perfusion study (MPS) were adult subjects who underwent PET-CT with high clinical risk of CAD defined as the presence of angina, < 5 years since the clinical onset of their symptoms, no history of medication that could alter or modify the atherosclerotic plaque extension (e.g., PCSK-9 inhibitors), history of ≥ 3 years using high-dose statins and left ventricular ejection fraction of $\geq 60\%$ at evaluation¹¹. The MPS images of

subjects with prior myocardial infarction, arrhythmias, congenital heart disease, acute infections, or cancer were excluded from the assessment. In addition, illegible or incomplete MPS images extracted from recorded databases were also excluded. All the MPS images were then processed using a semi-automated atherosclerotic plaque characterization (SAPC). The same medical specialist trained and supervised data collectors during the study period.

Clinical assessment

Complete clinical histories of the patients were performed by a physician. Chronic comorbidities and traditional risk factors (history of systemic hypertension, type 2 diabetes mellitus, dyslipidemia, smoking, alcoholism, and obesity) were self-reported during interviews. Medical records of subjects who had incomplete or inconclusive clinical information or whose PET-CT scan images were illegible were excluded from the analysis.

Coronary CTA measurements

A previously validated SAPC software (QAngio CT [Research Edition V2.1.16.1; Medis Specials]) tool for quantification and characterization of the coronary atherosclerotic plaques of each subject was used^{8,12,13}. The complete description of coronary atherosclerotic plaques incorporated myocardial perfusion data derived from PET-CT images, which provided information regarding vessel morphology, intensities, plaque burden, and characterization in coronary CT data. 6 ml/sec of non-ionized iodide contrast was used; complete technical details are presented in supplementary material. Briefly, SAPC identified four well-differentiated components within the coronary atherosclerotic plaque: fibrous, fibro-fatty, necrotic, and calcified. These components were calculated as percentages of the global atherosclerotic plaque (Fig. 1). In addition, SAPC could evaluate the lumen and plaque characteristics, which included the degree of stenosis, lesion length, plaque burden, and plaque volume. All SAPC measurements were done by a blinded operator, unaware of any clinical or biochemical data.

PET/CT perfusion procedure

To evaluate myocardial perfusion, ventricular function, coronary flow, and coronary flow reserve, we used a self-produced cyclotron-derived nitrogen-13 ammonium (¹³N]-NH₃), which has a half-life period of 9.9 min.

Patients were placed in a PET/CT camera where 10mCi of ammonium was injected, and 3-mm thick slices were obtained during a breath-holding protocol over 10 min. 20 min after the rest phase ended, a pharmacological stress phase was performed, during which adenosine was administered intravenously at a dose of 140 µg/kg/min for 4 min. Afterward, 10mCi of ammonium was injected, and images were obtained over 10 min. Once the image acquisition was completed, intravenous catheters were removed. During the entire test, electrocardiographic activity and blood pressure were monitored.

MPS images were obtained in three main axes: short and long, horizontal and vertical. Two certified nuclear cardiologists processed the images. We performed a semiquantitative visual interpretation of tomographic perfusion images, both at rest and in stress, dividing the left ventricle into 17 segments. Each segment was assigned a score of 5 points: 0 (normal), 1 (slight reduction), 2 (moderate reduction), 3 (severe reduction), and 4 (absence of radioactive tracer uptake). The summed rest score (SRS) was considered the summed score of all the segments in the images taken during the rest phase, which depicts perfusion at basal condition, whereas the summed stress score (SSS) was the sum of the points at peak stress, representing the perfusion at the peak of the exercise. Finally, the summed difference score (SDS) was calculated as the difference between the SSS and the SRS and represents the degree of reversibility of myocardial ischemia.

The LVEF, standard deviation (SD) bandwidth and entropy were automatically obtained with the Emory Toolbox software. The ventricular volumes and the ejection fraction were calculated by QGS software.

Finally, we defined decreased coronary flow reserve as < 2.5¹⁴. Increased plaque charge, stress, and basal coronary flow were determined using the value from the 90th percentile of each distribution.

Cluster variable selection

Variables for our clustering model were selected on the premise that everyone who was evaluated by an MPS could contribute with three main coronary arteries (right, left anterior descending, and circumflex) that could independently provide flow to specific territories of the heart. Under this assumption, each coronary artery was managed as an individual study unit for the composition of its atherosclerotic plaque. Likewise, the dimensions of the circumference of each coronary artery were assumed to vary according to the body composition and anatomy of each subject assessed with PET-CT.

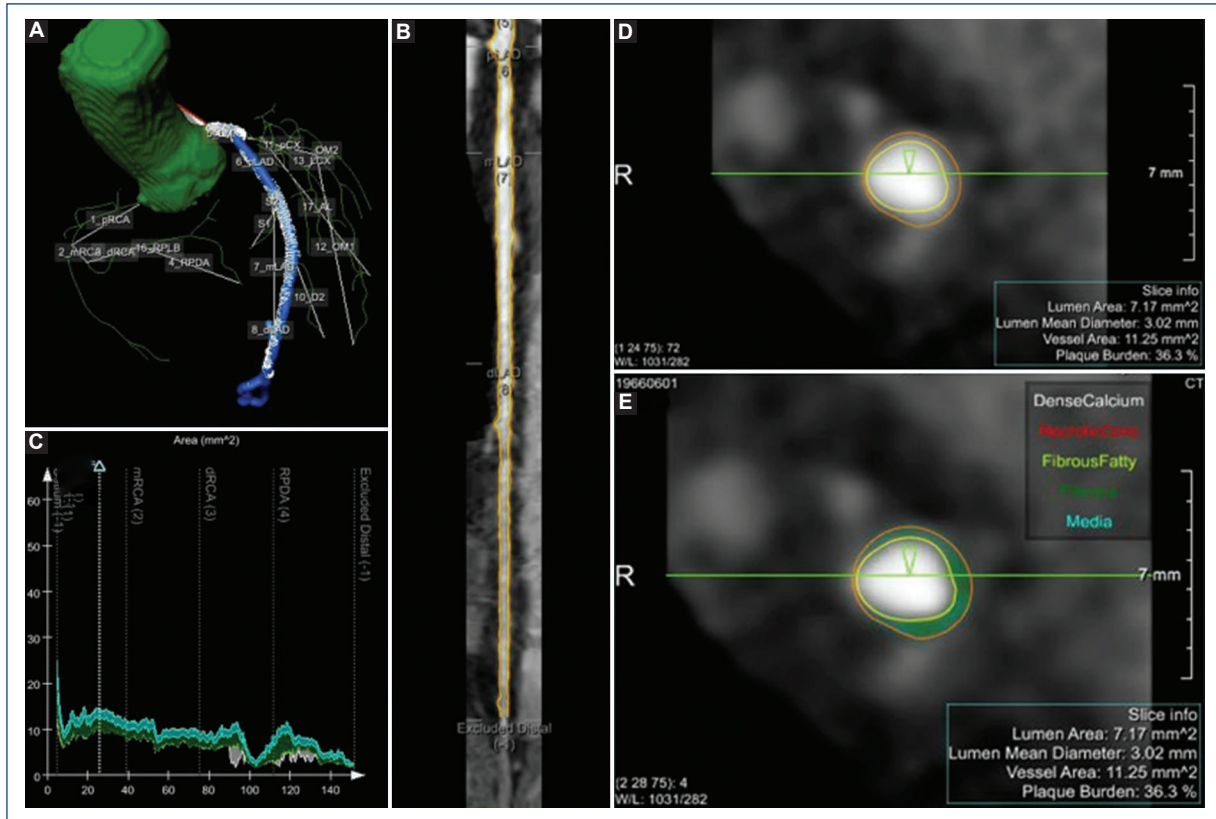


Figure 1. Example of coronary artery tree analyzed by semi-automated atherosclerotic plaque characterization-coronary computed tomography angiography. **A:** automatically extracted coronary tree. The left anterior descending coronary artery is highlighted in blue; **B:** plaque burden analysis in the left anterior descending coronary artery. The area between the yellow line and the orange line represents the volume of arterial media and atherosclerotic plaque; **C:** virtual histology analysis in the left anterior descending coronary artery. Blue color, dark green, light green, red, and white represent media, fibrous plaque, fibro-fatty plaque, necrotic plaque, and calcified plaque, respectively; **D:** cross-section of the artery with plaque burden analysis at that level; **E:** the same cross-section of the artery with virtual histology analysis.

Thus, the relative percentages of fibrotic, fibro-fatty, necrotic, and calcified percentage content reported from each coronary artery were extracted for analysis.

Statistical analysis

All analyses were performed using R software (Version 1.3.2), whereas a $p < 0.05$ was considered a statistically significant threshold.

Descriptive characteristics

Continuous data were presented as means and SD or medians and interquartile range (IQR), wherever appropriate. Categorical data of clinical comorbidities were presented as relative frequencies with their respective percentages. All the characteristics were presented for all the subjects in the study population

and for the grouped atherosclerotic profiles derived from our cluster analysis.

K-mean analysis

Cluster analysis was performed using a K-means algorithm with standardized centered values with a mean value of 0 and a SD of 1. Coronary arteries with extreme outliers were defined as > 5 SDS from the mean in the selected variables. Those arteries with no detected atherosclerotic plaques were excluded from the final model selection. The k means runs function with a k value of 3, and a 100-run selection from the fpc package of R was used. Cluster stability and selection were assessed by resampling the dataset 1,000 times and computing the Calinski-Harabasz criterion. Labels of each cluster were assigned according to the cluster variable means.

Association of data-driven clusters with PET-CT variables

We performed logistic regression models to prove that our data-driven clusters were associated with PET-CT score parameters related to arterial dysfunctionality. We used decreased coronary flow reserve and increased plaque charge, basal, and stress coronary flow as our endpoints to define arterial dysfunctionality. Adjustment covariates were plaque volume, lesion length, and arterial stenosis. To evaluate the adjustment, we extracted the Bayesian Information Criteria.

Atherosclerotic plaque score

PET-CT can also evaluate the volume capacity of heart chambers and the synchrony of ventricular rhythm. However, since comparing these parameters between clusters could potentially introduce a multicollinearity bias, the parameters were collected at a patient-based level.

To study the implications of atherosclerotic plaque clusters of coronary arteries in a patient-centered approach, an atherosclerotic plaque score was assigned to each patient according to the clustered artery profiles everyone had. The score was assigned under the assumption that each cluster provided a different adverse profile using CCTA and PET-CT.

Principal component analysis (PCA) score

A PCA was performed in an exploratory fashion to extract a pooled score of PET-CT measurements that explained the maximum variability of myocardial function for each subject. PCA was performed using the centered and scaled matrix of the selected variables. The optimal number of components was evaluated using elbow graphs, and those with ≥ 1 eigenvalue were selected. Finally, a Pearson correlation matrix was performed to evaluate the correlation coefficient with the atherosclerotic plaque score and PCA score adjusted for sex and number of comorbidities.

Results

Study population

After excluding and eliminating individuals according to the selection criteria, a sample population of 35 subjects was included for analysis of MPS images using the CCTA-SAPC algorithm. Of 35 subjects, 62.8% were

men, 20% reported living with diabetes, 42.8% hypertension, 27.4% dyslipidemia, and 37.1% smoked. 91.4% were assigned a NYHA-I functional class. The median basal LVEF was 71% (IQR: 64.3-74.5), a SDS of 2.5 (IQR: 0-8.25), and a CRF of 2.52 (± 0.83). The clinical and PET-CT characteristics of the patients are presented in table 1.

Data-driven atherosclerotic plaques characterization

After excluding extreme outliers and arteries without atherosclerotic plaques, information was obtained from 92 (87.6%) coronary arteries to perform cluster analysis. Three well-defined atherosclerotic plaque groups were identified using K-means analysis, which displayed a defined component delimitation and an optimal variance according to the Calinski-Harabasz criterion (Supplementary fig. 2). Cluster 1, which included 26 (28.2%) coronary arteries, was characterized by a relatively high percentage of fibrous content, this group had the highest fibrofatty and necrotic percentages of the three identified groups and a null percentage of calcified components. This group was labeled as fibro-necrotic atherosclerotic plaque (FNAP). Cluster 2 included 55 (59.7%) coronary arteries and was characterized by a high fibrous component, a relatively low percentage of fibrofatty and necrotic structure, and an almost null percentage of calcified elements. This group was labeled as predominantly fibrous atherosclerotic plaque (PFAP). Finally, cluster 3, which included 11 (11.9%) coronary arteries, was characterized by the lowest fibrous and fibrofatty content but with a moderate accumulation of necrotic material and the highest content of calcified components. This group was labeled as necro-calcified atherosclerotic plaque (NCAP) (Fig. 2).

Comparison of coronary profiles among data-driven atherosclerotic plaque clusters

Previously identified coronary artery clusters also showed differences in the lumen and plaque characteristics provided by the CCTA-SAPC algorithm. Arteries labeled as NCAP arteries had the highest plaque burden, followed by PFAP and FNAP arteries. This finding could reflect progressive dysfunction attributable to the progression of CAD. This hypothesis also correlated with PET-CT-derived parameters since NCAP arteries displayed the highest basal coronary flow, followed by

Table 1. Clinical and PET-CT characteristics of the study population

Characteristic	n = 35
Male sex, n (%)	22 (62.8)
Arterial hypertension, n (%)	15 (42.8)
Dyslipidemia, n (%)	13 (37.4)
Diabetes, n (%)	7 (20)
History of smoking, n (%)	13 (37.1)
Alcohol consumption, n (%)	9 (25.7%)
NYHA functional class	
I (%)	32 (91.4)
II (%)	2 (5.7)
III (%)	1 (2.85)
Basal-LVEF, n (%)	71 (64.3-74.5)
Stress-LVEF, n (%)	70.5 (65.3-75.5)
Basal-ESV (mL)	28 (20-37.5)
Stress-ESV (mL)	30 (23.3-37.8)
Basal-EDV (mL)	92.5 (66.8-103.3)
Stress-EDV (mL)	97 (77.5-115.5)
Basal-Systolic-Vol (mL)	61 (44.5-68)
Stress-Systolic-Vol (mL)	68 (55-74)
Basal-Band width (°)	162 (69-180)
Stress-Band width (°)	165 (43-184)
Basal-entropy (°)	43.1 (± 12.2)
Stress-entropy (°)	40.1 (± 9.15)
Basal-total calcium score (pts)	0.83 (0.65-0.95)
Stress-total calcium score (pts)	2.03 (1.8-2.4)
Summed difference score (pts)	2.5 (0-8.25)
Basal-peak filling rate (mL/seg)	2.32 (± 0.46)
Stress-peak filling rate (mL/seg)	2.34 (± 0.67)
Basal coronary flow (mL*min/gr)	0.80 (± 0.26)
Stress coronary flow (mL*min/gr)	2.04 (± 0.70)
Coronary flow reserve (mL*min/gr)	2.52 (± 0.83)

LVEF: left ventricular ejection fraction; EDV: end-diastolic volume; ESV: end-systolic volume; PET-CT: positron emission tomography/computed tomography.

arteries affected by PFAP and FNAP. Despite the observed differences in basal coronary flow, all three phenotypes had the same coronary flow during the PET-CT stress phase, which reveals a marked difference in coronary distensibility in response to oxygen

demand. Finally, a progressive decrement in coronary flow reserve was observed; NCAP arteries had the lowest score for this parameter, followed by PFAP and FNAP arteries (Fig. 3).

Association of dysfunctional arteries among data-driven atherosclerotic plaque clusters

Arteries labeled as NCAP had an increased likelihood of having decreased coronary flow reserve (odds ratio [OR]: 6.28, 95% confidence interval [CI]: 1.21-32.69, $p = 0.003$) along with an increased plaque burden (OR: 15.9, 95% CI: 1.72-146.1, $p = 0.01$) and basal coronary flow (OR: 19.2, 95% CI: 1.08-340.41, $p = 0.04$) compared with plaques classified as FNAP, after adjusting for plaque volume, stenosis, and length. Plaques classified as PFAP displayed no significant association with our evaluated outcomes (Fig. 4).

Atherosclerotic plaque score description

An attempt was made to determine whether atherosclerotic plaque clusters could impair the myocardial functionality of each patient by creating a composite atherosclerotic plaque score. Arteries labeled as NCAP were assigned an atherosclerotic plaque score of 3, PFAP a score of 2, and FNAP a score of 1. Coronary arteries without detectable atherosclerotic plaque were assigned a score of 0, and arteries with extreme outliers were excluded from this analysis. The median value of the atherosclerotic plaque score for the evaluated sample was 5 (IQR: 4-6) points.

Correlation of atherosclerotic plaque score with myocardial function

As an exploratory analysis, a PCA score was performed on the PET-CT measurements. The first six dimensions explained 86.2% of the cumulative variance of overall myocardial function (Supplementary Fig. 3). The contribution of each variable in these first six PCA score components is shown in supplementary figure 4. A positive correlation existed between the atherosclerotic plaque score and the first PCA component ($r = 0.42$; 95% CI: 0.049-0.675, $p = 0.012$), comprised of increased end-systolic and diastolic ventricular volumes and decreased LVEF. The first PCA component could be interpreted as an increased volume overload with decreased mechanical functionality. Finally, the

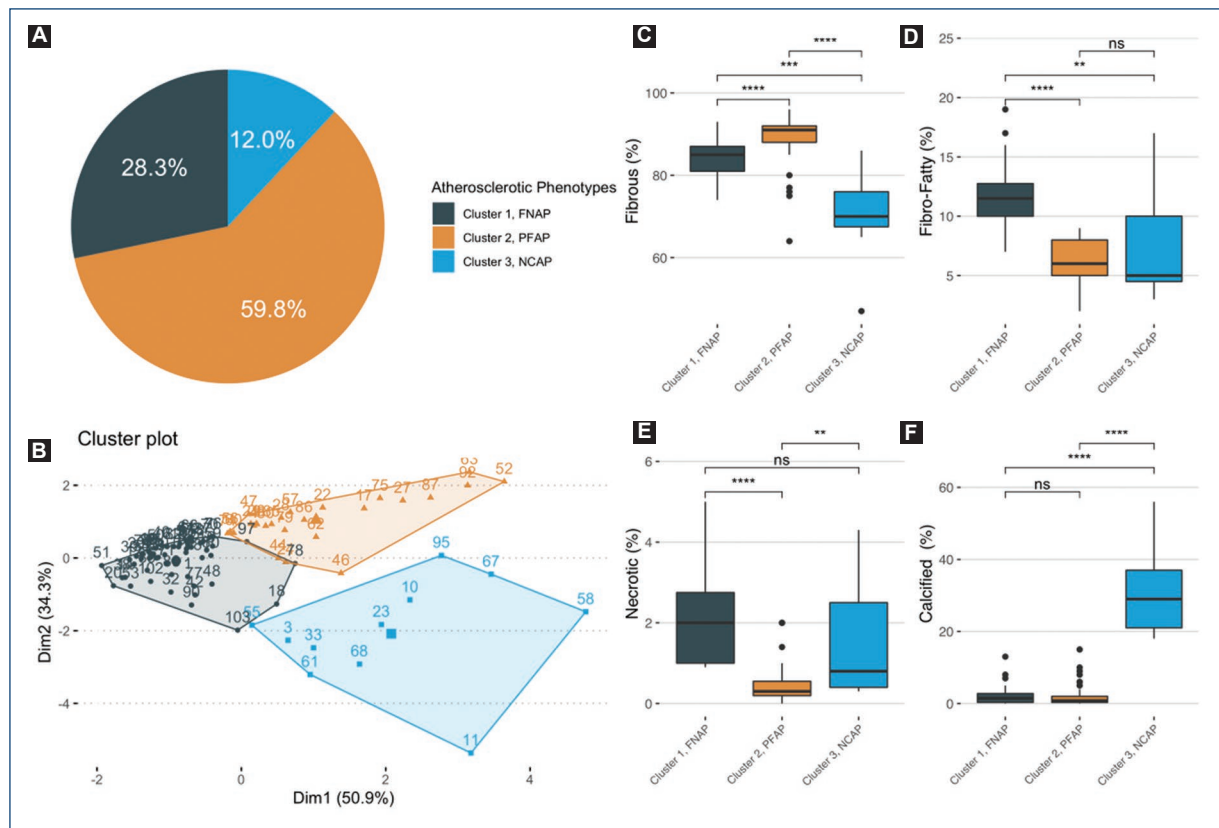


Figure 2. The proportion of fibro-necrotic (FNAP), predominately fibrous (PFAP), and necro-calcified plaque (NCAP) clusters were identified using the k-means algorithm. **A:** boxplots of the content of fibrous, **B:** fibro-fatty; **C:** necrotic; and **D:** calcified percentage of the three identified atherosclerotic plaque clusters. FNAP: fibro-necrotic atherosclerotic plaque; PFAP: predominately fibrous atherosclerotic plaque; NCAP: necro-calcified atherosclerotic plaque.

third component displayed a significant correlation ($r = 0.36$; 95% CI: 0.036-0.626, $p = 0.035$) with the atherosclerotic plaque score, mainly associated with increased entropy, peak filling rate, total calcium volume, and decreased systolic volume. The third PCA component could potentially explain increased myocardial dyssynchrony with increased time of coronary flow fill and decreased systolic volume. The complete correlation matrix with the first six components appears in supplementary figure 5.

Discussion

This study identified three well-differentiated data-driven clusters of plaque lesions evaluated using CCTA-SAPC software QAngio CT and PET-CT in a sample of individuals at high clinical risk of developing CAD. Arteries classified as NCAP displayed the highest plaque burden and the lowest blood flow, followed by arteries classified as PFAP and FNAP.

Furthermore, these findings led to the creation of an atherosclerotic plaque score, in which individual values were assigned based on previously observed atherosclerotic plaque features. Individuals with higher scores had significant correlations with impairments in ventricular volume capacity, mechanical dyssynchrony, filling rates, and calcium scores. The data-driven atherosclerotic clusters could make it possible to recognize the pathophysiological progression before the onset of myocardial infarctions in subjects living with CAD.

The results of this study can be explained by the progressive dysfunction observed in CAD associated with an increased accumulation of chronic cardiometabolic risk factors in the Mexican population now of clinical assessment and the physiological loss of arterial elasticity in the adult population¹⁵⁻¹⁷. In addition, the accumulation of lipid-rich particles under the endothelial lumen can cause tissue oxidation associated with inflammation and accumulation of polymorphonuclear cells that

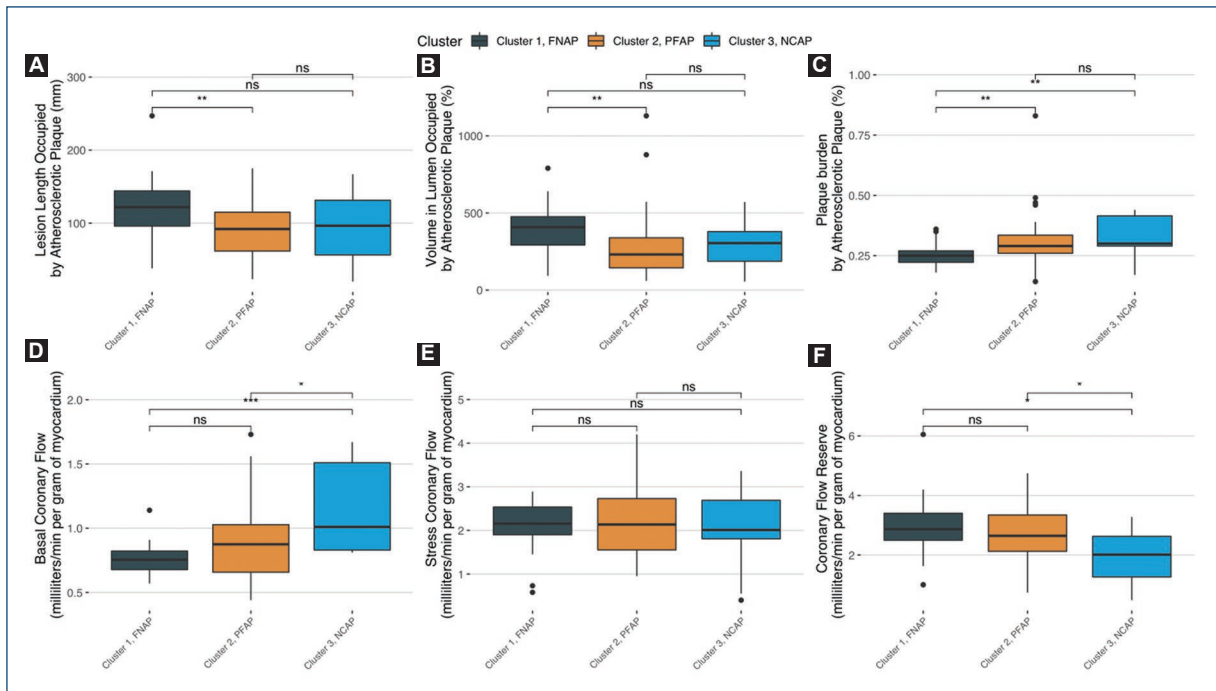


Figure 3. Coronary flow reserve. **A:** characteristics of QAngioCT plaque by data-driven clusters. Boxplots of the lesion; **B:** volume; **C:** plaque burden; **D:** obtained from semi-automated atherosclerotic plaque characterization-computed tomography angiography and basal; **E:** stress, and **F:** coronary flow reserve measurements extracted from positron emission tomography/computed tomography according to the three data-driven atherosclerotic plaque clusters. FNAP: fibro-necrotic atherosclerotic plaque; PFAP: predominantly fibrous atherosclerotic plaque; NCAP: necro-calcified atherosclerotic plaque.

lead to the growth of fibrotic tissue^{17,18}. Subsequently, connective tissue restructuring occurs, and a fibrotic layer covers the atherosclerotic plaque. Finally, the atherosclerotic plaque will undergo a process of degradation that generates necrotic tissue with associated calcification¹⁹.

In addition, CAD has been reported to be related to a progressive decrease in ventricular oxygen supply during the early stages of the disease²⁰. As the coronary flow drops, the myocardium may experience a toxic accumulation of lactic acid and reactive oxygen species, leading to an abnormal microvascular reconfiguration^{18,21,22}. Furthermore, changes in the myocardium translate into dysfunctional contractions and reduced stroke volume. This hypothesis could explain the differences between the reduced coronary flow reserve of NCAP, PFAC, and FNAP arteries. However, caution is advised when interpreting this result, considering the relatively small sample size of the NCAP cluster.

When applied to the PET-CT evaluation, the atherosclerotic plaque score showed an association with mechanical dysfunction in volume capacity, dysrhythmia,

and an increase in coronary calcium in the PCA score analysis. Overall, these findings provide evidence that CAD has pathophysiological implications in myocardial function before the onset of major cardiovascular events. However, more studies that could differentiate between the risk of prior myocardial infarction and overall survival attributable to atherosclerotic plaque profiles are warranted.

The results of our study highlight the strengths of diverse MPS parameters obtained from CCTA and PET-CT to better characterize the atherosclerotic plaques of patients living with CAD. Nevertheless, some limitations should be acknowledged. The sample size to evaluate the potential progression of CAD using data-driven characterization was small. Moreover, as the sample population came from a referral center, it may not entirely represent the Mexican population. Finally, it was not possible to assess the potential contribution of genetic and lifestyle-related factors to the evolution of CAD. Nevertheless, this study constitutes an original approach that combines CCTA plaque characterization with PET-CT measurements and lays the groundwork for further analyses.



Figure 4. Association of positron emission tomography/computed tomography scores with atherosclerotic plaque clusters. Forest plot displaying odds ratios and 95% confidence intervals for decreased coronary flow reserve (blue), increased plaque burden (orange), increased stress-coronary flow (green), and increased basal-coronary flow (pink) across fibro-necrotic (FNAP) and predominantly fibrous (PFAP) plaque clusters. The dashed vertical line represents an OR of 1.0. FNAP: fibro-necrotic atherosclerotic plaque; PFAP: predominantly fibrous atherosclerotic plaque.

Conclusion

Three data-driven atherosclerotic plaque clusters were identified with marked differences in myocardial blood flow, mechanical rhythm, and ventricular volume capacities evaluated through CCTA and PET-CT. These atherosclerotic plaque clusters could provide a pathophysiological explanation of CAD progression and ultimately better characterize high-risk patterns in its development.

Supplementary data

Supplementary data are available at DOI: 10.24875/ACM.24000170. These data are provided by the corresponding author and published online for the benefit of the reader. The contents of supplementary data are the sole responsibility of the authors.

Funding

This research has not received any specific grant from agencies in the public, commercial, or for-profit sectors.

Conflicts of interest

The authors declare no conflicts of interest.

Ethical considerations

Protection of humans and animals. The authors declare to have followed the ethical standards of the relevant experimentation committee, according to the World Medical Association and the Declaration of Helsinki. The procedures were approved by the institutional Ethics Committee.

Confidentiality, informed consent, and ethical approval. The authors have obtained approval from the Ethics Committee for the analysis of routinely collected and anonymized clinical data; therefore, individual informed consent was not required. Relevant ethical recommendations have been followed.

Declaration on the use of artificial intelligence. The authors declare that no generative artificial intelligence was used in the writing or creation of the content of this manuscript.

References

1. Dalen JE, Alpert JS, Goldberg RJ, Weinstein RS. The epidemic of the 20(th) century: coronary heart disease. *Am J Med.* 2014;127:807-12.
2. Khan MA, Hashim MJ, Mustafa H, Baniyas MY, Al Suwaidi SK, AlKatheeri R, et al. Global epidemiology of ischemic heart disease: results from the global burden of disease study. *Cureus.* 2020; 12:e9349.
3. Danad I, Raijmakers PG, Driessen RS, Leipsic J, Raju R, Naoum C, et al. Comparison of coronary CT angiography, SPECT, PET, and hybrid imaging for diagnosis of ischemic heart disease determined by fractional flow reserve. *JAMA Cardiol.* 2017;2:1100-7.
4. Yamamoto A, Nagao M, Ando K, Nakao R, Fukushima K, Matsuo Y, et al. Risk stratification in coronary artery disease using NH₃-PET myocardial flow reserve and CAD-RADS on coronary CT angiography. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2021;37:3335-42.
5. Ko SM, Hwang HK, Kim SM, Cho IH. Multi-modality imaging for the assessment of myocardial perfusion with emphasis on stress perfusion CT and MR imaging. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2015;31 Suppl 1:1-21.
6. Abdelrahman KM, Chen MY, Dey AK, Virmani R, Finn AV, Khamis RY, et al. Coronary computed tomography angiography from clinical uses to emerging technologies: JACC State-of-the-art review. *J Am Coll Cardiol.* 2020;76:1226-43.
7. Fujimoto S, Kondo T, Kodama T, Fujisawa Y, Groarke J, Kumamaru KK, et al. A novel method for non-invasive plaque morphology analysis by coronary computed tomography angiography. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2014;30:1373-82.
8. Sheahan M, Ma X, Paik D, Obuchowski NA, St Pierre S, Newman WP 3rd, et al. Atherosclerotic plaque tissue: noninvasive quantitative assessment of characteristics with software-aided measurements from conventional CT angiography. *Radiology.* 2018;286:622-31.
9. Stefanadis C, Antoniou CK, Tsiachris D, Pietri P. Coronary atherosclerotic vulnerable plaque: current perspectives. *J Am Heart Assoc.* 2017;6:e005543.
10. Herrington W, Lacey B, Sherliker P, Armitage J, Lewington S. Epidemiology of atherosclerosis and the potential to reduce the global burden of atherothrombotic disease. *Circ Res.* 2016;118:535-46.
11. Jang JJ, Bhapkar M, Coles A, Vemulapalli S, Fordyce CB, Lee KL, et al. Predictive model for high-risk coronary artery disease. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2019;12:e007940.
12. Ong P, Camici PG, Beltrame JF, Crea F, Shimokawa H, Sechtem U, et al. International standardization of diagnostic criteria for microvascular angina. *Int J Cardiol.* 2018;250:16-20.
13. Ferencik M, Mayrhofer T, Puchner SB, Lu MT, Maurovich-Horvat P, Liu T, et al. Computed tomography-based high-risk coronary plaque score to predict acute coronary syndrome among patients with acute chest pain--results from the ROMICAT II trial. *J Cardiovasc Comput Tomogr.* 2015;9:538-45.
14. De Graaf MA, Broersen A, Kitslaar PH, Roos CJ, Dijkstra J, Lelieveldt BP, et al. Automatic quantification and characterization of coronary atherosclerosis with computed tomography coronary angiography: cross-correlation with intravascular ultrasound virtual histology. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2013;29:1177-90.
15. Antonio-Villa NE, Espinola-Zavaleta N, Carvajal-Juárez I, Flores-García AN, Alexanderson-Rosas E. Comorbid conditions in individuals assessed by SPECT: study of a reference cardiology center in Mexico City. *J Nucl Cardiol.* 2019;26:1617-24.
16. Acosta-Cázares B, Escobedo-De La Peña J. High burden of cardiovascular disease risk factors in Mexico: an epidemic of ischemic heart disease that may be on its way? *Am Heart J.* 2010;160:230-6.
17. Libby P, Buring JE, Badimon L, Hansson GK, Deanfield J, Bittencourt MS, et al. Atherosclerosis. *Nat Rev Dis Primers.* 2019;5:56.
18. Rafieian-Kopaei M, Setorki M, Douidi M, Baradaran A, Nasri H. Atherosclerosis: process, indicators, risk factors and new hopes. *Int J Prev Med.* 2014;5:927-46.
19. Bentzon JF, Otsuka F, Virmani R, Falk E. Mechanisms of plaque formation and rupture. *Circ Res.* 2014;114:1852-66.
20. Rezende PC, Ribas FF, Serrano CV Jr., Hueb W. Clinical significance of chronic myocardial ischemia in coronary artery disease patients. *J Thorac Dis.* 2019;11:1005-15.
21. Öörni K, Rajamäki K, Nguyen SD, Lähdesmäki K, Plihtari R, Lee-Rueckert M, et al. Acidification of the intimal fluid: the perfect storm for atherogenesis. *J Lipid Res.* 2015;56:203-14.
22. Kubasiak LA, Hernandez OM, Bishopric NH, Webster KA. Hypoxia and acidosis activate cardiac myocyte death through the Bcl-2 family protein BNIP3. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2002;99:12825-30.

Inteligencia artificial y cardiología en Latinoamérica: un análisis bibliométrico de 5 años de investigación científica

Artificial intelligence and cardiology in Latin America: a 5-year bibliometric analysis of scientific research

Fabián A. Chávez-Ecos^{1,2*}, Carlos Quispe-Vicuña³, Leonardo J. Uribe-Cavero^{2,4}, Wagner Ríos-García^{1,4}, Linda A. Pasapera-Chacaliza⁴, Luis A. Javier-Contreras⁴, Miguel A. Chavez-Gutarra² y Kiara Camacho-Caballero¹

¹CHANGE Research Working Group, Facultad de Ciencias de la Salud, Carrera de Medicina Humana, Universidad Científica del Sur, Lima; ²Red de Cardiología y Salud Pública (RCSP), Ica; ³Grupo de Investigación en Neurociencias, Metabolismo, Efectividad Clínica y Sanitaria (NEMECS), Universidad Científica del Sur, Lima; ⁴Sociedad Científica de Estudiantes de Medicina de Ica (SOCEMI), Facultad de Medicina Humana, Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Ica. Perú

Resumen

Objetivo: La inteligencia artificial (IA) mejora la atención médica, alcanzando hasta un 90% de precisión en el diagnóstico y el tratamiento en cardiología, pero enfrenta desafíos como la falta de capacitación y de recursos. Aunque la investigación en Latinoamérica y el Caribe (LAC) ha crecido, sigue siendo limitada, lo que resalta la necesidad de innovaciones frente a la crisis cardiovascular. Este análisis bibliométrico aborda el desarrollo de la IA en cardiología en LAC (2018-2023).

Método: Estudio descriptivo y cuantitativo que analiza investigaciones sobre IA en cardiología en LAC mediante Scopus. Se usaron SciVal, VOSviewer y R Studio para evaluar publicaciones, citas y redes de colaboración. **Resultados:** Se identificaron 152 documentos con 1,054 citas y 1,095 autores (6.9 citas por documento). Los principales temas fueron fibrilación auricular, intervención coronaria percutánea y monitorización cardíaca. Colombia, Argentina y México lideraron en producción científica, con un 63.8% de publicaciones en colaboración internacional y un aumento sostenido en la producción. **Conclusiones:** La investigación en IA aplicada a cardiología ha crecido en LAC, pero con limitaciones. Este análisis destaca áreas clave y la necesidad de mejorar la producción científica. Brinda una base para futuros estudios y colaboraciones para abordar la crisis cardiovascular y expandir el uso de IA en el cuidado cardiovascular.

Palabras clave: Inteligencia artificial. Cardiología. Bibliometría.

Abstract

Objective: Artificial intelligence (AI) is transforming healthcare by enhancing diagnosis and treatment, with up to 90% accuracy in cardiology. However, its adoption faces challenges, including limited training and resources in some regions. While scientific output in Latin America and Caribe (LAC) has grown, it remains low compared to other regions, underscoring the need for innovative solutions to the cardiovascular health crisis. This study analyzes AI-related cardiology research in LAC from 2018 to 2023.

Method: This descriptive scientometric study used the Scopus database to analyze AI in cardiology research in LAC. SciVal, VOSviewer, and R Studio were applied to assess publication volume, collaboration types, citations, and research networks.

*Correspondencia:

Fabián A. Chávez-Ecos
E-mail: fabianchavezecos@gmail.com

Fecha de recepción: 05-12-2024
Fecha de aceptación: 07-03-2025
DOI: 10.24875/ACM.24000228

Disponible en internet: 23-10-2025
Arch Cardiol Mex. 2026;96(2):120-129
www.archivoscardiologia.com

1405-9940 / © 2025 Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. Publicado por Permanyer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Results: A total of 152 documents, 1,054 citations, and 1,095 authors were identified, averaging 6.9 citations per document. Key topics included atrial fibrillation, percutaneous coronary intervention, and cardiac monitoring. Colombia, Argentina, and Mexico led in scientific output, with international collaboration accounting for 63.8% of publications and an upward trend in research output over time. **Conclusions:** AI-related cardiology research in LAC is growing, but certain limitations. This analysis highlights key areas and the need to enhance scientific production. It provides a base for future studies and collaborations to address the cardiovascular health crisis and expand AI adoption in cardiovascular care.

Keywords: Artificial intelligence. Cardiology. Bibliometrics.

Introducción

La inteligencia artificial (IA) ha surgido como una herramienta innovadora en la atención médica, empleando algoritmos avanzados y técnicas de aprendizaje automático para replicar procesos cognitivos humanos¹⁻³. Esto facilita la toma de decisiones clínicas y la gestión de grandes volúmenes de datos, lo que mejora la precisión en el diagnóstico y el tratamiento de diversas enfermedades⁴⁻⁶. En cardiología, la IA ha transformado la identificación y la predicción de eventos cardiovasculares, incrementando la exactitud diagnóstica en más del 90% en procedimientos clave, como el electrocardiograma y técnicas de imagen como la ecocardiografía y la angiografía coronaria, optimizando así la atención al paciente y la eficiencia de los sistemas de salud⁷⁻⁹. En la detección de arritmias, la IA permite analizar electrocardiogramas para identificar patrones sutiles que pueden pasar desapercibidos incluso para los cardiólogos, facilitando la monitorización continua y la prevención de complicaciones graves como la muerte súbita, accidentes cerebrovasculares e insuficiencia cardíaca^{10,11}. En cirugía cardiovascular, la IA realiza planificaciones de intervenciones al permitir el análisis preciso de imágenes y la simulación de procedimientos. Además, facilita el monitoreo continuo de los signos vitales durante la cirugía y la predicción de complicaciones mortales, como hemorragias y arritmias intraoperatorias, entre otras, lo que contribuye a aumentar la precisión, la seguridad y la eficacia de los procedimientos quirúrgicos^{12,13}.

Aunque la IA ha mostrado avances significativos en cardiología, su integración enfrenta desafíos importantes, como la capacitación en IA a los cardiólogos, la limitada disponibilidad de recursos tecnológicos en ciertas regiones y la variabilidad en la calidad de los datos clínicos. Estos factores dificultan su implementación, especialmente en entornos rurales o de bajos recursos. Además, las herramientas de IA deben adaptarse a las particularidades de cada población para maximizar su efectividad. A pesar de estas barreras,

la IA continúa ofreciendo un potencial notable para mejorar los resultados en salud cardiovascular¹⁴.

Los análisis bibliométricos proporcionan una visión integral de la literatura científica, permitiendo identificar autores, instituciones, publicaciones y redes de colaboración globales^{15,16}. Un análisis global sobre IA y cardiología mostró un crecimiento significativo de publicaciones en Norteamérica, Europa y Asia¹⁷; sin embargo, en Latinoamérica y el Caribe (LAC), la producción científica en este campo sigue siendo considerablemente menor y menos explorada en comparación con dichas regiones¹⁷. Esta situación es en particular preocupante en el contexto de la creciente crisis de salud cardiovascular en LAC, que podría duplicar la carga de morbilidad para el año 2050¹⁸, lo que resalta la urgente necesidad de implementar soluciones innovadoras en esta área¹⁹. A pesar de las investigaciones prometedoras sobre el uso de IA para mejorar el monitoreo y el procesamiento de datos clínicos en LAC, es necesario profundizar en la implementación de estas tecnologías y evaluar su impacto real en la atención cardiológica en la región^{20,21}.

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es realizar el primer análisis bibliométrico sobre la IA en el campo de la cardiología en LAC, entre 2018 y 2023. Este análisis permitirá conocer las características de la producción científica, identificar los temas de investigación en tendencia y mapear las redes de colaboración existentes.

Método

Este estudio bibliométrico se realizó siguiendo las recomendaciones de la *Guía para la elaboración de informes de revisiones bibliométricas de la literatura biomédica* (BIBLIO)²² (Tabla suplementaria 1).

Diseño del estudio

Se trata de un estudio descriptivo con un enfoque cuantitativo. Se centró en estudios que evaluaron la

aplicación de la IA en el área de la cardiología en países de LAC, con el objetivo de identificar patrones emergentes, colaboraciones e impacto.

Base de datos y criterios de selección

Para acceder a los metadatos de los manuscritos se utilizó la base de datos Scopus (Elsevier BV Company, EE. UU., disponible en <https://www.scopus.com/>). Se decidió trabajar con esta base por su alcance y porque cuenta con una amplia gama de revistas científicas en comparación con otras bases de datos²³. Además, se utilizó la herramienta SciVal para realizar el análisis bibliométrico debido a su compatibilidad con Scopus, ya que ambas están respaldadas por Elsevier. Se incluyeron estudios de todo tipo sobre el tema sin restricción de idioma ni formato de publicación durante el periodo 2018-2023.

Estrategia de búsqueda

El tamaño de la muestra de estudio fueron los datos generados durante ese periodo. La búsqueda se realizó utilizando el lenguaje controlado MeSH (*Medical Subject Headings*), los términos Emtree de Embase y lenguaje libre relacionado con “inteligencia artificial”, y el código SUBJTERMS para recuperar documentos relacionados con el campo de la “cardiología”. Además, se utilizaron los operadores booleanos OR y AND, y los campos de análisis de título y resumen (TITLE-ABS) de cada publicación como campos de búsqueda. La estrategia de búsqueda se desarrolla en la tabla suplementaria 2.

Análisis de datos

Los resultados se descargaron de SciVal como un archivo.csv de Scopus y luego se exportaron a Microsoft Excel 2016. Para la obtención de los indicadores bibliográficos se utilizó el sistema SciVal (disponible en <https://www.scival.com/>). Este programa constituye una herramienta para evaluar la utilidad y la producción científica de las publicaciones en Scopus. Debido a la gran cantidad de datos disponibles que posee esta métrica, SciVal presenta una destacada ventaja sobre otras similares de su categoría²⁴. Se analizaron las siguientes variables: número de publicaciones, campos de estudio, instituciones, países, tipo de colaboración, palabras clave, Scimago Journal Ranking, CiteScore y autores con mayor producción científica. A partir de la afiliación y tomando como base un

estudio bibliométrico previo, se establecieron cuatro categorías de tipo de colaboración²⁵:

- Internacional: estudio realizado por múltiples autores o instituciones de diferentes países.
- Solo nacional: estudio realizado por múltiples autores o instituciones de un solo país.
- Solo institucional: estudio realizado por varios autores de una misma institución en un solo país.
- Autoría única o sin colaboración: estudio sin algún tipo de colaboración (solo se agrega para que el total de categorías sume el 100%).

Además, para conocer la tendencia de las publicaciones se realizó una correlación de Pearson, y para determinar las diferencias de publicaciones entre el rango de años se utilizó la prueba t de Student. Se consideró significativo un valor $p < 0.05$. Se utilizó el *software* VOSviewer (versión 1.6.10)²⁶ para analizar las redes de colaboración entre autores y palabras clave. También se utilizó el *software* R studio 4.3.2, a través del paquete Bibliometrix 3.0, para evaluar la productividad de los autores (ley de Lotka)²⁷ y de las revistas (ley de Bradford), la colaboración entre países y el diagrama de Sankey (gráfico de tres campos), el cual ilustra el flujo de relaciones por palabra clave-país-autor, donde los nodos rectangulares más grandes en cada categoría permiten una evaluación visual de las relaciones entre los elementos evaluados²⁸.

Resultados

Se extrajeron 152 documentos, acumulando 1,054 citas y 1,095 autores. El número promedio de citas por documento fue de 6.9. La mayoría de estos documentos recuperados pertenecía a los temas fibrilación auricular (20 publicaciones), intervención coronaria percutánea (12 publicaciones) y monitorización cardiaca con electrocardiograma (12 publicaciones). Las características generales de los estudios y el flujo-grama para su selección se describen en la [tabla 1](#) y la [figura 1](#), respectivamente. Se observó un aumento sostenido en el número de publicaciones a lo largo del periodo analizado ($R^2: 0.89$), lo que indica una tendencia creciente en la producción científica sobre IA en cardiología en LAC ([Fig. 2](#)).

Top 10 de los autores más productivos

La [tabla 2](#) muestra los autores con mayor producción sobre IA en el campo de la cardiología de países de LAC. La mayoría son de nacionalidad colombiana, encabezando la lista Miguel Ángel Vera con 9

Tabla 1. Características generales de los estudios

Descripción	Resultados
Fuentes (revistas, libros, etc.)	66
Documentos	152
Tasa de crecimiento anual	34.82%
Edad promedio de los documentos	2.6 años
Promedio de citas por documento	6.883
Referencias	0
Contenido de los documentos	
Keywords Plus (ID)	1460
Keywords del autor (DE)	340
Autores	1120
Documentos de un solo autor	7
Colaboración entre autores	
Documentos de un solo autor	7
Coautores por documento	9.9
Coautoría internacional	61.69%
Tipos de documentos	
Artículo original	82
Artículo en conferencia	36
Editorial	7
Revisión editorial	1
Carta al editor	4
Nota	2
Revisión	20

publicaciones y 11 citaciones. Sin embargo, el autor con mayor impacto fue el brasileño Antonio Luiz Pinho Ribeiro, con 15 citaciones por documento. La aplicación de la ley de Lotka a la productividad de los autores reveló que más del 80% de los manuscritos (898 publicaciones) fueron escritos por autores con solo una publicación. Este análisis reveló que la mayoría de los autores no son tan productivos en este campo (Fig. suplementaria 1).

Top 10 de las instituciones más productivas

La tabla 3 presenta las instituciones con mayor número de artículos en este tema de investigación. Encabezando la lista se encuentra la Universidad de São Paulo, en Brasil, con 16 publicaciones y 167 citaciones. Por su parte, la institución con mayor impacto fue la Universidad de Milán, en Italia, con solo 7 publicaciones, pero con 240 citaciones y 34.3 citaciones por documento.

Top 10 de las revistas más productivas

La tabla 4 muestra las 10 revistas con mayor producción científica e impacto sobre el uso de IA en cardiología. Encabeza la lista la revista estadounidense *Computing in Cardiology*, con 28 publicaciones, pero la revista estadounidense de alto cuartil *Journal of the American Society of Echocardiography* es la que presenta el mayor impacto, ya que con solo 2 publicaciones tiene 30.5 citaciones por documento. Además, se observa que casi todas las revistas con más productividad presentan un bajo cuartil (Q3-Q4). La aplicación de la ley de Bradford a la productividad de las revistas reveló que la primera zona de productividad estaba conformada por *Computing in Cardiology*, *Frontiers in Cardiovascular Medicine* y *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, con 31, 13 y 10 publicaciones, respectivamente. Por su parte, el resto de las revistas se encontraban en la segunda zona, encabezadas por *Revista de la Federación Argentina de Cardiología* con 6 publicaciones (Fig. suplementaria 2).

Cuando se toman en conjunto con los datos de CiteScore 2022 (Fig. 3), se observa un aumento en el número de publicaciones, enfatizando las revistas de cuartil Q1.

Redes de colaboración

La figura 4 proporciona una vista de los tipos de colaboración de las publicaciones, destacando la colaboración internacional con el 63.8% (81 publicaciones), 1,103 citaciones y el mayor impacto con 13.6 citaciones por documento; le sigue en productividad e impacto la colaboración solo nacional, con el 20.5% (26 publicaciones), 98 citaciones y 3.8 citaciones por documento.

Visualización de la red de publicaciones

EE.UU. y Brasil lideran la producción científica, con 216 y 192 publicaciones, respectivamente (Fig. 5). Si bien la mayoría de los países más productivos son de otras partes del mundo, en LAC destacan Colombia, Argentina y México. La figura suplementaria 3 muestra una fuerte colaboración entre EE.UU. y China, así como entre Brasil y varias regiones de Europa. La figura suplementaria 4 muestra la red de colaboración entre países con al menos 2 artículos, y la figura suplementaria 5 muestra la red de colaboración entre autores con más de 3 artículos. En la figura 6 se

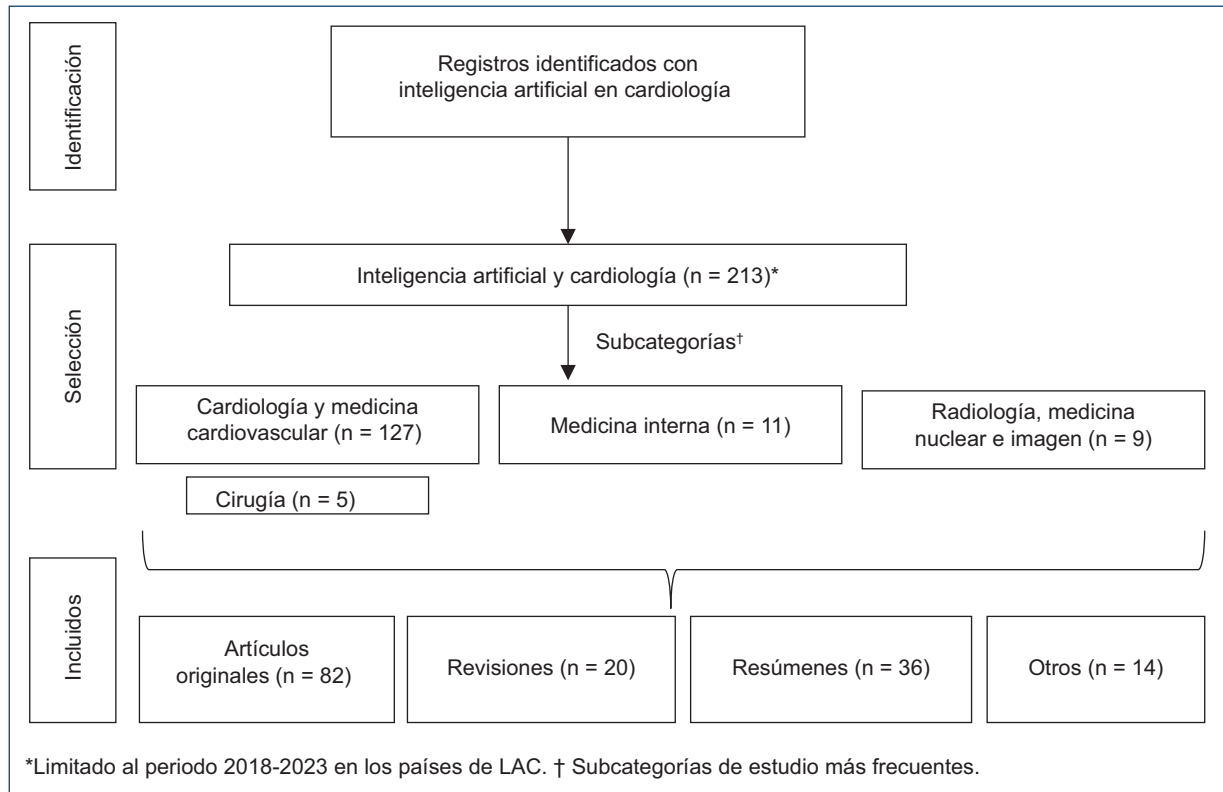


Figura 1. Flujograma de selección de los estudios.

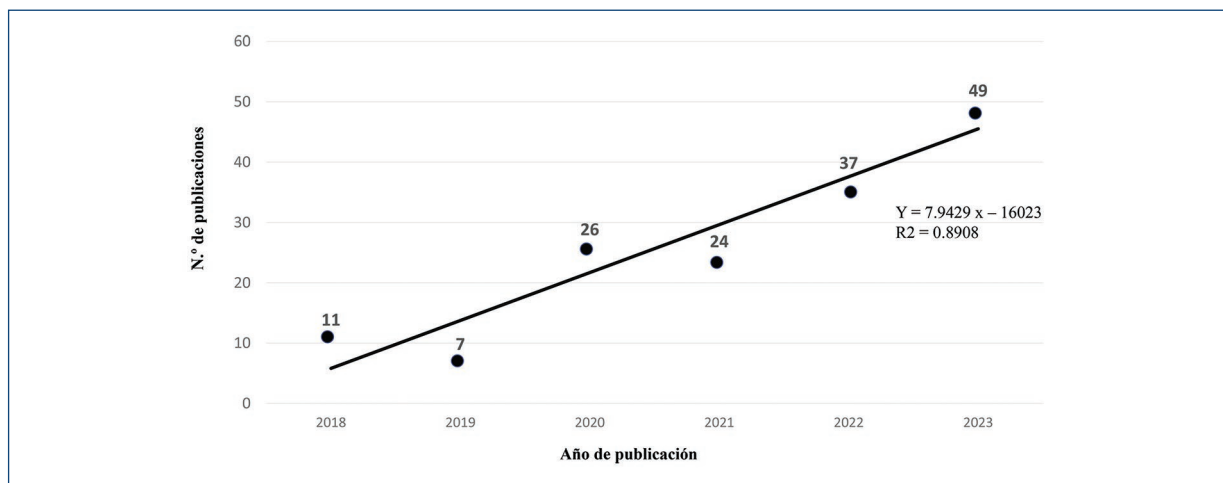


Figura 2. Tendencias de las publicaciones según año.

encuentran las palabras clave más frecuentes, destacando “Machine learning” y “Artificial intelligence”, y en la figura suplementaria 6 se detallan las coocurrencias de términos que han aparecido al menos 10 veces en los documentos. Además, el diagrama de Sankey

(gráfico de tres campos) ilustra el fuerte flujo de relaciones entre palabras clave como “Artificial intelligence” y “Machine learning”, países como “Estados Unidos” y “Corea”, y autores como “Andreini d” y “Min jk” (Fig. suplementaria 7).

Tabla 2. Top 10 de los autores más productivos

Orden	Autor	Documentos	Citaciones	Citaciones por documento	h-Index	FWCI	País
1	Vera, Miguel Ángel	9	11	1.2	7	0.14	Colombia
2	Huérfano, Yoleidy Katherine	8	11	1.4	5	0.15	Chile
3	Ribeiro, Antonio Luiz Pinho	8	120	15	30	2.16	Brasil
4	Vera, María Isabel	7	11	1.6	3	0.18	Venezuela
5	Contreras-Velásquez, Julio César	6	7	1.2	5	0.12	Colombia
6	Bermúdez, Valmore José	6	5	0.8	23	0.05	Colombia
7	Chacón, José Gerardo	5	7	1.4	3	0.14	Colombia
8	Rojas, Joselyn Joanna	5	10	2	20	0.16	EE. UU.
9	Del Mar, Atilio	5	7	1.4	3	0.14	Argentina
10	Juárez-Orozco, Luis Eduardo	5	63	12.6	17	0.62	Países Bajos

FWCI: Field-Weighted Citation Impact.

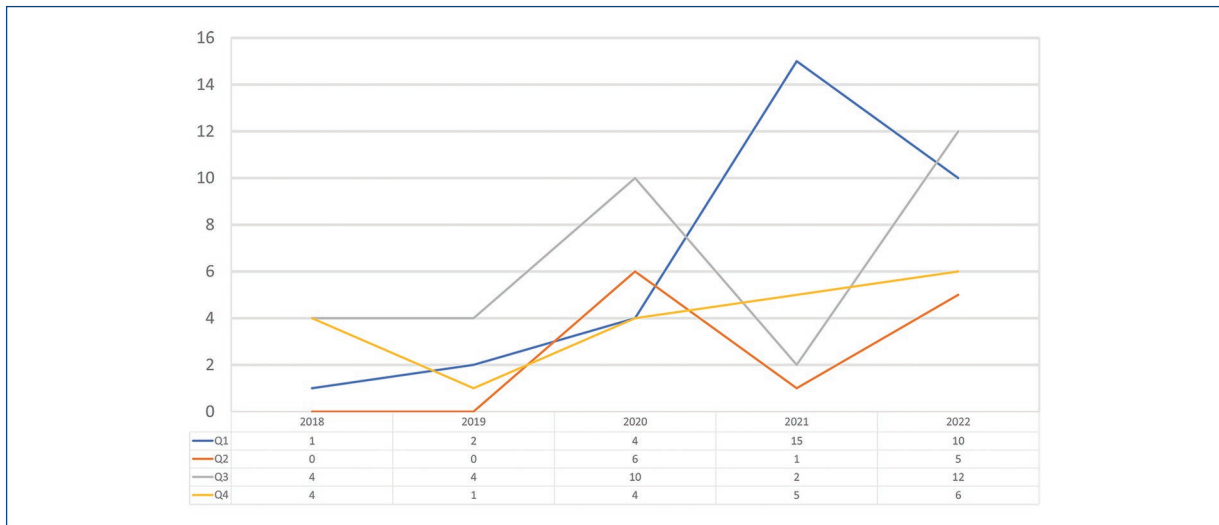


Figura 3. Documentos publicados según CiteScore Quartil.

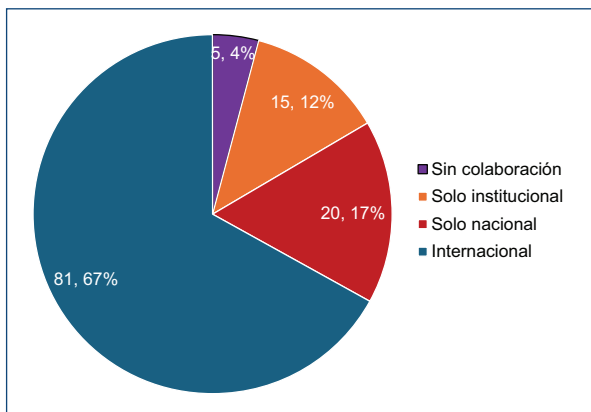


Figura 4. Tipos de colaboración.

Análisis de los temas de las publicaciones

La figura 7 muestra las tendencias sobre los temas de estudio más frecuentes por cada año de estudio, destacando “Artificial intelligence” y “Machine learning” en 2022 con 30 publicaciones. De forma similar, la figura suplementaria 8 muestra que estos mismos términos fueron los más frecuentes, representando el 15 y el 14%, respectivamente. Por su parte, la figura suplementaria 9 muestra la evolución de los temas de estudio de las publicaciones, según periodos.

Tabla 3. Top 10 de las instituciones más productivas

Orden	Instituciones	País	Documentos	Citaciones	Citaciones por documento	FWCI
1	Universidade de São Paulo	Brasil	16	167	10.4	1.5
2	Harvard University	EE.UU.	14	134	9.6	0.96
3	Universidade Federal de Minas Gerais	Brasil	12	162	13.5	1.97
4	Universidad Simón Bolívar	Colombia	10	14	1.4	0.13
5	Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez	México	8	69	8.6	0.62
6	Universidad de los Andes Mérida	Venezuela	8	11	1.4	0.15
7	Universidade Federal do ABC	Brasil	8	44	5.5	0.89
8	King's College London	Reino Unido	7	162	23.1	2.19
9	University of Milan	Italia	7	240	34.3	2.3
10	Imperial College London	Reino Unido	6	90	15	1.24

FWCI: Field-Weighted Citation Impact.

Tabla 4. Top 10 de las revistas más productivas

Orden	Revista	País	Cuartil	SJR	Documentos	Citaciones por documento	CiteScore 2022
1	<i>Computing in Cardiology</i>	EE.UU.	Q3	0.23	28	6.5	1.1
2	<i>Frontiers in Cardiovascular Medicine</i>	Países Bajos	Q2	1.391	10	11.3	2.6
3	<i>Revista Latinoamericana de Hipertensión</i>	Venezuela	Q4	0.134	9	1.3	0.7
4	<i>Arquivos Brasileiros de Cardiologia</i>	Brasil	Q3	0.359	8	6.4	3.4
5	<i>Revista de la Federación Argentina de Cardiología</i>	Argentina	Q4	0.106	5	0.4	0.2
6	<i>Journal of Electrocardiology</i>	EE.UU.	Q3	0.417	4	12	2.8
7	<i>Archivos de Cardiología de México</i>	México	Q4	0.134	4	1.5	0.5
8	<i>Revista Argentina de Cardiología</i>	Argentina	Q4	0.142	4	2.5	0.6
9	<i>Revista Colombiana de Cardiología</i>	Colombia	Q4	0.119	3	2.7	0.3
10	<i>Journal of the American Society of Echocardiography</i>	EE.UU.	Q1	1.959	2	30.5	10.1

SJR: Scimago Journal & Country Rank.

Discusión

Este estudio bibliométrico buscó analizar el alcance de la investigación en IA aplicada a la cardiología en LAC. Entre 2018 y 2023 se observó un incremento significativo en la producción de publicaciones sobre el tema, alcanzando su pico en 2023. Los principales temas investigados dentro de esta área fueron

fibrilación auricular, intervención coronaria percutánea y monitorización cardiaca mediante electrocardiograma. Los países con mayor volumen de investigación fueron Argentina, Colombia y México, mientras que las revistas estadounidenses concentraron tanto el mayor impacto como el número más alto de publicaciones.

En nuestro conocimiento, este constituye el primer análisis bibliométrico de la producción científica

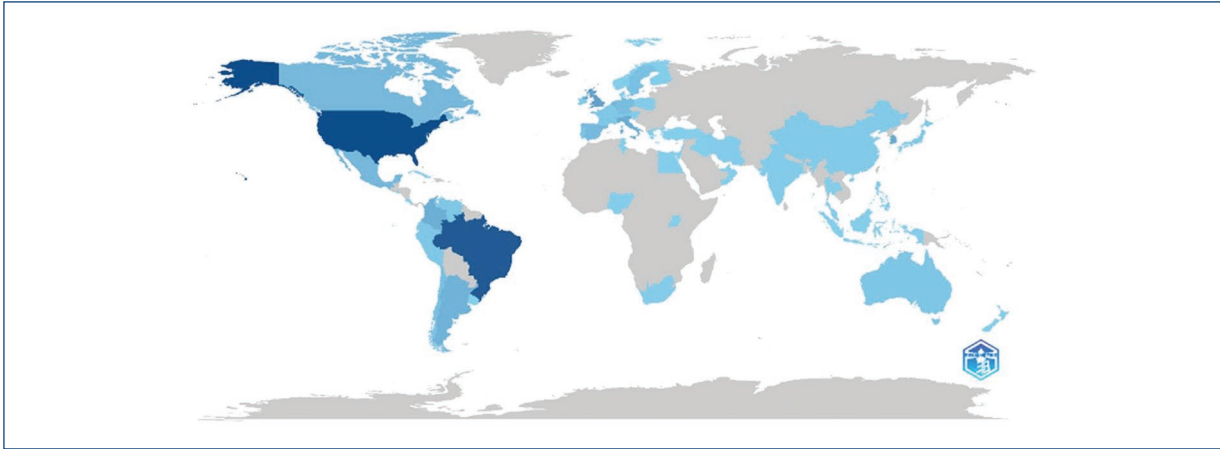


Figura 5. Producción científica por países.

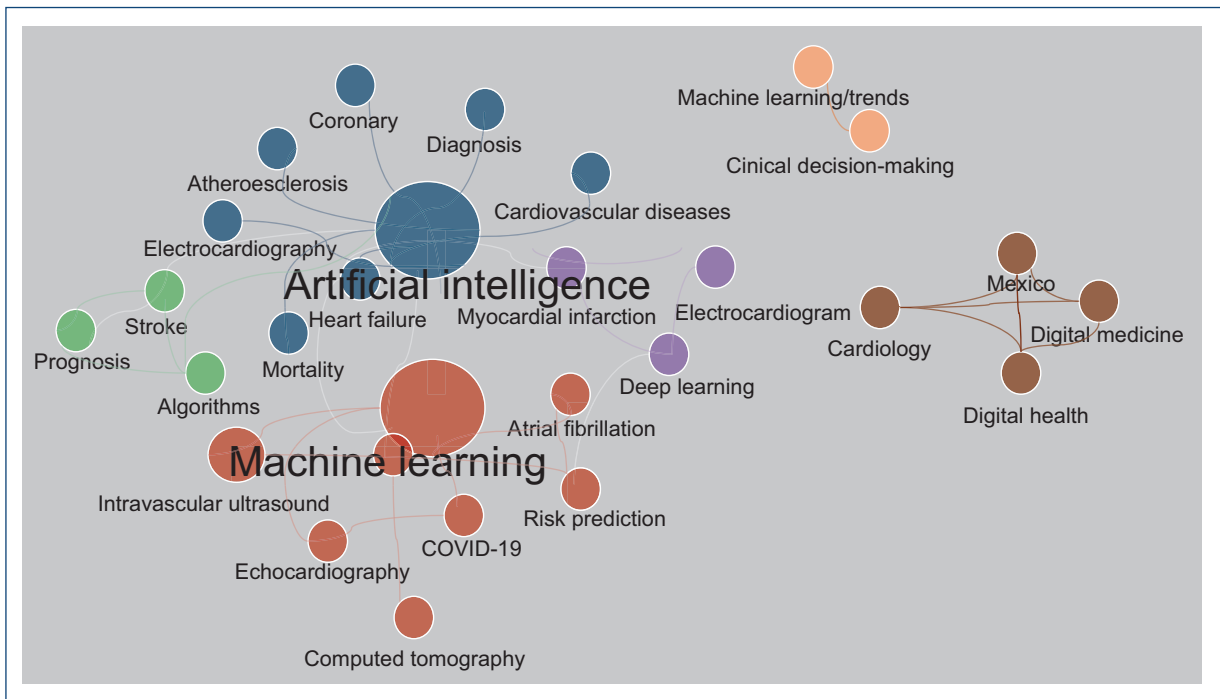


Figura 6. Palabras clave más frecuentes.

sobre IA aplicada a la cardiología en LAC. La tendencia de crecimiento observada desde 2018 concuerda con lo hallado en estudios que han evaluado la producción global sobre IA en cardiología hasta 2022¹⁷. A pesar de este incremento, LAC sigue considerablemente detrás de otras regiones: en América del Norte, EE.UU. lidera con más de 1400 publicaciones en el área hasta el año 2022; en Asia, China ha registrado 523 publicaciones; y en Europa, el

Reino Unido, Alemania e Italia alcanzan 368, 315 y 259 publicaciones, respectivamente¹⁷.

Estos resultados reflejan un patrón similar al encontrado en otros ámbitos de la investigación en cardiología, donde la producción científica de LAC no figura entre las más altas¹⁵. Esta diferencia destaca la necesidad de fortalecer la investigación sobre IA en cardiología en la región, incentivando tanto la inversión en tecnología como la colaboración internacional para

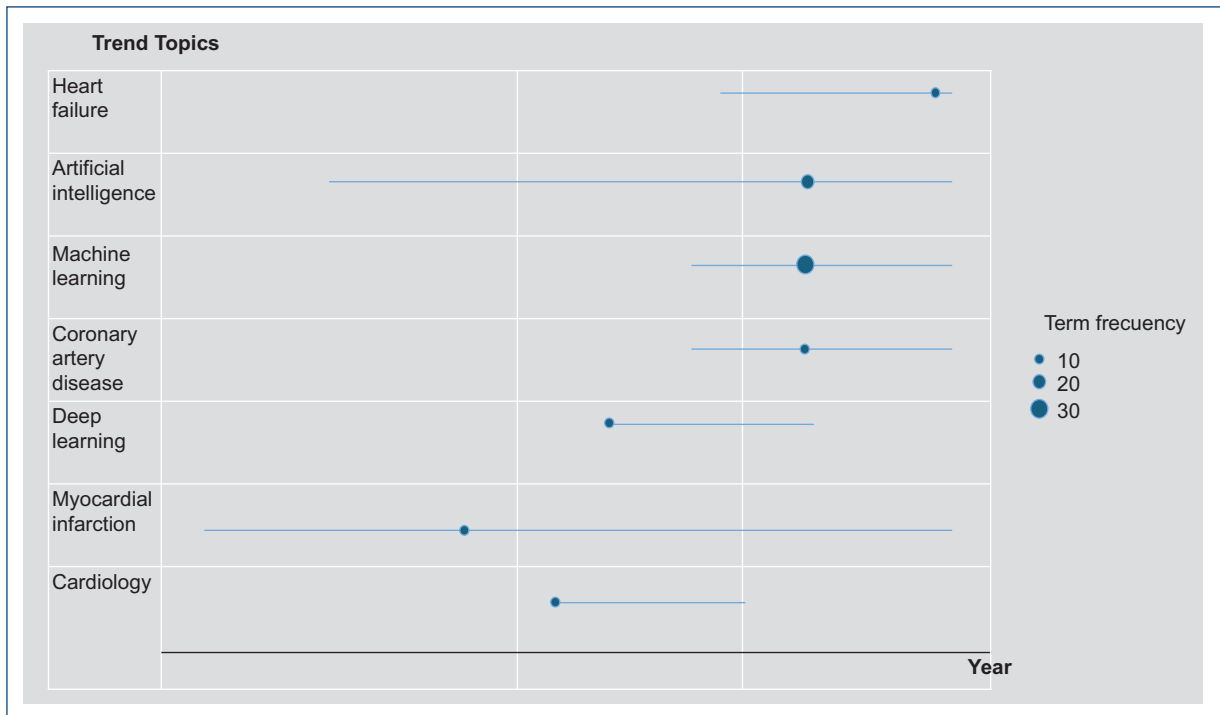


Figura 7. Tendencias en los temas de estudio.

aumentar el impacto y la visibilidad de las publicaciones de LAC en el campo de la cardiología.

En el análisis de los temas más investigados en IA aplicada a la cardiología en LAC, identificamos que las arritmias, como la fibrilación auricular, ocupan un lugar destacado. A pesar de que este fue el tema más recurrente en nuestro estudio, representando el 13.2% de las publicaciones, el aporte de LAC sigue siendo significativamente menor en comparación con el de otras regiones^{29,30}. Esta diferencia es especialmente crítica, considerando la creciente necesidad de emplear IA para mejorar el diagnóstico y la monitorización de las arritmias mediante algoritmos que apoyen la interpretación de electrocardiogramas. Este contexto resalta una oportunidad clave para que LAC enfoque futuras investigaciones que fortalezcan el desarrollo y la aplicación de herramientas de IA en este grupo de patologías, promoviendo así mejoras en el diagnóstico y el seguimiento de la fibrilación auricular y otras arritmias.

Limitaciones

Este estudio presenta algunas limitaciones. La búsqueda sistemática se restringió a la base de datos Scopus y abarcó solo publicaciones del periodo

2018-2023, lo que pudo haber excluido estudios relevantes en otras bases de datos o literatura gris, como informes y libros institucionales. Además, las publicaciones anteriores a 2018 no se consideraron debido a la baja producción identificada en ese lapso, y las posteriores a 2023 fueron omitidas, ya que los análisis bibliométricos requieren años completos para lograr resultados representativos. Sin embargo, el estudio también presenta fortalezas. Se seleccionó Scopus por su enfoque multidisciplinario y su indexación de revistas de alta calidad, siendo una de las principales bases recomendadas para análisis bibliométricos^{31,32}. Esto garantiza una búsqueda precisa y específica, ofreciendo una representación actual y relevante del uso de la IA en cardiología en los países de LAC. Se espera que los resultados fomenten futuros estudios sobre la aplicabilidad de la IA en distintas áreas de la medicina, con especial enfoque en la cardiología.

Conclusiones

Aunque se ha identificado una tendencia creciente en la producción científica sobre IA aplicada a la cardiología, LAC aún muestra un proceso lento de producción científica sobre temas de IA y cardiología, en comparación con otras regiones. Esta brecha subraya

la necesidad de intensificar la investigación en esta área y de mejorar la integración de tecnologías de IA en la práctica clínica en LAC. Promover el desarrollo y la aplicación de estas herramientas no solo tiene el potencial de mejorar el diagnóstico y el tratamiento de las enfermedades cardiovasculares, sino que también podría fortalecer la infraestructura investigativa de la región y contribuir a elevar su perfil científico en el ámbito global de la cardiología.

Financiamiento

La presente investigación no ha recibido ninguna beca específica de agencias de los sectores públicos, comercial o con ánimo de lucro.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Consideraciones éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad, consentimiento informado y aprobación ética. El estudio no involucra datos personales de pacientes ni requiere aprobación ética. No se aplican las guías SAGER.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial. Los autores declaran que no utilizaron algún tipo de inteligencia artificial generativa para la redacción de este manuscrito.

Material suplementario

El material suplementario se encuentra disponible en DOI: 10.24875/ACM.24000228. Este material es provisto por el autor de correspondencia y publicado *online* para el beneficio del lector. El contenido del material suplementario es responsabilidad única de los autores.

Referencias

1. Yeung AWK, Kulnik ST, Parvanov ED, Fassl A, Eibensteiner F, Vökl-Kernstock S, et al. Research on digital technology use in cardiology: bibliometric analysis. *J Med Internet Res.* 2022;24:e36086.
2. Manoj Kumar L, George RJ, PSA. Bibliometric analysis for medical research. *Indian J Psychol Med.* 2023;45:277-82.
3. Tang R, Zhang S, Ding C, Zhu M, Gao Y. Artificial intelligence in intensive care medicine: bibliometric analysis. *J Med Internet Res.* 2022;24:e42185.

4. Alowais SA, Alghamdi SS, Alsuhebany N, Alqahtani T, Alshaya AI, Al-mohareb SN, et al. Revolutionizing healthcare: the role of artificial intelligence in clinical practice. *BMC Med Educ.* 2023;23:689.
5. Mintz Y, Brodie R. Introduction to artificial intelligence in medicine. *Minim Invasive Ther Allied Technol.* 2019;28:73-81.
6. Rosenblatt F. The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychol Rev.* 1958;65:386-408.
7. Liao J, Huang L, Qu M, Chen B, Wang G. Artificial intelligence in coronary CT angiography: current status and future prospects. *Front Cardiovasc Med.* 2022;9:896366.
8. Narang A, Bae R, Hong H, Thomas Y, Surette S, Cadieu C, et al. Utility of a deep-learning algorithm to guide novices to acquire echocardiograms for limited diagnostic use. *JAMA Cardiol.* 2021;6:624.
9. Li XM, Gao XY, Tse G, Hong SD, Chen KY, Li GP, et al. Electrocardiogram-based artificial intelligence for the diagnosis of heart failure: a systematic review and meta-analysis. *J Geriatr Cardiol.* 2022;19:970-80.
10. Maille B, Wilkin M, Million M, Ressaygue N, Franceschi F, Koutbi-Franceschi L, et al. Smartwatch electrocardiogram and artificial intelligence for assessing cardiac-rhythm safety of drug therapy in the COVID-19 pandemic. The QT-logs study. *Int J Cardiol.* 2021;331:333-9.
11. Nakamura T, Sasano T. Artificial intelligence and cardiology: current status and perspective. *J Cardiol.* 2022;79:326-33.
12. Nedadur R, Bhatt N, Liu T, Chu MWA, McCarthy PM, Kline A. The emerging and important role of artificial intelligence in cardiac surgery. *Can J Cardiol.* 2024;40:1865-79.
13. Sulague RM, Beloy FJ, Medina JR, Mortalla ED, Cartojano TD, Macapagal S, et al. Artificial intelligence in cardiac surgery: a systematic review. *World J Surg.* 2024;48:2073-89.
14. De Marvao A, Dawes TJ, Howard JP, O'Regan DP. Artificial intelligence and the cardiologist: what you need to know for 2020. *Heart.* 2020;106:399-400.
15. Wang H, Shi J, Shi S, Bo R, Zhang X, Hu Y. Bibliometric analysis on the progress of chronic heart failure. *Curr Probl Cardiol.* 2022;47:101213.
16. Vargas-Fernández R, Visconti-López FJ, Barón-Lozada FA, Basualdo-Meléndez GW. Análisis bibliométrico de la producción científica peruana en cardiología y medicina cardiovascular. *Arch Peru Cardiol Cir Cardiovasc.* 2021;2:167-74.
17. Sidik AI, Komarov RN, Gawusu S, Moomin A, Al-Ariki MK, Elias M, et al. Application of artificial intelligence in cardiology: a bibliometric analysis. *Cureus.* 2024;16:e66925.
18. Roth GA, Mensah GA, Johnson CO, Addolorato G, Ammirati E, Bad-dour LM, et al. Global burden of cardiovascular diseases and risk factors, 1990–2019. *J Am Coll Cardiol.* 2020;76:2982-3021.
19. Urina-Jassir M, Jaimés-Reyes MA, Martínez-Vernaza S, Urina-Triana M. The need for creating a unified knowledge of cardiovascular diseases in Latin America. *Braz J Cardiovasc Surg.* 2022;37:1-11.
20. Kuriki PEA, Kitamura FC. Artificial intelligence in radiology: a private practice perspective from a large health system in Latin America. *Semin Roentgenol.* 2023;58:203-7.
21. Sussman L, García-Robledo JE, Ordóñez-Reyes C, Forero Y, Mosquera AF, Ruiz-Patiño A, et al. Integration of artificial intelligence and precision oncology in Latin America. *Front Med Technol.* 2022;4:1007822.
22. Montazeri A, Mohammadi S, Hesari PM, Ghaemi M, Riazi H, Sheikhi-Mobarakeh Z. Preliminary guideline for reporting bibliometric reviews of the biomedical literature (BIBLIO): a minimum requirements. *Syst Rev.* 2023;12:239.
23. Falagas ME, Pitsouni EI, Malietzis GA, Pappas G. Comparison of PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar: strengths and weaknesses. *FASEB J.* 2008;22:338-42.
24. Dresbeck R. *SciVal. J Med Libr Assoc.* 2015;103:164-6.
25. Roldán-Valadez E, Salazar-Ruiz SY, Ibarra-Contreras R, Ríos C. Current concepts on bibliometrics: a brief review about impact factor, Eigenfactor score, CiteScore, SCImago Journal Rank, Source-Normalized Impact per Paper, H-index, and alternative metrics. *Ir J Med Sci.* 2019;188:939-51.
26. Van Eck NJ, Waltman L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics.* 2010;84:523-38.
27. García-Villar C, García-Santos JM. Bibliometric indicators to evaluate scientific activity. *Radiologia (Engl Ed).* 2021;63:228-35.
28. Fatehi F, Hassandoust F, Ko RKL, Akhlaghpour S. General Data Protection Regulation (GDPR) in Healthcare: Hot Topics and Research Fronts. *Stud Health Technol Inform.* 2020;270:1118-22.
29. Manetas-Stavarakakis N, Sotiropoulou IM, Paraskevas T, Maneta Stavarakaki S, Bampatsias D, Xanthopoulos A, et al. Accuracy of artificial intelligence-based technologies for the diagnosis of atrial fibrillation: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Med.* 2023;12:6576.
30. Huang J, Liu Y, Huang S, Ke G, Chen X, Gong B, et al. Research output of artificial intelligence in arrhythmia from 2004 to 2021: a bibliometric analysis. *J Thorac Dis.* 2022;14:1411-27.
31. Blakeman K. Bibliometrics in a digital age: help or hindrance. *Sci Prog.* 2018;101:293-310.
32. Kokol P. Discrepancies among Scopus and Web of Science, coverage of funding information in medical journal articles: a follow-up study. *J Med Libr Assoc.* 2023;111:703-9.

Safety and efficacy of dual-axis rotational vs standard coronary angiography: meta-analysis

Seguridad y eficacia de la angiografía coronaria rotacional de doble eje vs. angiografía coronaria estándar: metaanálisis

Stevan Rezende^{1#}, Felipe de Mattos^{2#}, and Ma. Karina Matoza-Báez^{3*}

Department of Radiology, Universidad de la Integración de las Américas, Asunción, Central, Paraguay

[#]These authors contributed equally.

Abstract

The objective is to compare the safety and efficacy of dual-axis rotational coronary angiography (DARCA) with standard coronary angiography (SA). We performed a systematic review and meta-analysis comparing the efficacy of coronary lesions visualization and safety endpoints for patients with suspected coronary artery disease undergoing DARCA and SA. We searched PubMed, Google Scholar, and Cochrane databases for head-to-head trials. Mean differences (MD) with 95% confidence intervals (CI) were pooled with a random-effects model with a Paule-Mendel estimator using RStudio software. Three studies corresponding to 128 patients met the inclusion criteria. 128 (100%) patients underwent both DARCA and SA. Compared with SA, DARCA had no significant diagnostic accuracy difference for coronary lesion visualization (MD = -0.19 lesions per patient; 95% CI = [-0.52; 0.15]; $p = 0.28$) but was associated with a substantially lower contrast dose used (MD = -16.77 cm³; 95% CI = [-26.00; -7.55]; $p < 0.01$) and radiation exposure (MD = -11.89 Gycm²; 95% CI = [-17.09; -6.65]; $p < 0.01$). In the meta-analysis, DARCA had no significant difference in coronary lesion visualization and lower contrast and radiation used compared with SA.

Keywords: Dual-axis rotational coronary angiography. Standard angiography. Safety. Efficacy. Head-to-head comparison.

Resumen

Nuestro objetivo fue el de comparar la seguridad y eficacia de la angiografía coronaria rotacional de doble eje (DARCA) con la angiografía coronaria estándar (AS). Realizamos una revisión sistemática y un metanálisis comparando la eficacia de la visualización de lesiones coronarias y los criterios de valoración de seguridad para pacientes con sospecha de enfermedad coronaria (CAD) sometidos a DARCA y AS. Buscamos ensayos comparativos en PubMed, Google Scholar y bases de datos Cochrane. Las diferencias de medias (DM) con intervalos de confianza (IC) del 95% se agruparon con un modelo de efectos aleatorios con un estimador de Paule-Mendel utilizando el software RStudio. Tres estudios correspondientes a 128 pacientes cumplieron los criterios de inclusión. 128 (100%) pacientes se sometieron tanto a DARCA como a AS. En comparación con la angiografía asistida por sonda, la DARCA no mostró una diferencia

*Correspondence:

Ma. Karina Matoza Báez

E-mail: matozakarina855@gmail.com

1405-9940 / © 2025 Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. Published by Permanyer. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Date of reception: 02-10-2024

Date of acceptance: 01-02-2025

DOI: 10.24875/ACM.24000180

Available online: 27-05-2026

Arch Cardiol Mex. 2026;96(2):130-136

www.archivoscardiologia.com

significativa en la precisión diagnóstica para la visualización de lesiones coronarias (MD -0,19 lesiones por paciente; IC del 95% [-0.52; 0.15]; $p = 0.28$), pero se asoció con una dosis de contraste utilizada sustancialmente menor (MD = -16.77 cm³; IC del 95% = [-26.00; -7.55]; $p < 0.01$) y una exposición a la radiación (MD = -11.89 Gy·cm²; IC del 95% = [-17.09; -6.65]; $p < 0.01$). En el metanálisis, la DARCA no mostró una diferencia significativa en la visualización de lesiones coronarias y se utilizó un contraste y una radiación menores en comparación con la angiografía asistida por sonda.

Palabras clave: Angiografía coronaria rotacional de doble eje. Angiografía estándar. Seguridad. Eficacia. Comparación directa.

Introduction

Coronary artery disease (CAD) diagnosis is usually defined with standard coronary angiography (SA), an interventional imaging technique that displays the coronaries through four fixed points of view in most centers¹. Past complications concerning the dose of contrast used and the radiation exposure in this diagnostic method arouse questions about the safety of SA and the search for new diagnostic methods²⁻⁴.

At present, SA remains the preferred method for coronary imaging acquisition, notwithstanding, some concerns are mentioned in the literature: (1) risk for contrast-induced nephropathy for higher volumes of contrast; (2) long radiation exposure; (3) vessel overlap, foreshortening, and unappreciated tortuosity, and (4) the angiography acquisitions are operator-dependent, based on heuristic experience, and are limited by time, safety, and cost^{2,3,5-7}.

Dual-axis rotational coronary angiography (DARCA) is a novel automated technique to visualize the coronaries with two gantry rotations according to the anatomy of the right and left coronary arteries, summarizing those movements in a dynamic image for each coronary. The two gantry pathways of DARCA involve a simultaneous cranial-to-caudal and a left anterior oblique to right anterior oblique acquisition arcs, in contrast to traditional rotational angiography, requiring three gantry rotations, two for the left coronary artery and one for the right coronary artery⁵.

A previous meta-analysis demonstrated a significant reduction in the contrast dose and the radiation exposure associated with DARCA⁸. However, there is no data assessing the diagnostic efficacy and accuracy of DARCA, therefore, a direct lesion comparison of patients undergoing DARCA and SA can be a meaningful way to strengthen the evidence of the efficacy of coronary visualization with DARCA.

Methods

Eligibility criteria

Inclusion in this meta-analysis was restricted to studies that met all the following eligibility criteria: (1) head-to-head comparison trials; (2) enrolling adult patients who underwent DARCA and SA; and (3) patients with suspected CAD. In addition, studies were included only if they reported any of the clinical outcomes of interest. We excluded studies with (1) different patients for intervention and control group; (2) post-cardiac surgery or pediatric patients; (3) non-comparative data; and (4) studies assessing vessels other than the coronaries.

Search strategy and data extraction

We systematically searched PubMed, Google Scholar, and Cochrane Central Register of Controlled Trials from inception to March 2024 with the following search terms: “dual-axis,” “DARCA,” “Xperswing,” “rotational angiography,” “accuracy,” “diagnostic,” “accuracy,” “prevalence,” and “efficacy.” The references from all included studies, previous systematic reviews, and meta-analyses were also searched manually for any additional studies. Two authors (S. R. and F. de M.) independently extracted the data following predefined search criteria and quality assessment. The prospective meta-analysis protocol was registered on the International Prospective Register of Systematic Reviews on April 1, 2024, under protocol 527370.

Endpoints

Safety endpoints included contrast dose and radiation exposure. The efficacy endpoint of interest was the mean number of lesions visualized on each method by reviewers separately, as well as combined data from reviewers in the same study. All included studies assessed coronary lesions by at least a pair of reviewers. In addition, the studies reported variability in inter-method agreement using the κ coefficient, Bland–Altman plot, and Likert score, which are summarized in supplementary table 1.

Quality assessment

All studies were appraised with two assessment tools: (1) Risk of Bias in Non-randomized studies – of interventions (ROBINS-I) in which seven domains: Confounding, selection of patients, classification of interventions, deviations from intended interventions, missing data, measurement of outcomes and selection of reported results were analyzed for biases and scored as the low, moderate, severe or critical risk of bias; and (2) Modified Downs and Black checklist in which five domains: reporting, external validity, internal validity – bias, internal validity – confounding and power were analyzed for biases and scored as excellent, good, fair and poor quality.

Statistical analysis

This systematic review and meta-analysis was performed according to the Cochrane Collaboration and the Preferred Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis statement guidelines. Mean differences (MD) with 95% confidence intervals (CI) were used to assess diagnostic effectiveness when comparing lesions visualization and safety outcomes on categorical endpoints. *p*-values inferior to 0.10 and $I^2 > 25\%$ were considered significant for heterogeneity. Cochran Q test and I^2 statistics were used to assess heterogeneity.

A Paul-Mandel random-effect model was used for contrast dose and radiation exposure measurements due to the small sample size, high heterogeneity, and the total number of studies. A fixed-effect model was used for the mean number of lesions visualized considering the low heterogeneity, the small number of studies included, and the significant similarities across studies to report efficacy data: (1) same patients in population and control group; (2) same criteria to define CAD; (3) more than one reviewer, and (4) inter-method agreement variability analysis. $p < 0.05$ were considered statistically significant.

Results

Study selection

As detailed in supplementary figure 1, the initial search yielded 1,035 results. After the removal of duplicate records and ineligible studies, 18 studies were fully reviewed based on inclusion criteria. Of these, three studies with 128 patients were included^{6,9,10}.

Study characteristics are reported in table 1. In two studies, all reviewers evaluated lesions in a blinded manner^{6,10}. Content analysis of the control group was conducted 3 weeks following the intervention group in one study¹⁰, and 4 weeks later at the earliest for the other study⁶. The latter included a third, blinded, independent reviewer for a quantitative coronary angiography report. All studies considered CAD as diameter stenosis $\geq 50\%$.

Pooled analysis of all studies

There was no significant difference in visualizing the mean number of coronary lesions visualized across the studies (MD = -0.19 lesions per patient; 95% CI = [-0.52; 0.15]; $p = 0.28$; $I^2 = 0\%$; Fig. 1A) and the mean lesions visualized individually (MD = -0.12 lesions per patient; 95% CI = [-0.36; 0.12]; $p = 0.32$; $I^2 = 0\%$; Fig. 1B). However, there was a significant association of DARCA with a reduction on contrast dose (MD = -16.77 cm^3 ; 95% CI = [-24.96; -7.58]; $p < 0.01$; $I^2 = 95\%$; Fig. 2A) and radiation exposure (MD = -11.89 Gycm^2 ; 95% CI = [-17.31; -6.48]; $p < 0.01$; $I^2 = 93\%$; Fig. 2B).

Quality assessment

All three studies were included in both quality assessment tools and are summarized in supplementary table 1. In one head-to-head trial, reviewers were not blinded by the study interventions, compromising the domain of measurement of outcomes⁹. One study did not use automatic contrast injections in any angiographic procedures¹⁰. In addition, only one study performed a power analysis to determine the sample size. Nevertheless, due to the head-to-head nature of all included trials, the overall risk of bias remains low in both ROBINS-I and Modified Downs and Black checklist quality assessment tools.

Discussion

In this systematic review and meta-analysis of three head-to-head trials and 128 patients with suspected CAD, we compared the efficacy and safety of DARCA and SA. Our main findings were: (1) no significant difference in diagnostic precision between groups and (2) a significant reduction in the contrast dose used and radiation exposure associated with DARCA.

Nephropathy induced by contrast (NIC) medium remains one of the most clinically significant

Table 1. Characteristics of studies included in the Meta-analysis

Characteristics	Klein 2011	Jin 2019	Nau 2012
Population	> 18 years undergoing diagnostic coronary angiography	> 18 years undergoing diagnostic coronary angiography	Consecutive patients undergoing diagnostic coronary angiography
Location	Denver – USA	Beijing – China	Buenos Aires – Argentina
Intervention	DARCA	DARCA	DARCA
Control group	SA	SA	SA
Study design	H-h comparison	H-h paired design trial	Prospective H-h
Image acquisition protocol	Patients first underwent SA followed by DARCA	Patients first underwent DARCA followed by SA	Patients first underwent DARCA followed by SA
No. of patients	21	63	44
Male, n (%)	29 (96.67)	30 (47.6)	35 (80)
Diabetes, (%)	4 (13.33%)	9 (14.3)	9 (22.5%)
Hypertension, (%)	23 (76.67%)	36 (57.1)	35 (80%)
Hyperlipidemia, (%)	25 (83.33%)	23 (36.5)	NA
Smoking history, (%)	19 (63.33%)	27 (42.9)	10 (23.5%)
Reviewers	2	2	2
Overall CAD, (%)	21 (70%)	Reviewer 1: 40 (63.5%) Reviewer 2: 34 (54%)	41 (95.4%)
CAD diagnostic criteria	Vessel diameter stenosis \geq 50%	Vessel diameter stenosis \geq 50%	Vessel diameter stenosis \geq 50%
Method assessed	DARCA and SA evaluated at the same time	SA evaluated at the earliest 1 month after DARCA	SA evaluated 3 weeks after DARCA
SA technique	Left SA: four projections Right SA: two projections	Left SA: five projections Right SA: two projections	Four projections
Acquisition time DARCA (seconds)	LCA: 6.7 RCA: 3.96	LCA: 6.3 RCA: 4.5	LCA: 5.3 RCA: 4
SA image acquisition	15 fr/s	15 fr/s	15 fr/s
DARCA image acquisition	30 fr/s	15 fr/s	NA
Equipment	Philips FD20 digital X-ray	Allura Xper FD 10 digital	Philips Allura FD20
Catheter diameter (Fr.)	6	5	6
Catheter location	Femoral approach	Right radial	Operator's discretion
Contrast used	Iodixanol	Iopromide	Hypoosmolar agent
Injection	Assist Voyager system	Automatic pump	Manually

DARCA: dual-axis coronary angiography; SA: standard angiography; H-h: head-to-head; LCA: left coronary artery; RCA: right coronary artery; fr/s: frames per second; Fr: French; NA: not available.

complications caused by iodinated contrast medium¹¹, a commonly used contrast medium when performing an angiography. The minimization of contrast material volume can be a key management strategy to decrease the incidence of NIC and hospital-acquired acute renal failure as a consequence

of a coronary angiography procedure¹². Several previous trials have demonstrated a certain degree of contrast volume reduction in the use of DARCA when compared to SA¹³⁻¹⁶.

Considering the growing number of cardiac imaging with ionizing radiation in the last decade¹⁷, a

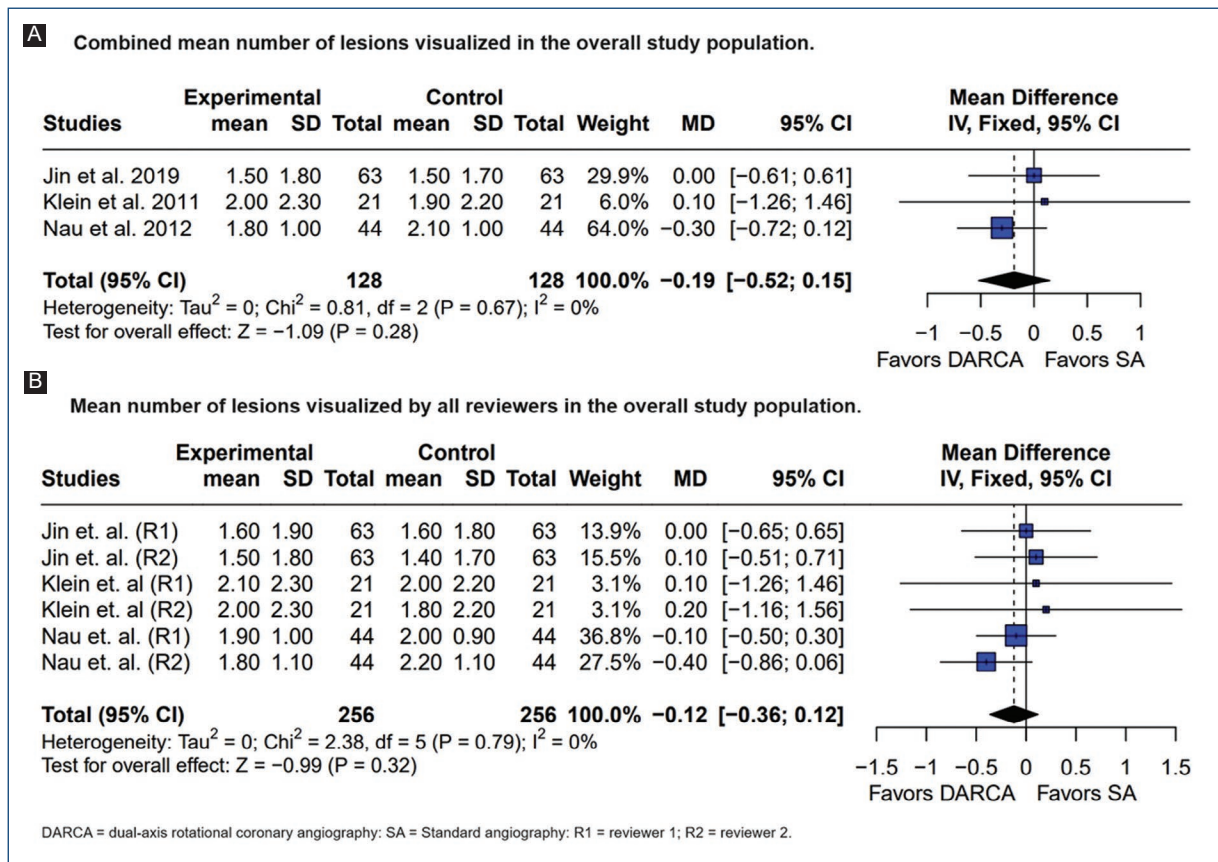


Figure 1. Forest plots comparing the mean number of coronary lesions visualized between dual-axis rotational coronary angiography (DARCA) and standard angiography (SA). **A:** overall pooled analysis. **B:** analysis stratified by independent reviewers. Effect sizes are expressed as mean difference (MD) with 95% confidence intervals (CI) using a fixed-effects model.

reduction in the radiation exposure time can be important to lower unwanted side effects caused by radiation. A previous meta-analysis including 1,916 patients reported a reduction of dose area product with a pooled MD of $-10.40 \text{ Gy}\cdot\text{cm}^2$ comparing DARCA with SA¹⁸. Finally, the DARCA method displayed a 56.5% reduction in exposure radiation for the operator¹⁰.

Despite current data supporting the use of DARCA^{8,18}, some limitations can also be cited: (1) spatial limitations for operation; (2) untrained personnel; (3) lack of knowledge of this procedure; (3) the small number of impactful studies reporting DARCA diagnostic accuracy; and (4) lesions in the left main ostium and dumping or separate takeoff of left anterior descending artery and circumflex are difficult for DARCA^{5,19}.

Previous meta-analyses and several RCTs have demonstrated significant safety factors for patients undergoing DARCA rather than SA^{6,20-23}. Despite the absence of significant articles comparing the

diagnostic efficacy of DARCA for CAD diagnosis, SA remains the gold standard. However, SA has been shown to underestimate up to 33% of coronary lesion visualization and overestimate up to 6% when compared to autopsy and pathological studies, likely due to inadequate projections⁶. The reason why we believe this systematic review and meta-analysis can embase the consideration to implement DARCA even more.

This meta-analysis has limitations. Further assessment of the efficacy of DARCA, including sensitivity and specificity, was not possible due to the absence of confusion matrix elements in the included studies. In addition, the small number of head-to-head trials and the small overall sample size limit the meaning of performing a publication bias funnel plot and Egger's regression test. Finally, we believe that our study design could represent the first step toward truly representative data when comparing the diagnostic accuracy of DARCA to SA.

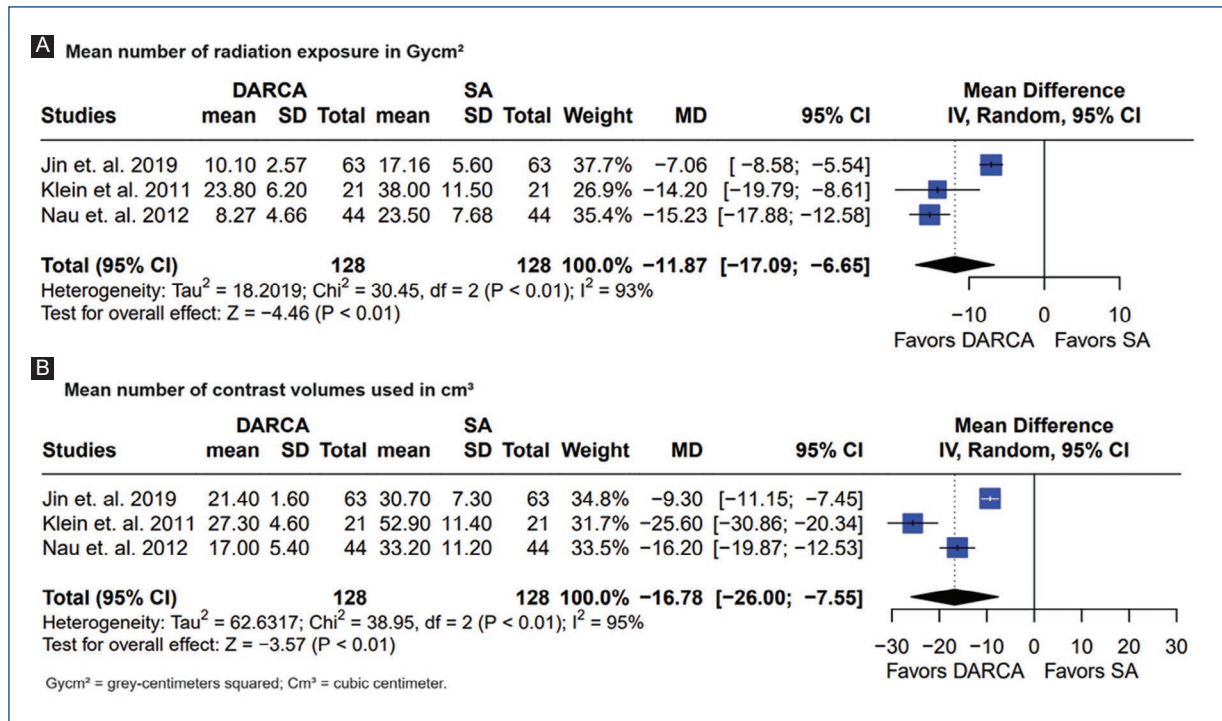


Figure 2. Forest plots comparing procedural parameters between dual-axis rotational coronary angiography (DARCA) and standard angiography (SA). **A:** radiation exposure (Gy $\cdot\text{cm}^2$). **B:** contrast volume (cm^3). Effect sizes are expressed as mean difference (MD) with 95% confidence intervals (CI); fixed-effects model for radiation exposure and random-effects model for contrast volume.

Conclusion

This meta-analysis compared 128 patients with suspected CAD who underwent both DARCA and SA in a direct comparison manner. Regarding efficacy estimation, DARCA was demonstrated to be slightly superior to SA, the current Gold Standard, for determining coronary lesions. Further, radiation exposure measurements exhibited a substantial reduction when patients underwent DARCA. Finally, a significant benefit was identified with the use of DARCA for contrast dose reduction by both automatic systems for contrast injection and manual contrast injection. Our results could indicate that DARCA presents as a safer option for coronary visualization while maintaining similar diagnostic precisions when compared to SA.

Funding

This research has not received any specific grant from agencies in the public, commercial, or for-profit sectors.

Conflicts of interest

The authors declare no conflicts of interest.

Ethical considerations

Protection of humans and animals. The authors declare to have followed the ethical standards of the relevant experimentation committee, according to the World Medical Association and the Declaration of Helsinki. The procedures were approved by the institutional Ethics Committee.

Confidentiality, informed consent, and ethical approval. The authors have followed their institution's confidentiality protocols, obtained informed consent from all patients, and secured approval from the Ethics Committee. SAGER guidelines have been followed as applicable to the nature of the study.

Declaration on the use of artificial intelligence. The authors declare that no generative artificial intelligence was used in the writing or creation of the content of this manuscript.

Supplementary data

Supplementary data are available at DOI: 10.24875/ACM.24000180. These data are provided by the corresponding author and published online for the benefit of the reader. The contents of supplementary data are the sole responsibility of the authors.

References

- Scanlon PJ, Faxon DP, Audet AM, Carabello B, Dehmer GJ, Eagle KA, et al. ACC/AHA guidelines for coronary angiography: executive summary and recommendations. A report of the American college of cardiology/American heart association task force on practice guidelines (Committee on Coronary Angiography) developed in collaboration with the society for cardiac angiography and interventions. *Circulation*. 1999;99:2345-57.
- Solomon RJ, Mehran R, Natarajan MK, Doucet S, Katholi RE, Staniloae CS, et al. Contrast-induced nephropathy and long-term adverse events: cause and effect? *Clin J Am Soc Nephrol*. 2009;4:1162-9.
- McCullough PA, Wolyn R, Rocher LL, Levin RN, O'Neill WW. Acute renal failure after coronary intervention: incidence, risk factors, and relationship to mortality. *Am J Med*. 1997;103:368-75.
- Mehran R, Aymong ED, Nikolsky E, Lasic Z, Iakovou I, Fahy M, et al. A simple risk score for prediction of contrast-induced nephropathy after percutaneous coronary intervention: development and initial validation. *J Am Coll Cardiol*. 2004;44:1393-9.
- Klein AJ, Garcia JA. Rotational coronary angiography. *Cardiol Clin*. 2009;27:395-405.
- Jin ZG, Bai R, Li Y, Yang Y, Han W, Zhao Q, et al. Comparison of diagnostic accuracy of dual-axis rotational versus standard coronary angiography. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2020;36:187-95.
- Schwartz JN, Kong Y, Hackel DB, Bartel AG. Comparison of angiographic and postmortem findings in patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol*. 1975;36:174-8.
- Fernández-Rodríguez D, Anmad Shihadeh L, Martos-Maine JL, Couto-Comba P, Quijada-Fumero A, Pimienta R, et al. Impacto de la angiografía coronaria rotacional en la cantidad total de contraste administrado y la exposición a las radiaciones ionizantes en pacientes en los que se realizan procedimientos coronarios invasivos: revisión sistemática y metaanálisis. *Arch Cardiol Mex*. 2018;88:277-86.
- Klein AJ, Garcia JA, Hudson PA, Kim MS, Messenger JC, Casserly IP, et al. Safety and efficacy of dual-axis rotational coronary angiography vs. standard coronary angiography. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2011;77:820-7.
- Nau G, Albertal M, Cura F, Padilla L, Candiello A, Torrent F, et al. Efficacy and safety of dual-axis rotational coronary angiography versus conventional angiography. *Rev Argent Cardiol*. 2012;80:280-5.
- Aspelin P, Aubry P, Fransson SG, Strasser R, Willenbrock R, Berg KJ, et al. Nephrotoxic effects in high-risk patients undergoing angiography. *N Engl J Med*. 2003;348:491-9.
- Waybill MM, Waybill PN. Contrast media-induced nephrotoxicity: identification of patients at risk and algorithms for prevention. *J Vasc Interv Radiol*. 2001;12:3-9.
- Di Serafino L, Turturo M, Lanzone S, Marano M, Scognamiglio G, Trimarco B, et al. Comparison of the effect of dual-axis rotational coronary angiography versus conventional coronary angiography on frequency of acute kidney injury, X-ray exposure time, and quantity of contrast medium injected. *Am J Cardiol*. 2018;121:1046-50.
- Szarfer J, Albornoz F, Alonso A, Yurko V, Blanco F, Blanco R, et al. Is dual-axis rotational coronary angiography radiation dose reduction achievable in a population with 100% suspected coronary artery disease? A randomized trial. *J Med Imaging Radiat Sci*. 2020;51:241-6.
- Grech M, Debono J, Xuereb RG, Fenech A, Grech V. A comparison between dual-axis rotational coronary angiography and conventional coronary angiography. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2012;80:576-80.
- Suwa H, Koyabu Y, Adachi T, Kawai A, Kotani K, Toyoda S, et al. Usefulness of dual-axis rotational coronary angiography in primary percutaneous coronary intervention for patients with ST-elevation myocardial infarction. *Heart Vessels*. 2021;36:621-9.
- Catapano F, Moser LJ, Francone M, Catalano C, Vliegenthart R, Budde RP, et al. Competence of radiologists in cardiac CT and MR imaging in Europe: insights from the ESCR registry. *Eur Radiol*. 2024;34:5666-77.
- Lomba RS, Rios R, Buelow M, Eagam M, Aggarwal S, Arora RR. Comparison of contrast volume, radiation dose, fluoroscopy time, and procedure time in previously published studies of rotational versus conventional coronary angiography. *Am J Cardiol*. 2015;116:43-9.
- Unzué Vallejo L, Delcán Domínguez JL, Alegría Barrero A, Medina Peralta J, Rodríguez Rodrigo FJ, Rodríguez-López JL. Coronary lesions quantification with dual-axis rotational coronary angiography. *Cardiovasc Revasc Med*. 2013;14:37-40.
- Gómez-Menchero AE, Díaz JF, Sánchez-González C, Cardenal R, Sanghvi AB, Roa-Garrido J, et al. Comparison of dual-axis rotational coronary angiography (XPERSWING) versus conventional technique in routine practice. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*. 2012;65:434-9.
- Giuberti RS, Caixeta A, Carvalho AC, Soares MM, Abreu-Silva EO, Pestana JO, et al. A randomized trial comparing dual axis rotational versus conventional coronary angiography in a population with a high prevalence of coronary artery disease. *J Interv Cardiol*. 2014;27:456-64.
- Hell MM, Gilg MD, Röther J, Blachutzik F, Achenbach S, Schlundt C. Dual-axis rotational coronary angiography versus conventional coronary angiography: a randomized comparison. *Clin Res Cardiol*. 2021;110:258-69.
- Farshid A, Chandrasekhar J, McLean D. Benefits of dual-axis rotational coronary angiography in routine clinical practice. *Heart Vessels*. 2014;29:199-205.

Nuevas aplicaciones del medidor de flujos coronarios. Disección aguda de aorta ascendente con afectación de troncos supra aórticos: a propósito de un caso

New applications of the coronary flow meter. Acute dissection of the ascending aorta with involvement of the supra-aortic trunks: a case report

Isabel Franco-Fernández*, Alejandra Barreto-Guevara, Miguel Rubio-Alonso, Ali Ayaon-Albarrán y Enrique Villagrán-Medinilla

Servicio de Cirugía Cardiovascular, Hospital Universitario La Paz, Madrid, España

Resumen

El dispositivo de medición de flujos es una herramienta utilizada habitualmente en la cirugía de revascularización miocárdica. Sin embargo, la medición de flujos arteriales intraoperatorios podría aplicarse en otro tipo de cirugía distinta de la coronaria. Presentamos el caso de una paciente de 68 años, con antecedente de hipertensión arterial y aneurisma de aorta ascendente en seguimiento por cardiología, que ingresó con diagnóstico de disección aórtica tipo A de Stanford y fue intervenida de manera urgente, realizando sustitución de aorta ascendente y arco aórtico por una prótesis Evita Open Neo® con reimplante directo de troncos supraaórticos según la técnica de Frozen Elephant Trunk. Una vez implantada la prótesis, se procedió a realizar hemostasia reforzando la anastomosis termino-terminal entre la arteria subclavia izquierda y la prótesis con parche circunferencial de pericardio, objetivando una disminución de la presión de la arteria radial izquierda. En este contexto, se procedió a la medición del flujo de la arteria en las zonas anterior y posterior a la anastomosis, y se encontró una disminución del flujo en esta última. Se procedió a la retirada del parche de refuerzo de la anastomosis y se realizó una segunda medición de los flujos, comprobando la recuperación del flujo en la zona distal a la anastomosis, así como la recuperación de las cifras normales de presión en la monitorización invasiva.

Palabras clave: Disección aórtica. Medición de flujos coronarios. Troncos supraaórticos.

Abstract

Coronary flow meter is commonly used in myocardial revascularization surgery since it allows an intraoperative assessment of blood flow through the different bypasses performed, ensuring an optimal result of the surgery. However, in cardiovascular surgery, the measurement of intraoperative arterial flows could be applied in other types of surgery other than coronary surgery. We present the case of a 68 years-old female patient diagnosed with Stanford type A dissection who underwent urgent surgery, replacing the ascending aorta and aortic arch with an Evita Open Neo® prosthesis with direct reimplantation of the supra-aortic trunks using the Frozen Elephant Trunk technique. Once the prosthesis was implanted, hemostasis was achieved by reinforcing the end-to-end subclavian artery-prosthesis anastomosis with a circumferential pericardial patch, followed by a decrease in blood pressure observed in the monitorization of the radial artery of the left arm. In this situation, blood flow in

*Correspondencia:

Isabel Franco-Fernández
E-mail: isaff9@gmail.com

Fecha de recepción: 20-01-2025

Fecha de aceptación: 29-10-2025

DOI: 10.24875/ACM.25000014

Disponible en internet: 05-02-2026

Arch Cardiol Mex. 2026;96(2):137-141

www.archivoscardiologia.com

1405-9940 / © 2025 Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. Publicado por Permanyer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

the left subclavian artery was measured before and beyond the anastomosis, finding a significant decrease. Given the results of the measurement, the patch was removed from the anastomosis and a second flow measurement was performed, verifying adequate flow distal from the anastomosis and recovery of blood pressure values in invasive monitoring.

Keywords: Aortic dissection. Coronary flow meter. Supra-aortic trunks.

Introducción

El dispositivo de medición de flujos es una herramienta utilizada de forma habitual en cirugía cardiovascular, con especial interés en la cirugía de revascularización miocárdica, pues permite comprobar la adecuada permeabilidad y el flujo a través de los injertos. La flujometría de tiempo de tránsito (TTFM, *Transit-Time Flow Measurement*) en una técnica funcional, sencilla y reproducible que recoge distintos parámetros (índice de pulsatilidad, flujo medio, índice diastólico, retorno sistólico), los cuales en conjunto permiten valorar la calidad de la anastomosis y del lecho coronario¹. Algunos metaanálisis sugieren que la tasa combinada de revisión de injertos atribuible a resultados anormales de TTFM es del 2%, atribuyéndole una ratio coste/beneficio favorable². El principio de la flujometría de tiempo de tránsito, sola o integrada con otras tecnologías, resulta aplicable también en cirugía vascular (*bypass* arterial periférico, endarterectomía carotídea, fístulas arteriovenosas) y trasplante (renal y hepático)³.

Sin embargo, en el ámbito de la cirugía cardiovascular, la medición de flujos arteriales intraoperatorios podría aplicarse en otro tipo de cirugía distinta de la coronaria, con la intención de comprobar la adecuada permeabilidad de los vasos posteriormente a la realización de anastomosis vasculares. Esto podría cobrar especial relevancia en las intervenciones sobre la aorta ascendente, el cayado aórtico y los troncos supraaórticos, dada la importancia de asegurar el adecuado flujo sanguíneo cerebral después de la realización de una cirugía con circulación extracorpórea y con necesidad de hipotermia moderada⁴.

Caso clínico

Presentamos el caso de una mujer de 68 años con antecedentes personales de hipertensión arterial tratada con inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina. La paciente realizaba seguimiento anual en las consultas externas de cardiología tras el hallazgo en 2019 de un aneurisma de aorta ascendente, de 37 mm en la última medición de marzo de 2021, encontrándose asintomática en todo momento desde el punto de vista cardiovascular. La paciente acude de manera

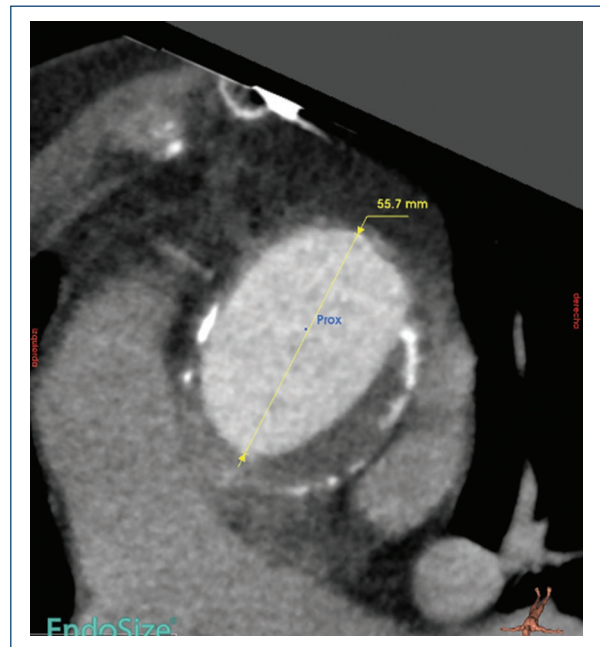


Figura 1. Tomografía computarizada de aorta preoperatoria. Proyección axial de aorta ascendente a nivel de la unión sinotubular. Se observa una disección de la aorta ascendente con luz verdadera de 16 mm.

programada al servicio de cardiología para la realización de un ecocardiograma transtorácico reglado anual, el 5 de agosto de 2022, y se objetivó un colgajo de disección de aorta ascendente a nivel de la unión sinotubular con flujo en la luz falsa. La disección se extendía por el cayado, apreciándose claramente el colgajo intimal en la aorta descendente distal. Así mismo, se objetivó insuficiencia de la válvula aórtica, al menos moderada, de predominio central, no descrita en estudios previos.

Tras este hallazgo valoramos a la paciente, que se encontraba hemodinámicamente estable y asintomática. Se decidió entonces su ingreso en la unidad de reanimación cardiotorácica para vigilancia estrecha y se solicitó tomografía computarizada de aorta y de troncos supraaórticos, que confirmó el diagnóstico de disección tipo A de Stanford (Fig. 1), donde se observaba «rotura del complejo íntima-media desde la aorta sinusal, en concreto con origen del colgajo en el seno coronario derecho, que se extiende hasta la bifurcación

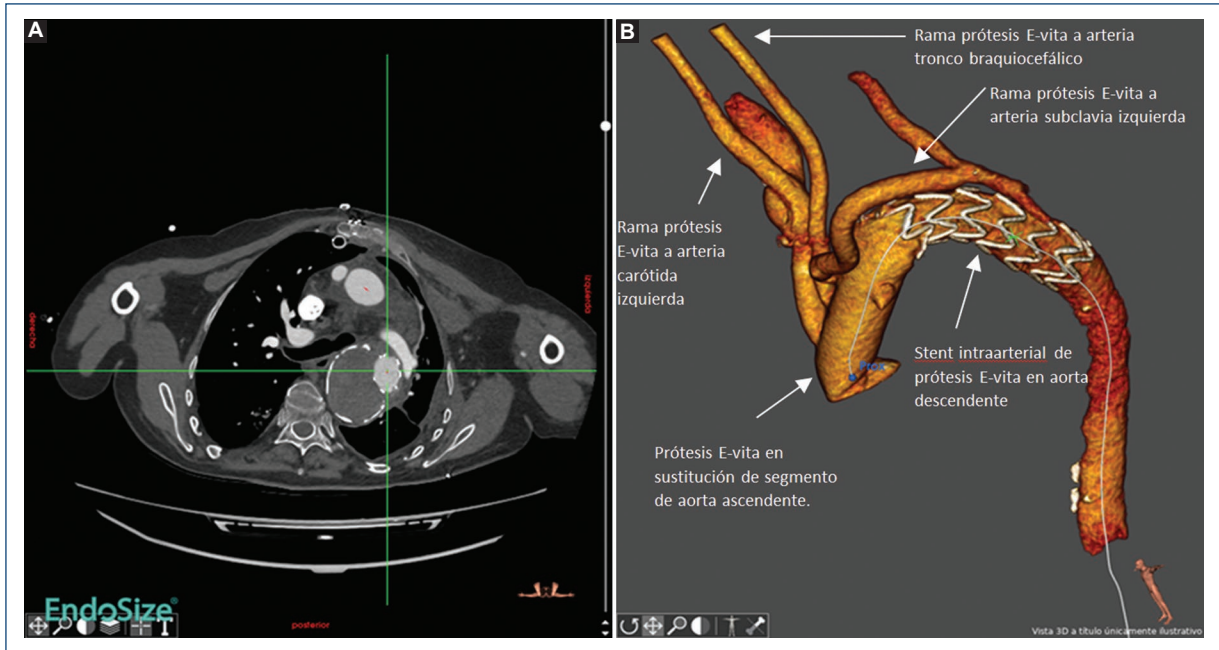


Figura 2. A: tomografía computarizada de aorta a las 48 horas de la intervención. Proyección axial de aorta descendente a nivel de *stent* de prótesis. Se observan trombosis completa de la luz falsa y prótesis en posición normal. **B:** reconstrucción 3D que muestra la prótesis normoimplantada con ramas hacia los troncos supraaórticos y *stent* en la aorta descendente.

de ambas arterias ilíacas comunes. No se identifican signos radiológicos que sugieran isquemia de vísceras abdominales».

Con todo esto, se decide realizar una intervención quirúrgica urgente, en la que se procede a sustituir la válvula aórtica por una prótesis mecánica de 23 mm y la aorta ascendente y el arco aórtico por una prótesis Evita Open Neo[®], con reimplante de los troncos supraaórticos según la técnica de *Frozen Elephant Trunk* (Fig. 2). La intervención discurre sin complicaciones (tiempo de circulación extracorpórea 203 min, tiempo de isquemia 145 min, tiempo de perfusión cerebral 65 min selectiva, tiempo de parada 57 min).

Una vez implantada la prótesis se procedió a realizar hemostasia del campo quirúrgico, reforzando la anastomosis termino-terminal entre la arteria subclavia izquierda y la prótesis con un parche circunferencial de pericardio con sutura de Prolene[®] 4/0 por sangrado distal debido a dificultades técnicas y anatómicas. Reforzada la anastomosis, se constató una leve disminución y amortiguación de la curva de presión arterial en la monitorización de la arteria radial del miembro superior izquierdo, mientras que la monitorización de la presión invasiva en el miembro superior derecho y el miembro inferior derecho permanecía estable y sin

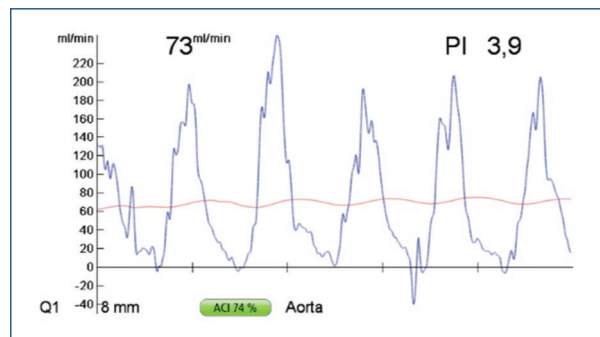


Figura 3. Medición del flujo a través de la arteria subclavia izquierda previa a la reparación de su anastomosis.

cambios. En este contexto, y ante la duda de que la sutura pudiera haber creado una zona estenótica en la anastomosis, se procedió a la medición del flujo con un flujómetro de 8 mm (Medistim[®]) en la arteria subclavia izquierda, en la zona distal a la anastomosis, constatando una disminución del flujo normal de la subclavia izquierda en comparación con el registrado en la carótida izquierda y el tronco braquiocefálico derecho (Figs. 3 y 4). Dados los resultados de la medición, se procedió a la retirada del parche de refuerzo de la anastomosis, y se constató que la tensión de la

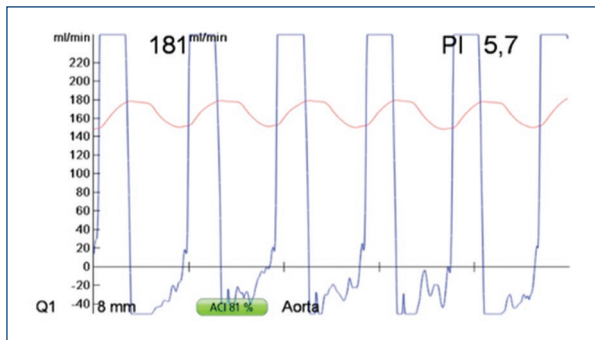


Figura 4. Medición del flujo a través de la arteria subclavia izquierda posterior a la reparación de su anastomosis.

sutura producía una invaginación del tubo protésico hacia la luz de la arteria. Se realizó un nuevo refuerzo de la anastomosis con parche de pericardio aplicando una menor tensión en la sutura y de nuevo se midió el flujo, comprobando la recuperación del flujo adecuado en la zona distal a la anastomosis y la recuperación de las cifras normales de presión arterial en la monitorización invasiva.

Posteriormente, durante el posoperatorio tanto inmediato como tardío no se registraron nuevas complicaciones, con medidas de presión arterial indirecta similares en ambos miembros superiores. La paciente fue dada de alta a los 12 días de la intervención, encontrándose clínica y hemodinámicamente estable.

Discusión

La flujometría de tiempo de tránsito es una técnica aplicable y reproducible en cirugía cardiovascular para optimizar la calidad de las anastomosis vasculares. Diversos estudios han explorado la relación entre la permeabilidad del injerto y los resultados clínicos. La evidencia resulta más prometedora para injertos arteriales (comparados con injertos venosos) y para anastomosis de la arteria descendente anterior². El estudio REQUEST, un estudio multicéntrico y prospectivo para evaluar el uso sistemático de la TTFM en combinación con ultrasonido de alta frecuencia, encontró que se realizaron cambios relacionados con el injerto en el 7.8% de los pacientes. En la mayoría de los casos, el flujo a través del injerto mejoró tras la revisión⁵. En un subanálisis del estudio ROBY, en el seguimiento a 1 año se comparó la permeabilidad entre los pacientes con y sin medida intraoperatoria de TTFM, y se encontró una mayor proporción de injertos permeables en el grupo de TTFM (83 vs. 78%; $p < 0.01$) y un menor

número de pacientes con al menos un injerto ocluido (29% vs. 38%; $p < 0.01$)⁶.

Si bien no existe experiencia descrita en la literatura respecto al uso de la flujometría en la cirugía de aorta, la técnica es reproducible y segura en cuanto a la evaluación de las anastomosis.

Conclusión

La cirugía de sustitución de la aorta ascendente y del cayado aórtico por prótesis con reimplante de los troncos supraaórticos es una técnica compleja, de larga duración y elevada morbimortalidad. En nuestra experiencia, en el caso concreto de la disección aórtica con extensión a los troncos supraaórticos, la medición de los flujos intraoperatorios tras la realización de las anastomosis (tronco braquiocefálico, carótida izquierda y subclavia izquierda) puede aportar información de manera directa sobre la permeabilidad y su posible afectación por la disección, áreas de trombosis y estenosis distal a las líneas de anastomosis. Si bien la aplicación de esta técnica resulta en mayores costo y tiempo quirúrgico, es importante enfatizar la posibilidad y la utilidad de realizar mediciones de los flujos vasculares empleando elementos como el flujómetro en estas cirugías, dada la importancia de asegurar un adecuado flujo sanguíneo cerebral.

Financiamiento

La presente investigación no ha recibido ninguna beca específica de agencias de los sectores públicos, comercial o con ánimo de lucro.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Consideraciones éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad, consentimiento informado y aprobación ética. Los autores han seguido los protocolos de su centro sanitario/institución para acceder a los datos de las historias clínicas. Se ha obtenido el consentimiento informado de los pacientes y se cuenta con la aprobación del Comité de Ética. Se han seguido las recomendaciones de las guías SAGER.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial. Los autores declaran que no se utilizó algún tipo de

inteligencia artificial generativa para la redacción ni la creación de contenido de este manuscrito.

Referencias

1. Ramírez JK, Nafeh Abi Rezk M, Colao Jiménez Y. Medición intraoperatoria de flujo, una herramienta eficaz en la cirugía de revascularización miocárdica. *Rev Cuba Cardiol Cir Cardiovasc*. 2018;24:271-89.
2. Gaudino M, Sandner S, Di Giammarco G, Di Franco A, Arai H, Asai T, et al. The use of intraoperative transit time flow measurement for coronary artery bypass surgery: systematic review of the evidence and expert opinion statements. *Circulation*. 2021;144:1160-71. <http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.121.054311>.
3. MiraQTM Cardiac. Medistim.com. Disponible en: <https://www.medistim.com/products/miraq-cardiac>.
4. Kim CH, Kim TH, Lee H, Kim MS, Heo W, Yoo KJ, et al. One-year outcomes of total arch replacement and frozen elephant trunk using the E-vita Open NEO. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2024;65:ezae017. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezae017>.
5. Taggart DP, Thuijs DJFM, Di Giammarco G, Puskas JD, Wendt D, Trachiotis GD, et al. Intraoperative transit-time flow measurement and high-frequency ultrasound assessment in coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2020;159:1283-92.e2. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtcvs.2019.05.087>.
6. Quin JA, Noubani M, Rove JY, Krstacic JE, Hattler B, Collins JF, et al.; Veterans Affairs Randomized On/Off Bypass Follow-up Study (ROOBY-FS) Group. Coronary artery bypass grafting transit-time flow measurement: graft patency and clinical outcomes. *Ann Thorac Surg*. 2021;112:701-7. <http://doi:10.1016/j.athoracsur.2020.12.011>.

Rescate endovascular de disfunción ventricular izquierda grave en síndrome aórtico medio diagnosticado como miocardiopatía terminal

Endovascular rescue of severe left ventricular dysfunction in middle aortic syndrome diagnosed as end-stage cardiomyopathy

Justo Santiago-Peña^{1*}, Yudisay Molina-Mora¹, Javier Castro-Monsalve¹, Felipe Rubio-Duarte¹ y Alexandra Hurtado-Ortiz²

¹Departamento de Cardiología Pediátrica; ²Epidemiología. Fundación Cardiovascular de Colombia, Floridablanca, Colombia

Introducción

El síndrome aórtico medio es una anomalía vascular infrecuente de etiología idiopática o secundaria a vasculitis de grandes vasos¹. Aproximadamente el 2% se presenta como miocardiopatía dilatada durante la primera infancia². El tratamiento incluye abordajes farmacológicos, quirúrgicos o endovasculares³. Reportamos un caso de disfunción ventricular izquierda grave mal diagnosticada como miocardiopatía dilatada terminal en una lactante que tratamos con éxito mediante intervenciones endovasculares por etapas.

Caso clínico

Paciente de sexo femenino evaluada a los 8 meses de edad con historia de dificultad respiratoria y cardiomegalia desde los 5 meses. El ecocardiograma mostró aumento de los volúmenes de las cámaras cardíacas y disfunción ventricular izquierda grave. Se consideró inicialmente el diagnóstico de miocardio muy hipertrabeculado, iniciándose manejo farmacológico sin mejoría, por lo que fue referida a nuestra institución con propuesta de trasplante cardíaco. Ingresó con clase

funcional Ross III e insuficiencia cardíaca aguda clasificada como Stevenson C, peso de 8.5 kg y talla de 73 cm, tiempo de llenado capilar de 4 segundos y pulsos arteriales atenuados; sin gradiente de presión arterial entre las cuatro extremidades.

La fracción de eyección ventricular izquierda (FEVI) por ecocardiograma fue del 13% con insuficiencia valvular mitral grave, sin criterios de hipertrabeculación (Fig. 1A). Se observó pulsatilidad reducida de la aorta abdominal y una reducción del diámetro aórtico a 3.7 mm distal al istmo aórtico. El Doppler color mostró *aliasing* y el Doppler pulsado identificó corrida diastólica, lo que generó sospecha de síndrome aórtico medio (Figs. 1 B y C). Estos hallazgos se confirmaron mediante angiografía (Fig. 1D). Se exploraron causas secundarias, descartando lupus eritematoso sistémico y enfermedades reumatoides y autoinmunitarias. La paciente recibió terapia inodilatadora intravenosa con milrinona y posteriormente fue transferida a tratamiento oral, incluyendo carvedilol, losartán, ácido acetilsalicílico y diuréticos, logrando una estabilidad clínica parcial.

Los niveles iniciales de propeptido natriurético cerebral (pro-BNP) fueron 2606 pg/ml y aumentaron

*Correspondencia:

Justo Santiago-Peña
E-mail: pcorazones@gmail.com

Fecha de recepción: 24-02-2025
Fecha de aceptación: 23-07-2025
DOI: 10.24875/ACM.25000040

Disponible en internet: 08-10-2025
Arch Cardiol Mex. 2026;96(2):142-145
www.archivoscardiologia.com

1405-9940 / © 2025 Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. Publicado por Permanyer. Este es un artículo *open access* bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

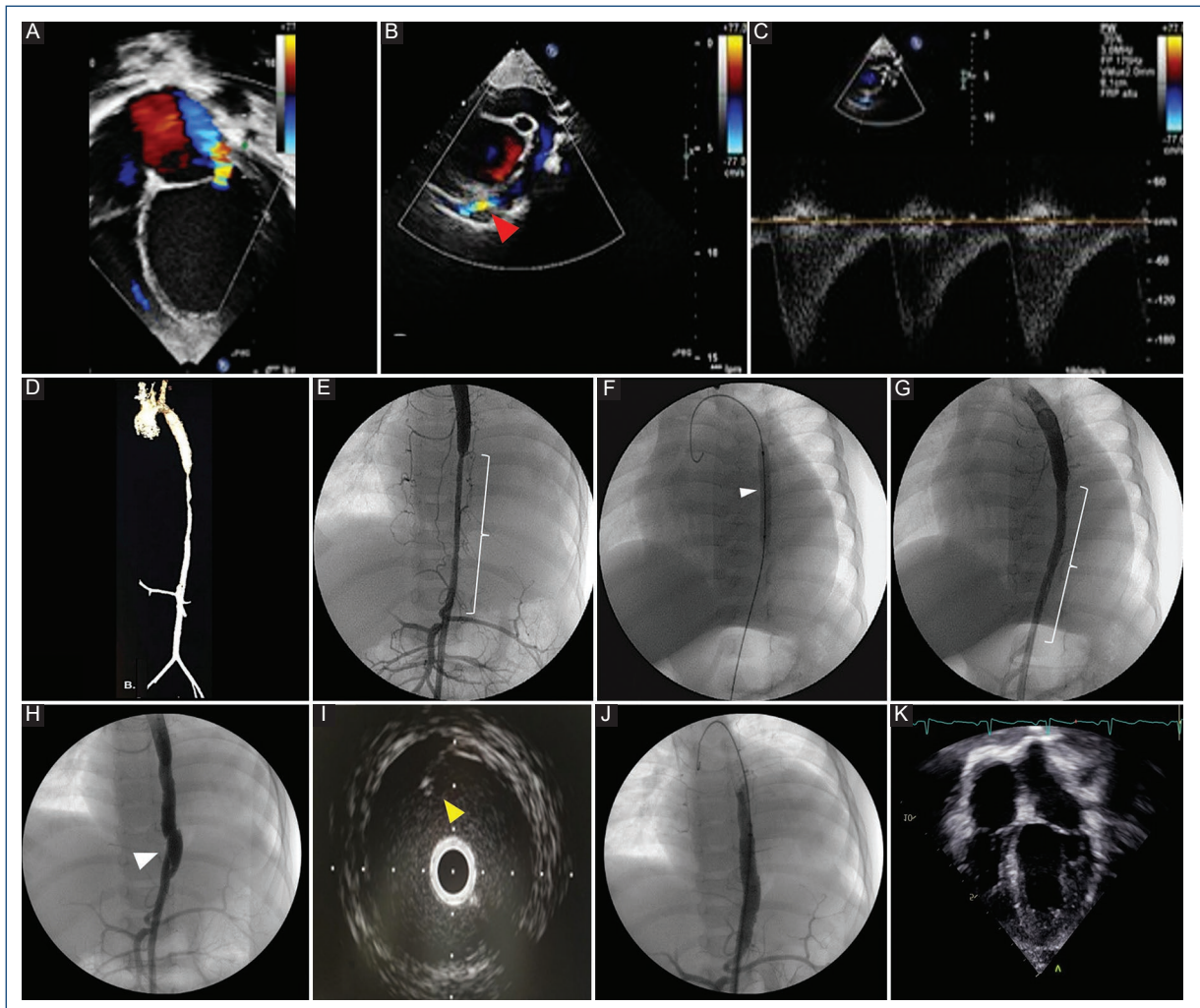


Figura 1. Imágenes de seguimiento. **A:** ecocardiograma con hallazgos de ventrículo izquierdo gravemente dilatado con regurgitación mitral grave. **B:** plano en el eje corto apreciándose *aliasing* en la aorta descendente. **C:** Doppler con corrida diastólica en la aorta descendente. **D:** angiografía que muestra una reducción del diámetro en la aorta descendente. **E:** angiografía de aorta descendente en la que se aprecia la extensión de la lesión. **F:** dilatación de la zona estrecha con balón. **G:** angiografía de control que muestra un incremento del diámetro de la aorta. **H:** angiografía de control a los 4 meses que muestra una zona de reestenosis y disección. **I:** ultrasonido intravascular que muestra el colgajo de disección. **J:** angiografía de control tras la angioplastia con *stent*. **K:** ecocardiograma de control a los 12 meses de la angioplastia.

progresivamente hasta alcanzar 4400 pg/ml a pesar del manejo farmacológico (Fig. 2). Dada la evolución, se realizó cateterismo cardiaco y se encontró un gradiente pico-pico de 34 mmHg entre la aorta torácica y la abdominal, con un estrechamiento de 2.5 mm y una longitud de 57 mm, ubicado en la transición torácico-abdominal, que se extendía hasta el origen de las arterias mesentéricas (Fig. 1E).

Por la longitud del estrechamiento y el peso de la paciente, inicialmente no se consideró el implante de un *stent*. En su lugar, se realizó una angioplastia con balón de 6 × 20 mm (Fig. 1F) ampliando el área

afectada, sin evidencia inmediata de disección ni aneurisma (Fig. 1G).

La FEVI se incrementó al 20% y la paciente fue egresada con tratamiento. A los 4 meses del egreso había logrado una ganancia de peso de 2 kg, mejorando los síntomas de insuficiencia cardiaca clasificados ahora como Stevenson A, reducción en los niveles de pro-BNP a 1586 pg/ml (Fig. 2) y FEVI del 27%. Dado el aumento de peso, se realizó un segundo cateterismo para implante de *stent*. La angiografía identificó un área estenótica residual con una disección (Fig. 1H), confirmada por ecografía intravascular, que proporcionó una

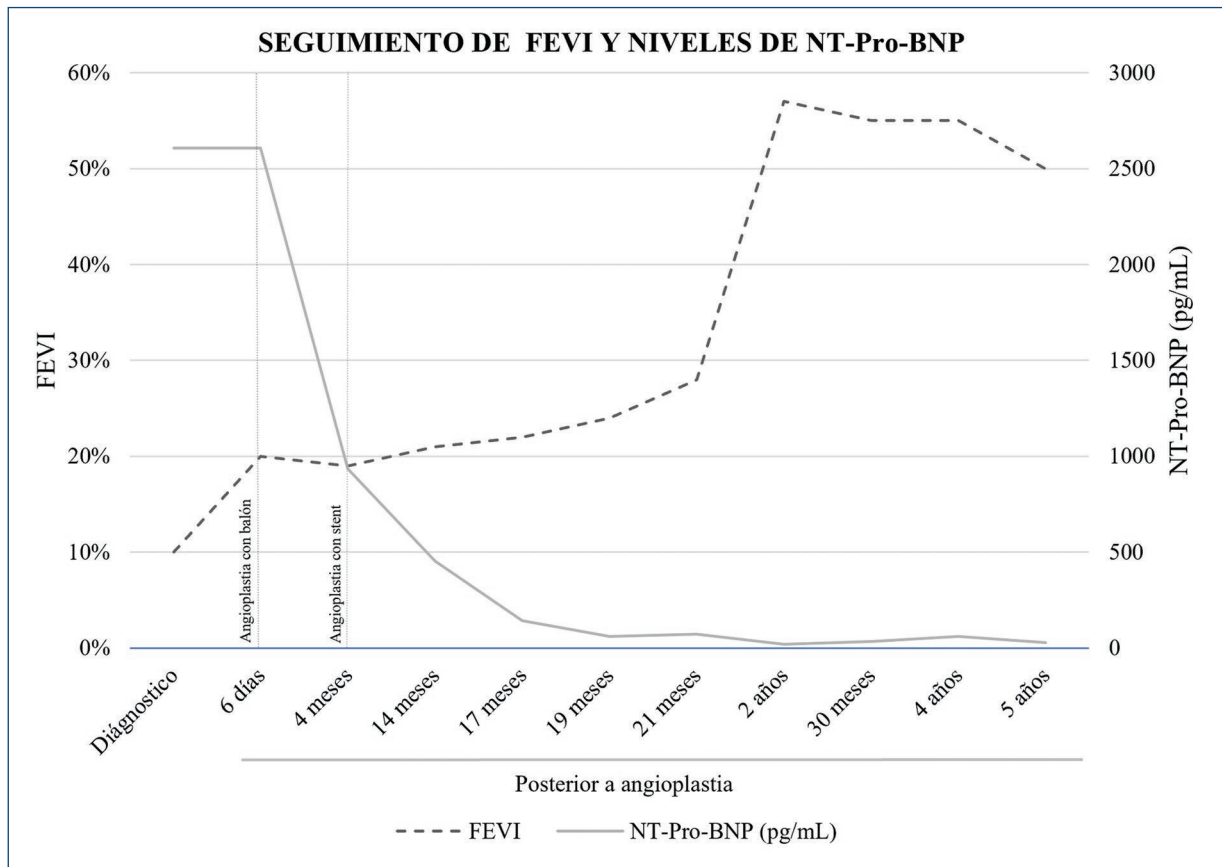


Figura 2. Valores del propéptido natriurético cerebral y de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo antes y durante el seguimiento hasta 5 años después de la angioplastia aórtica.

visualización detallada de la lesión (Fig. 1I). Se colocó con éxito un *stent* Dynamic (BIOTRONIK SE & Co. KG) de 9 mm de diámetro por 56 mm de longitud (Fig. 1J).

La paciente fue egresada y tras 5 años de seguimiento no se ha observado compromiso del pulso de la arteria femoral invadida. El estado clínico y la FEVI mejoraron progresivamente hasta alcanzar valores normales (Fig. 1K y Fig. 2); esto se relacionó inversamente con los valores de pro-BNP, que también se normalizaron.

Discusión

La prevalencia del síndrome aórtico medio en la infancia es difícil de estimar, ya que la mayoría de los casos se diagnostican en la edad adulta debido a dificultades diagnósticas. Representa entre el 0.5% y el 2% de todos los casos de coartación aórtica. Según la ubicación del estrechamiento, se puede clasificar en tres tipos: suprarrenal, intrarrenal e infrarrenal^{1,3}.

El primer caso de síndrome aórtico medio fue descrito en 1963⁴. La etiología se mantiene mayormente

desconocida, siendo la mayoría de los casos idiopáticos. Sin embargo, se ha descrito su asociación con enfermedades genéticas como la neurofibromatosis tipo I, el síndrome de Allagille y el síndrome de Williams, y con vasculitis adquiridas como la arteritis de Takayasu, el lupus eritematoso sistémico y la displasia fibromuscular^{1,2}.

Los síntomas dependen del grado y de la localización de la estenosis², siendo la hipertensión arterial sistémica el hallazgo más frecuente (95% de los casos). En nuestra paciente no se observaron alteraciones en la presión arterial inicial, posiblemente debido al grave compromiso de la función sistólica del ventrículo izquierdo, presentándose como miocardiopatía dilatada durante el primer año de vida, lo cual es raro, con muy pocos casos reportados^{2,5}.

El tratamiento farmacológico incluye antihipertensivos, y cuando la etiología se asocia a vasculitis también se pueden utilizar corticosteroides².

Las indicaciones para el tratamiento invasivo incluyen estenosis aórtica mayor del 60%, estenosis arterial renal,

hipertensión arterial refractaria, evidencia de daño en órganos diana o presencia de síntomas significativos. La cirugía presenta desafíos técnicos significativos cuando el estrechamiento es extenso⁶, dejando los procedimientos intervencionistas como la única alternativa viable.

El abordaje endovascular ofrece dos opciones: angioplastia con implante de *stent* o dilatación con balón. Esta estrategia ha sido descrita en pacientes adultos y adolescentes, siendo la implantación de *stent* la opción preferida^{3,7,8}. Sin embargo, en niños pequeños, las limitaciones relacionadas con el peso y el diámetro de las arterias utilizadas para el acceso vascular restringen la aplicabilidad de este tratamiento, debido al perfil de los introductores requeridos para la implantación de *stents*. No obstante, se ha reportado un caso de una niña de 9 meses que fue tratada exitosamente con *stent*, logrando una recuperación completa de la función ventricular a los 24 meses de edad⁸. Complementariamente, se ha descrito el beneficio terapéutico de la intervención, además del tratamiento de la insuficiencia cardiaca, en pacientes con disfunción ventricular secundaria a síndrome aórtico medio causado por arteritis de Takayasu, en pacientes adolescentes y adultos que mostraron mejoría en los datos de insuficiencia cardiaca, función ventricular y niveles de pro-BNP después de angioplastia con balón o de colocación de *stents* en áreas aórticas estrechas⁹.

Nuestro caso se había considerado erróneamente como una miocardiopatía dilatada que requería trasplante cardiaco, debido a que este tipo de obstrucción puede no ser detectada mediante un examen ecocardiográfico, lo que requiere una alta sospecha clínica y pruebas de imagen multimodal. Optamos por un abordaje por etapas, iniciando con dilatación con balón y posteriormente angioplastia con colocación de *stent* como estrategia más efectiva para ensanchar la aorta, con la que se logró la recuperación de la FEVI y la normalización de los niveles de pro-BNP sin complicaciones del acceso arterial en una paciente de menos de 10 kg de peso. Además, encontramos una correlación negativa significativa entre los valores de pro-BNP y la FEVI de la paciente (Fig. 2). Esta recuperación se ha mantenido a 5 años de seguimiento.

Consideramos que se requieren estudios con un mayor número de casos para evaluar la efectividad y la seguridad de la estrategia planteada.

Conclusiones

El síndrome de aorta media debe considerarse en el diagnóstico diferencial al evaluar pacientes con

miocardiopatía dilatada terminal y disfunción sistólica ventricular, siendo la terapia endovascular una alternativa viable en el tratamiento de rescate inicial.

Financiamiento

La presente investigación no ha recibido ninguna beca específica de agencias de los sectores públicos, comercial o con ánimo de lucro.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Consideraciones éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad, consentimiento informado y aprobación ética. Los autores han seguido los protocolos de su centro sanitario/institución para acceder a los datos de las historias clínicas. Se ha obtenido el consentimiento informado de los tutores del paciente y se cuenta con la aprobación del Comité de Ética. Se han seguido las recomendaciones de las guías SAGER.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial. Los autores declaran que no se utilizó algún tipo de inteligencia artificial generativa para la redacción ni la creación de contenido de este manuscrito.

Referencias

1. Rumman RK, Nickel C, Matsuda-Abdini M, Lorenzo AJ, Langlois V, Radhakrishnan S, et al. Disease beyond the arch: a systematic review of middle aortic syndrome in childhood. *Am J Hypertens*. 2015;28:833-46.
2. Mir A, Stam B, Sperrazza C. A rare cause of cardiomyopathy in an infant: middle aortic syndrome. *Cardiol Young*. 2017;27:794-6.
3. Dogan A, Sever K, Ozdemir E, Mansuroglu D, Kurtoglu N. Endovascular stenting of mid-aortic syndrome due to Takayasu arteritis. *Acta Chir Belg*. 2018;118:264-8.
4. Sen PK, Kinare SG, Engineer SD, Parulkar GB. The middle aortic syndrome. *Br Heart J*. 1963;25:610-8.
5. Gupta S, Goswami B, Ghosh DC, Sen Gupta AN. Middle aortic syndrome as a cause of heart failure in children and its management. *Thorax*. 1981;36:63-5.
6. Yamamoto T, Endo D, Shimada A, Yamaoka H, Ooishi A, Dohi S, et al. Surgical 5-year outcomes of extra-anatomical bypass for middle aortic syndrome: a case series. *Vasc Endovascular Surg*. 2022;56:85-94.
7. Che W, Xiong H, Jiang X, Dong H, Zou Y, Yang Y, et al. Stenting for middle aortic syndrome caused by Takayasu arteritis-immediate and long-term outcomes. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2018;91(Suppl 1):623-31.
8. Callahan R, Kreutzer J, Debrunner M. Transcatheter management of mid-aortic syndrome secondary to myofibroma presenting in infancy with severe left ventricular dysfunction: a case report. *Cardiol Young*. 2016;26:799-801.
9. Wang Qian, Jiang Xiongjing, Dong Hui. Impact of interventional therapy on top of standard drug therapy on left ventricular structure and function in HFREF patients complicating with middle aortic syndrome caused by Takayasu arteritis. *Chinese Journal of Cardiovascular Diseases*. 2022;50(12):1207-1213.

Embolización transcáteter de fístula coronario-pulmonar sintomática: importancia de la imagen multimodal

Transcatheter embolization of a symptomatic coronary-pulmonary fistula: importance of multimodal imaging

Mauro Echavarría-Pinto^{1*}, Ulises Gómez-Álvarez², Hugo E. González-Chávez², Luis H. Vargas-Torrescano², Alejandro Castorena-García¹ y Manuel Mendoza-Aguilar³

¹Departamento de Hemodinamia; ²Departamento de Medicina Interna; ³Departamento de Imagen. Hospital General del ISSSTE Querétaro, Qro., México

La fístula coronario-pulmonar es una anomalía vascular poco común que representa menos del 0.1% de todas las anomalías coronarias identificadas mediante estudios de imagen avanzados, como la angiografía coronaria o la tomografía computarizada^{1,2}. Este tipo de conexión anómala entre las arterias coronarias y la circulación pulmonar puede ser asintomática o presentarse con síntomas inespecíficos, como dolor torácico, disnea o incluso eventos más graves, como insuficiencia cardíaca o isquemia miocárdica^{2,3}. En la mayoría de los casos, estas fístulas son hallazgos incidentales durante la evaluación de otros trastornos cardiovasculares^{1,4}. El manejo de las fístulas coronario-pulmonares es un desafío clínico que requiere un enfoque multidisciplinario. Aunque muchas pueden tratarse de manera conservadora, las que presentan síntomas significativos o riesgo de complicaciones, como robo coronario o infecciones, suelen requerir intervenciones específicas, entre las cuales la embolización transcáteter ha emergido como una opción terapéutica efectiva y mínimamente invasiva^{5,6}. Describimos aquí el caso de una paciente con una fístula coronario-pulmonar sintomática, diagnosticada mediante angiografía coronaria y tratada exitosamente con embolización transcáteter. Se subraya la importancia de considerar diagnósticos

poco comunes en pacientes con presentaciones atípicas de dolor torácico y se demuestra cómo el uso de técnicas avanzadas de imagen y de abordajes personalizados puede influir positivamente en el desenlace clínico.

Se trata de una mujer de 71 años, con antecedentes de hipertensión arterial sistémica y osteoartritis. Su padecimiento actual inicia años atrás con disnea y dolor torácico de esfuerzos CCS II. Presenta evolución insidiosa hasta 2024, cuando empeora la angina hasta ser de pequeños esfuerzos y en reposo, motivo por el cual acude a urgencias de nuestro hospital.

A su ingreso se realizó una evaluación inicial que mostró signos vitales dentro de parámetros normales. Se auscultó un soplo en foco pulmonar continuo, de tonalidad alta, con un componente áspero y característico «en maquinaria». El electrocardiograma reveló isquemia subepicárdica en cara anterior (Fig. 1). Los estudios paraclínicos iniciales incluyeron biometría hemática, química sanguínea, perfil de lípidos y enzimas cardíacas, que no mostraron alteraciones significativas.

Por los hallazgos inespecíficos, se decidió realizar una angiotomografía coronaria en la que se documentó una fístula coronario-pulmonar de 2.5 mm de diámetro

*Correspondencia:

Mauro Echavarría-Pinto
E-mail: drmauroechavarría@gmail.com

Fecha de recepción: 24-05-2025
Fecha de aceptación: 05-08-2025
DOI: 10.24875/ACM.25000109

Disponible en internet: 14-10-2025
Arch Cardiol Mex. 2026;96(2):146-150
www.archivoscardiologia.com

1405-9940 / © 2025 Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. Publicado por Permanyer. Este es un artículo *open access* bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

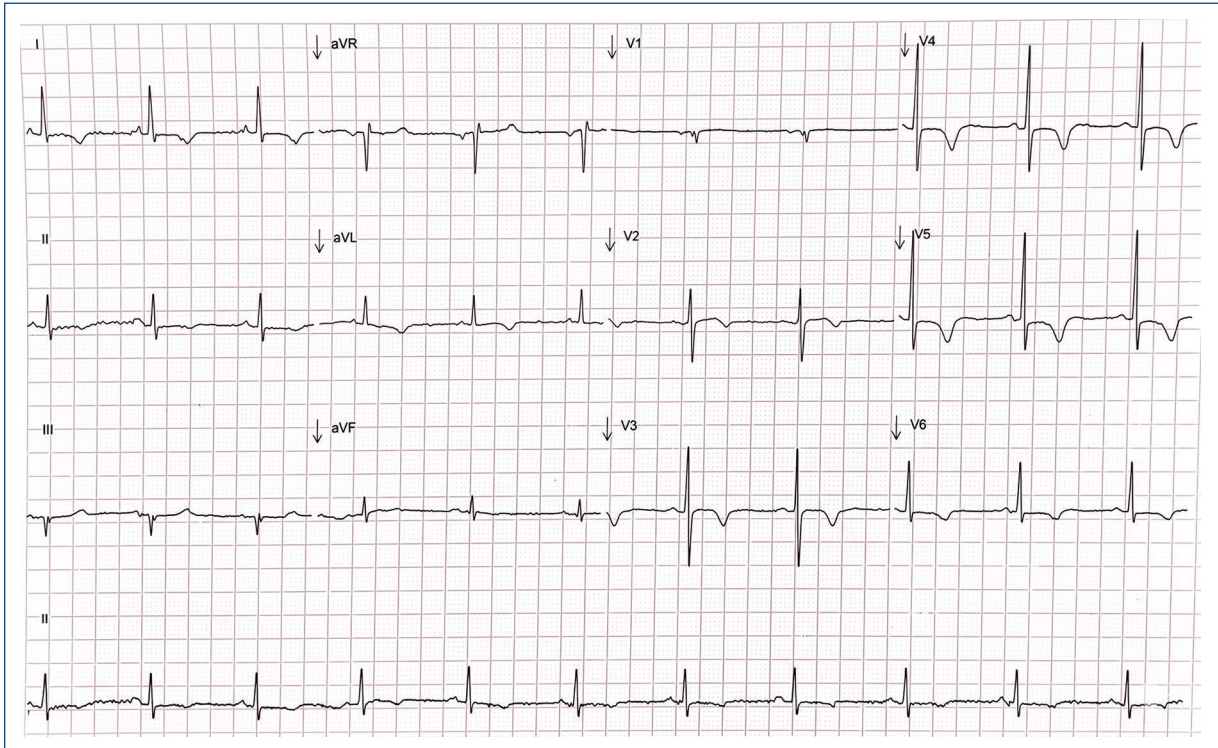


Figura 1. Electrocardiograma de ingreso que revela una isquemia subepicárdica en la cara anterior del corazón.

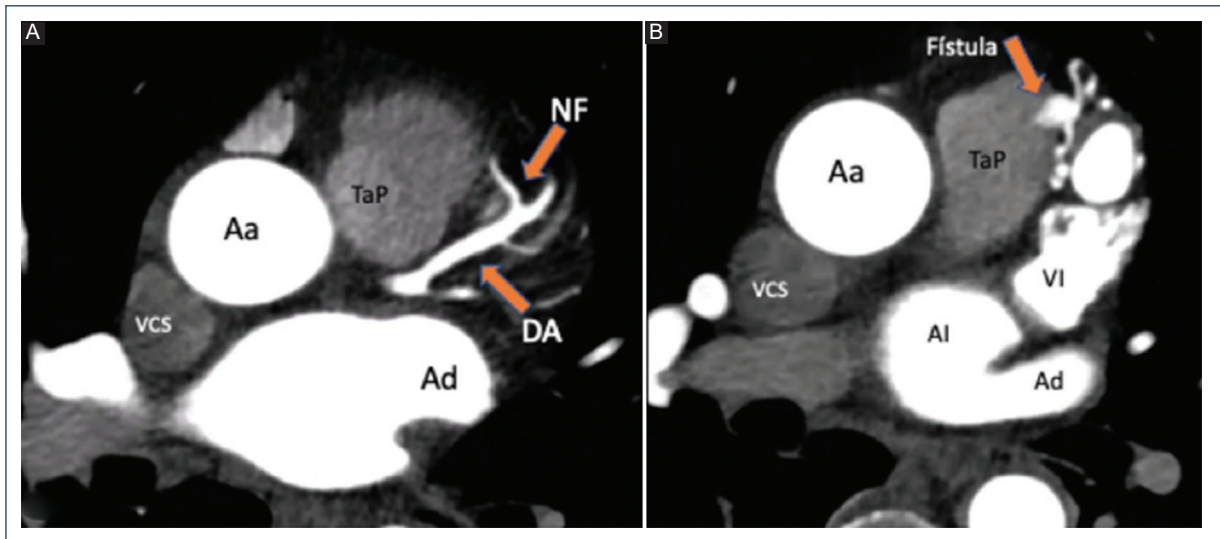


Figura 2. Angiografía por tomografía computarizada coronaria en la que se observa el trayecto de la fístula coronario-pulmonar. **A:** corte axial que muestra el nacimiento de la fístula en la descendente anterior. **B:** corte axial donde se señala el punto de unión de la fístula de la descendente anterior al tronco de la arteria pulmonar. Aa: aorta ascendente; Ad: aorta descendente; Al: aurícula izquierda; DA: descendente anterior; NF: nacimiento de la fístula; TaP: tronco de la arteria pulmonar; VCS: vena cava superior; VI: ventrículo izquierdo.

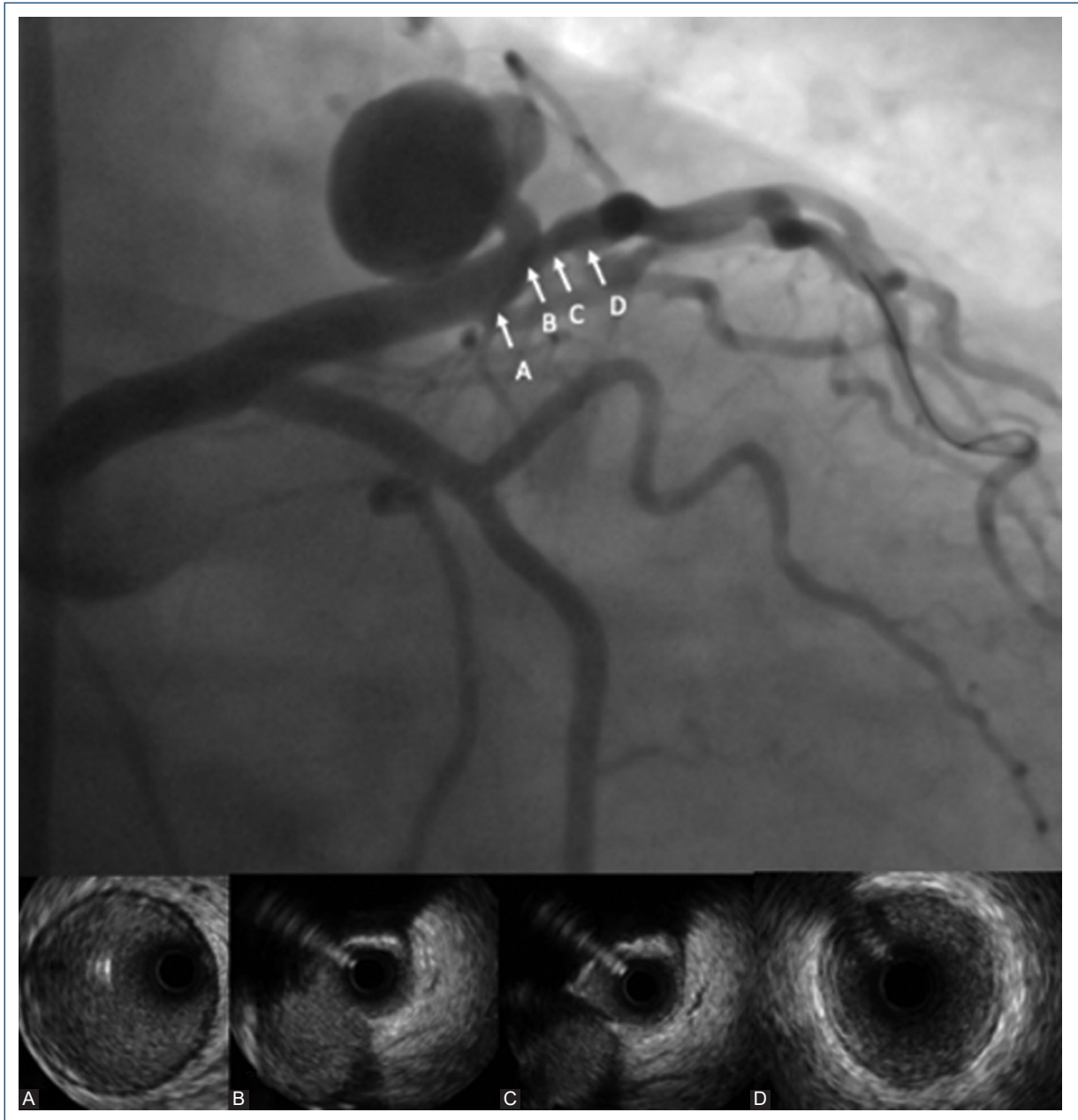


Figura 3. Coronariografía en la que se observa la fístula coronario-pulmonar en la porción media de la arteria descendente anterior. En la parte inferior se muestran imágenes de ultrasonido intravascular de la fístula, capturando la anatomía vascular en cortes transversales. **A:** porción previa a la formación de la fístula. **B:** segmento donde se observa el inicio de la fístula. **C:** estenosis posterior al sitio de fístula. **D:** porción distal de la arteria afectada.

con una zona aneurismática de 13 mm (Fig. 2) y una estenosis coronaria grave inmediatamente después de la fístula.

Se realizó coronariografía diagnóstica que corroboró la presencia de la fístula coronario-pulmonar emergiendo de la descendente anterior media, e inmediatamente después una estenosis moderada (Fig. 3). Se canuló el tronco coronario izquierdo con catéter XB 3

en 7F, se avanzó la guía de seguridad a la descendente anterior distal y con un microcatéter Penumbra se canuló selectivamente el origen de la fístula. Se colocaron en el interior de la fístula seis *coils* con éxito y finalmente se decidió tratar la lesión de la descendente anterior con implante de *stent* farmacológico guiado por ultrasonido intravascular (Fig. 4). Durante el

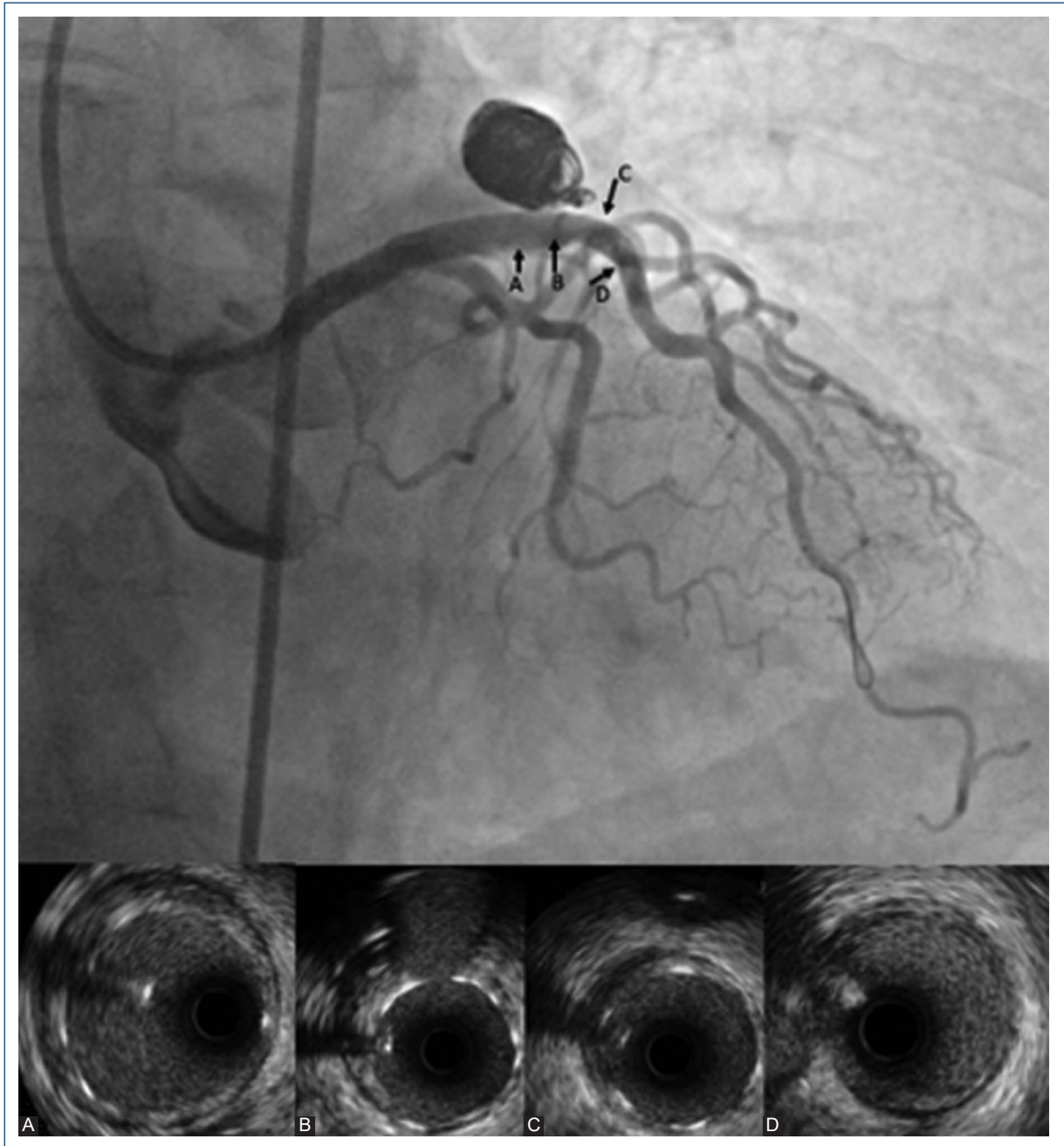


Figura 4. Coronariografía tras la intervención en la que se observa el cierre exitoso de la fístula mediante el uso de *coils*. En las imágenes inferiores se aprecian los resultados del procedimiento, con la colocación de *coils* en las áreas relevantes, demostrando el cierre eficaz de la fístula y la restauración del flujo sanguíneo normal. **A:** segmento previo a la fístula. **B:** colocación de *coils* en el segmento de la fístula con cierre exitoso. **C:** colocación de *stent* farmacológico en el sitio de la estenosis posterior a la fístula. **D:** porción distal que muestra un adecuado flujo sanguíneo.

procedimiento se utilizaron 60 ml de medio de contraste, sin complicaciones aparentes.

Tras el procedimiento, la paciente permaneció hemodinámicamente estable, sin necesidad de vasopresores y con dolor leve en el sitio de punción femoral. Los familiares fueron informados y la paciente continuó con

seguimiento por cardiología. En la actualidad se encuentra asintomática, sin angina, con buen estado general con tratamiento médico antiplaquetario y monitoreo continuo de su condición.

La fístula coronario-pulmonar, identificada en este caso, es una anomalía vascular poco frecuente que

puede tener implicaciones importantes para el manejo clínico del paciente si no se trata adecuadamente^{1,2}. Aunque la mayoría de las fístulas coronario-pulmonares se descubren de manera incidental y pueden ser asintomáticas, en algunos casos, como el presente, pueden manifestar síntomas que imitan afecciones cardíacas más comunes, como la angina de pecho o incluso el infarto de miocardio, debido a robo coronario, presente en este caso, evidenciado por la isquemia subepicárdica anterior extensa en el electrocardiograma y por la importante disnea y angina con la cual ingresó la paciente a urgencias^{3,4}. Las técnicas de imagen, como la angiografía coronaria y la tomografía computarizada de las arterias coronarias, son esenciales para la visualización detallada de la anatomía vascular y para confirmar la presencia de fístulas⁷. Estos métodos no solo permiten la identificación de la fístula, sino que también ayudan a evaluar el flujo sanguíneo y la posible afectación miocárdica, lo que es fundamental para planificar el manejo adecuado^{5,6}. El abordaje intervencionista, además de resolver el problema inmediato de la fístula, también permitió a la paciente regresar a sus actividades normales mucho más rápido que si se hubiera optado por una solución quirúrgica abierta^{8,9}. El éxito de la embolización mejoró de manera significativa la calidad de vida de la paciente y redujo el riesgo de futuras complicaciones cardíacas asociadas con la fístula⁹. En México, en la actualidad, no se sabe realmente la frecuencia con que estas patologías se presentan, lo que abre ventanas para futuras investigaciones.

Este caso destaca la importancia de considerar diagnósticos poco frecuentes en pacientes con angina de pecho atendidos en los servicios de urgencias. Además, destaca la utilidad de las modalidades de diagnóstico por imágenes avanzadas, como la angiografía coronaria, la tomografía coronaria y el ultrasonido intravascular para diagnosticar y tratar anomalías vasculares complejas. También ilustra cómo una intervención personalizada basada en la anatomía específica del paciente puede tener un resultado clínico favorable en situaciones potencialmente de alto riesgo.

Agradecimientos

Al jefe de servicio de medicina interna y el servicio de cardiología.

Financiamiento

La presente investigación no ha recibido ninguna beca específica de agencias de los sectores públicos, comercial o con ánimo de lucro.

Conflicto de intereses

Mauro Echavarría participa en eventos educativos y realiza proctorajes de imagen intravascular e intervención coronaria compleja para Boston Scientific y Philips.

Consideraciones éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad, consentimiento informado y aprobación ética. Los autores han seguido los protocolos de confidencialidad de su institución, han obtenido el consentimiento informado de la paciente, y cuentan con la aprobación del Comité de Ética. Se han seguido las recomendaciones de las guías SAGER, según la naturaleza del estudio.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial. Los autores declaran que no utilizaron algún tipo de inteligencia artificial generativa para la redacción de este manuscrito.

Referencias

1. Verdini D, Vargas D, Kuo A, Ghoshhajra B, Kim P, Murillo H, et al. Coronary-pulmonary artery fistulas: a systematic review. *J Thorac Imaging*. 2016;31:380-90.
2. Yun G, Nam TH, Chun EJ. Coronary artery fistulas: pathophysiology, imaging findings, and management. *RadioGraphics*. 2018;38:688-703.
3. Chaloumas D, Pericleous A, Dimitrakaki IA, Danelatos C, Dimitrakakis G. Coronary arteriovenous fistulae: a review. *Int J Angiol*. 2014;23:1-10.
4. Kim H, Beck KS, Choe YH, Jung JI. Coronary-to-pulmonary artery fistula in adults: natural history and management strategies. *Korean J Radiol*. 2019;20:1491-7.
5. Liu X, Zhang L, Qi Z, Fan M, Ge J. The characteristics of coronary-pulmonary artery fistulas and the effectivity of trans-catheter closure: a single center experience. *J Thorac Dis*. 2019;11:2808-15.
6. Battisha A, Madoukh B, Sheikh O, Altibi A, Sheikh S, Al-Sadawi M. Coronary fistula between left anterior descending artery (LAD) and pulmonary artery (PA) leading to sudden cardiac death: case report with literature review. *Curr Cardiol Rev*. 2020;16:98-102.
7. Lim JJ, Jung JI, Lee BY, Lee HG. Prevalence and types of coronary artery fistulas detected with coronary CT angiography. *AJR Am J Roentgenol*. 2014;203:W237-43.
8. Singh SK, Goyal T, Sethi R, Chandra S, Devenraj V, Rajput NK, et al. Surgical treatment for coronary artery aneurysm: a single-centre experience. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2013;17:632-7.
9. Namura S, Konishi H, Nishio R, Yamamoto H. Minimally invasive coil embolization for significant left-to-right shunts due to giant coronary-to-pulmonary artery fistulas: a case report. *Eur Heart J Case Rep*. 2024;8:1-6.

Right-sided juxtaposition of the left atrial appendage with orifice origin in unhabitual location: case report

Yuxtaposición a la derecha de la orejuela auricular izquierda con el orificio de origen en una localización poco habitual: reporte de caso

Andrea Nava-Celis*, José L. Colín-Ortiz, and Jorge A. Silva-Estrada

Department of Pediatric Cardiology, Instituto Nacional de Pediatría, Mexico City, Mexico

Case presentation

A 4-year-old female patient, present with a history of esophageal atresia who was surgically treated in the neonatal period in another hospital, was referred to our institution at 5 months of age for a heart murmur. The diagnosis of atrial septal defect (ASD) ostium secundum was made, and medical management was started.

Her follow-up with transthoracic echocardiogram showed: an ASD and an hypoechoic circular image in close continuity with the ascending aorta on its right side (Fig. 1A). Due to the inability to identify the cause, a computed tomography (CT) angiography was requested. This revealed bronchial and abdominal situs solitus, inconclusive atrial situs with a circular and elongated image to the right of the ascending aorta (Figs. 1 B and C). The diagnostic possibility was wide and ranged from aneurysm of the Valsalva's sinus to coronary anomaly, among others. Cardiac catheterization was performed with the following findings: atrial situs solitus, right-sided juxtaposition of the left atrial appendage (LAA), (Fig. 2), normal venous and systemic returns, concordant atrioventricular and ventriculo-arterial connection, ASD ostium secundum, without good rims (by intracardiac echocardiogram), intact interventricular septum, unobstructed left aortic arch, and

closed duct. Six months later, definitive treatment was established by surgical closure of ASD, which was performed without eventualities. She was discharged 4 days later. At present, the patient is asymptomatic, hence a good long-term prognosis is expected.

The atrial appendages are structures that form part of atrial cavities. They originate from each primitive atrium during embryonic life. Normally, each atrial appendage lies to the respective side of the two great arteries¹. Juxtaposition of the atrial appendages is a rare congenital malformation in which both atrial appendages are at the same side, rather than being located to their respective side of the arterial pedicle, thus; the atrial appendages are both located to the right or left side of the great arteries. Since its first description by Birmingham in 1893, and subsequently reintroduced by Dixon in 1954², several reports have shown an association with severe congenital heart disease, particularly when the juxtaposition is left-sided, and less frequently when is right-sided³. The prevalence of this entity in clinical and anatomopathological series is variable (0.28-3.9%)⁴⁻¹⁰.

Van Praagh et al.⁴ reviewed the juxtaposition of the atrial appendages in a series of autopsies and proposed a classification focusing on the morphology of the malpositioned atrial appendages.

*Correspondence:

Andrea Nava-Celis

E-mail: andreanavamc@outlook.com

1450-9940 / © 2025 Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. Published by Permalyer. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Date of reception: 10-04-2025

Date of acceptance: 12-09-2025

DOI: 10.24875/ACM.25000080

Available online: 26-11-2025

Arch Cardiol Mex. 2026;96(2):151-153

www.archivoscardiologia.com

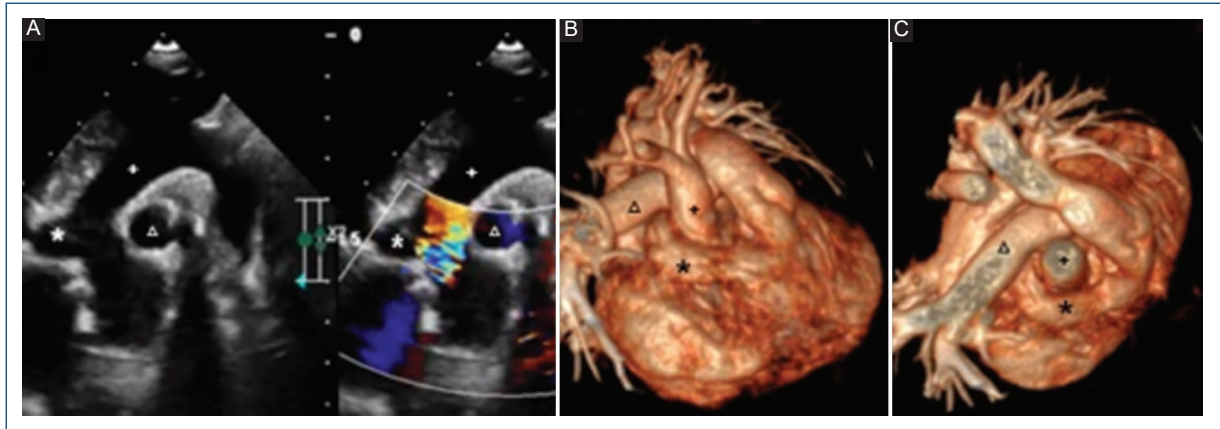


Figure 1. **A:** transthoracic echocardiogram: circular image adjacent to ascending aorta. **B** and **C:** computed tomography angiography: circular and elongated structure in an anterior position and at the right side of the ascending aorta. (*) Left atrial appendage, (+) ascending aorta, (Δ) right pulmonary artery.

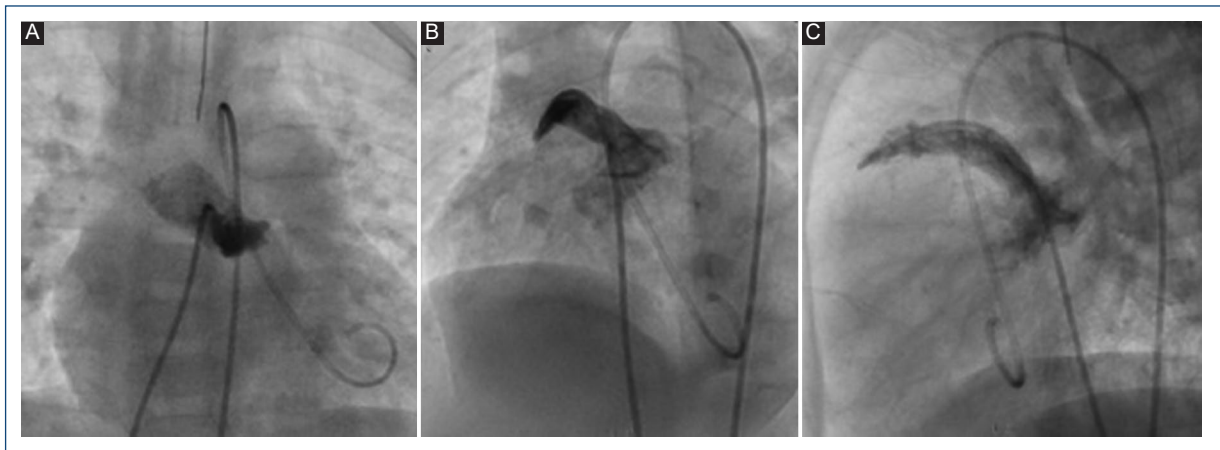


Figure 2. Angiographic imaging: right-sided juxtaposition of the left atrial appendage (we put a pigtail catheter into the left ventricle through the descending aorta with the aim to determine the position of the ascending aorta). **A:** posterior-anterior projection. **B:** 4-chamber projection and **C:** left lateral projection.

The morphology of the atrial appendages and their position are very characteristic when there is a lateralized situs; but there is the possibility of anomalies or variants in the position of the auricular appendages, a situation which is much rarer¹⁻⁴. Similarity and juxtaposition of both atrial appendages are frequently observed in hearts where the situs is isomeric¹⁻⁴.

The aim of this manuscript is to share the case of a girl with *situs solitus*, levocardia, and atrioventricular and ventriculoarterial concordance with right-side juxtaposition of the LAA with the origin of its orifice in the roof of the left atrium located posteriorly and associated to an ASD. This type of origin of the orifice has not been previously described in the literature. Moreover, this

anomaly could not be diagnosed until cardiac catheterization was performed; thus, providing us an avenue to reach the diagnosis of this rare case; however, cardiac catheterization is not available in most centers, representing a limitation for the diagnosis.

The left-side juxtaposition of the right appendage is more frequent, and the opposite juxtaposition being very uncommon³⁻¹⁰. In the present case, the atrial appendage anomaly could not be diagnosed until cardiac catheterization was performed. This difficulty in the diagnosis could be attributed to the fact that it is very uncommon (outside the cases with atrial isomerism), this is the first case of this type of atrial appendage anomaly in our hospital in the last 25 years. Our case

differs from the cases that have been previously reported, since the origin of its orifice is found in a location posterior in the roof of the left atrium; while in the literature, the habitual origin is anterior, a conception that may have led to the confusion in its diagnosis⁵⁻¹⁰.

In several reports, the diagnostic details have been made in anatomopathological studies^{1-4,6}. In 2016; Sarwark et al.⁶ described a heart with inferior and right-side juxtaposition of the LAA, a situation, which had not been previously reported, in this case, the LAA was on the floor of the left atrium, close to coronary sinus.

In a study performed in India⁵ on 129 cases of juxtaposition of atrial appendages, only 5 cases (3.9%) diagnosed with multidetector CT angiography were found to be right-sided of LAA.

Nowadays, these anomalies can be easily detected in CT angiography or magnetic resonance images^{9,10}. However, in some cases, pitfalls in the diagnosis are possible, as in the present case.

This is important in interventional procedures, such as balloon atrial septostomy or when the cutting devices are necessary, to clearly determine or diagnose the anomalies of atrial appendages, especially in the setting of left-sided juxtaposition of the right atrial appendage. This would aid the interventional personnel not to confuse the right appendage with the left atrium, since this situation is very dangerous. In the right-sided, juxtaposition of the LAA is particularly important to be aware of this anomaly in patients who need the closure of LAA, in the setting of platypnea-orthodeoxia syndrome³⁻¹⁰. This advice is also applicable in patients that need an atrial septal puncture^{3,5-10}.

The medical and surgical implications of the juxtaposed appendages have been discussed in many studies, particularly when the juxtaposed appendages are associated with a discordant ventriculoarterial connection, tricuspid atresia or both³⁻¹⁰. In the above studies, the authors reviewed hearts with juxtaposition of the atrial appendages with particular attention to the associated malformations and concentration on those characteristics that seemed to be of major surgical importance.

The right-sided juxtaposition of the LAA is a very rare anomaly. We share a case with this anomaly associated with an ASD, in which the orifice of the atrial appendage was not in its habitual location, instead, it was on the posterior part of the roof of the left atrium. This is a very rare or uncommon situation and may lead to diagnostic pitfalls in the non-invasive imaging.

Acknowledgment

We thank all the nursing staff of the Instituto Nacional de Pediatría.

Funding

This report received no specific grant from any funding agency, commercial or not-for-profit sectors.

Conflicts of interest

The authors declare no conflicts of interest.

Ethical considerations

Protection of humans and animals. The authors declare that the procedures followed complied with the ethical standards of the responsible human experimentation committee and were in accordance with the World Medical Association and the Declaration of Helsinki. The procedures were authorized by the Institution's Ethics Committee.

Confidentiality, informed consent, and ethics approval. The study does not involve personal data of patients, nor does it require ethics approval. SAGER guidelines do not apply.

Declaration on the use of artificial intelligence. The authors declare that they did not use any type of generative artificial intelligence in the writing of this manuscript.

References

- Charuzi Y, Spanos PK, Amplatz K, Edwards JE. Juxtaposition of the atrial appendages. *Circulation*. 1973;47:620-7.
- Dixon AS. Juxtaposition of the atrial appendages; Two cases of an unusual congenital cardiac deformity. *Br Heart J*. 1954;16:153-64.
- Anjos RT, Ho SY, Anderson RH. Surgical implications of juxtaposition of the atrial appendages. A review of forty-nine autopsied hearts. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1990;99:897-904.
- Van Praagh S, O'Sullivan J, Brili S, Van Praagh R. Juxtaposition of the morphologically right atrial appendage in solitus and inversus atria: a study of 35 postmortem cases. *Am Heart J*. 1996;132:382-90.
- Verma M, Pandey NN, Kumar S, Ramakrishnan S, Jagia P. Juxtaposition of atrial appendages: evaluation of cardiovascular morphology and associated anomalies on multidetector computed tomography angiography. *J Card Surg*. 2022;37:1145-52.
- Sarwark AE, Anderson RH, Spicer DE. Inferior and right-sided juxtaposition of the left atrial appendage with an unexpected type of inter-atrial communication. *Cardiol Young*. 2016;26:179-82.
- Dalldorf K, Parness I, Ezon D. Juxtaposition of the atrial appendages: a large echocardiographic series. *Pediatr Cardiol*. 2022;43:1094-103.
- Rice MJ, Seward JB, Hagler DJ, Edwards WD, Julsrud PR, Tajik AJ. Left juxtaposed atrial appendages: diagnostic two-dimensional echocardiographic features. *J Am Coll Cardiol*. 1983;1:1330-6.
- Singhapakdi K, Sourour W, Kimball TR. Left juxtaposition of the right atrial appendage: pitfalls in diagnosis. *Case Rep Cardiol*. 2023;2023:1385305.
- Singhi AK, Pradhan P, Agarwal R, Sivakumar K. Juxtaposed atrial appendages: a curiosity with some clinical relevance. *Ann Pediatr Cardiol*. 2016;9:186-9.

Giant pulmonary artery aneurysm

Aneurisma gigante de la arteria pulmonar

José M. Alanís-Naranjo^{1*}, Carlos A. Vázquez-Aguilar², Arturo E. Gudiño-Resendez³,
Diana C. Méndez-Tino², and Cielmar Galeana-Abarca³

¹Department of Cardiovascular Imaging, Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez; ²Department of Echocardiography, Hospital Regional 1° de Octubre, Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE); ³Department of Cardiology, Hospital Regional 1° de Octubre, Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE). Mexico City, Mexico

A 67-year-old male with a long-standing history of hypertension presented with intermittent episodes of mid-chest discomfort during moderate exertion. The electrocardiogram demonstrated right axis deviation and left posterior fascicular block (Fig. 1A). Echocardiography revealed a left ventricular ejection fraction of 62%, pulmonary valve regurgitation, and marked dilatation of the main pulmonary artery (Figs. 1B and C). Cardiac computed tomography (CT) excluded coronary artery disease and identified a giant pulmonary artery aneurysm (PAA) measuring 79 × 73 mm (Fig. 2). Given these findings, the patient was referred to the cardiovascular surgery department for repair.

PAA is a rare vascular abnormality associated with increased wall stress and defined as a focal dilatation of the pulmonary artery > 40 mm, most commonly affecting the main pulmonary trunk^{1,2}. Its detection has increased due to the broader use of non-invasive imaging, particularly by CT¹. PAAs > 60 mm or with growth > 2 mm/year carry the risk of dissection, airway or coronary compression, and acute coronary syndromes¹. Causes include congenital heart disease, vasculitis, infections, connective tissue disorders, pulmonary valve anomalies, pulmonary hypertension, chronic thromboembolism,

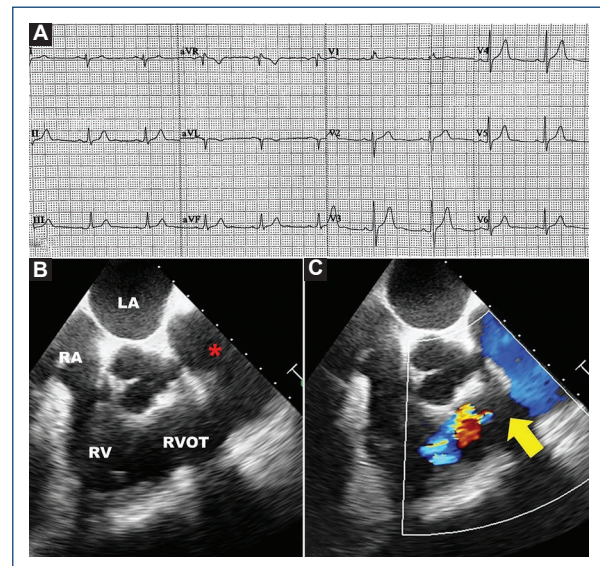


Figure 1. Initial evaluation. **A:** electrocardiogram showing sinus rhythm with right axis deviation and left posterior fascicular block. **B and C:** echocardiography: midesophageal short-axis view at the level of the aortic valve, demonstrating a dilated main pulmonary artery (red asterisk) and pulmonary valve regurgitation (yellow arrow). LA: left atrium; RA: right atrium; RV: right ventricle; RVOT: right ventricular outflow tract.

*Correspondence:

José M. Alanís-Naranjo
E-mail: martin.alanis.n@gmail.com
1405-9940 / © 2025 Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. Published by Permalyer. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Date of reception: 03-08-2025
Date of acceptance: 13-09-2025
DOI: 10.24875/ACM.25000174

Available online: 26-11-2025
Arch Cardiol Mex. 2026;96(1):154
www.archivoscardiologia.com

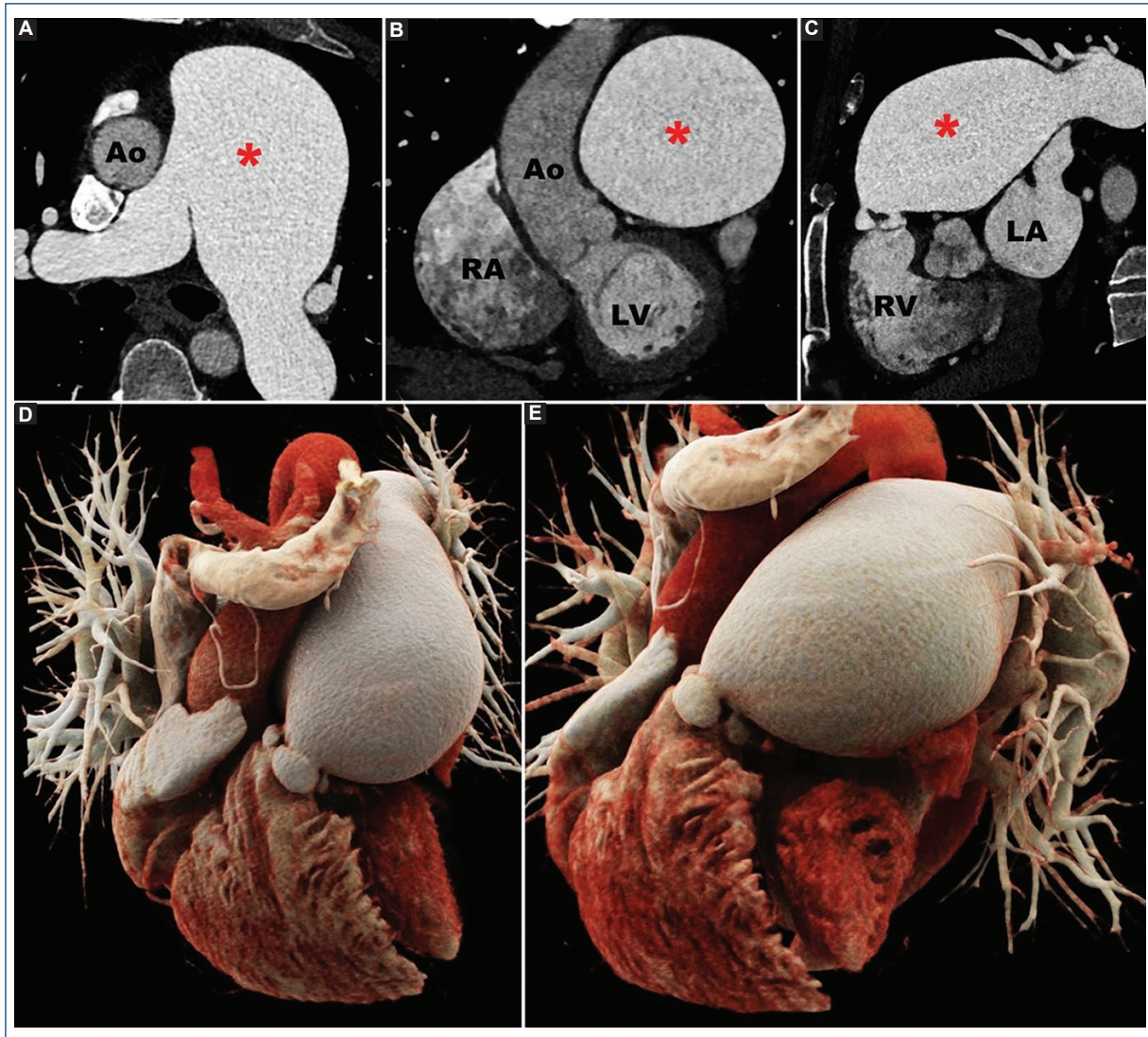


Figure 2. Cardiac computed tomography angiography showing a giant pulmonary artery aneurysm (red asterisk). **A:** MPR axial view. **B:** MPR coronal view. **C:** MPR sagittal view. **D** and **E:** volume-rendered reconstructions. Ao: aorta; LA: left atrium; LV: left ventricle; MPR: multiplanar reconstruction; RA: right atrium; RV: right ventricle.

malignancy, and idiopathic dilation^{1,2}. Electrocardiography may show right heart enlargement, and echocardiography evaluates biventricular function and associated anomalies³. CT or magnetic resonance imaging confirms the diagnosis and assesses anatomical relationships¹. Many cases are clinically silent, but symptoms such as dyspnea, cough, hemoptysis, or chest pain may occur³. In the absence of guidelines, treatment is individualized¹. Surgery is indicated in symptomatic patients or with aneurysms exceeding 5.5-6 cm^{2,3}.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Conflicts of interest

The authors declare that they have no conflicts of interest.

Ethical considerations

Protection of humans and animals. The authors declare that no experiments involving humans or animals were conducted for this research.

Confidentiality, informed consent, and ethical approval. The authors have followed their institution's confidentiality protocols, obtained informed consent from all patients, and secured approval from the Ethics Committee. SAGER guidelines have been followed as applicable to the nature of the study.

Declaration on the use of artificial intelligence.

The authors declare that no generative artificial intelligence was used in the writing or creation of the content of this manuscript.

References

1. Lorenz V, Gambacciani A, Guerrini S, Giuseppe MF, Gianfranco M, Mattesini A. Management of giant pulmonary artery aneurysm with quadricuspid valve stenosis. *Int J Angiol.* 2021;32:312-5.
2. Xie Z, Deng M, Yang Q. Giant idiopathic pulmonary artery aneurysm. *Asian J Surg.* 2023;46:3135-6.
3. Nájera CD, Ortega HA, Paez EI, Mullo JD, Orozco AS, Sánchez AC, et al. Giant pulmonary artery aneurysm in a young male patient. *Ann Thorac Surg Short Rep.* 2024;3:337-40.

Estenosis pulmonar por masa mediastínica: una causa infrecuente

Pulmonary stenosis due to a mediastinal mass: an uncommon cause

Laura V. López-Gutiérrez¹, Luisa F. Durango², Cristian C. Agudelo-Quintero^{3*} y Ana M. Suárez-Caicedo²

¹Departamento de Cardiología, Universidad Pontificia Bolivariana, Clínica CardioVID; ²Departamento de Cardiología, Unidad de Cardiología y Ecocardiografía, Clínica CardioVID; ³Departamento de Medicina Interna, Universidad de Antioquia. Medellín, Antioquia, Colombia

La estenosis pulmonar se define como la obstrucción del tracto de salida del ventrículo derecho o de la arteria pulmonar. La forma adquirida resultante de la compresión extrínseca es un fenómeno poco reportado en la literatura, siendo más frecuente el compromiso aislado de la rama izquierda o derecha¹. Esta compresión extrínseca puede obedecer a causas neoplásicas o no neoplásicas².

Al ser una complicación rara, se desconoce la prevalencia precisa de cada una de las etiologías; sin embargo, respecto a las causas no neoplásicas, se han expuesto casos asociados a aneurismas de la aorta torácica, tuberculosis, anillos vasculares y mediastinitis fibrosante, entre otros³. La enfermedad resultante de la presencia de tumores mediastínicos ha sido descrita principalmente en el siglo pasado, siendo la enfermedad de Hodgkin y los teratomas las neoplasias más frecuentemente reportadas³.

La presentación clínica de la estenosis pulmonar está directamente relacionada con la gravedad de la condición, y los síntomas tienden a manifestarse en etapas moderadas o graves de la enfermedad. Las manifestaciones más comunes son disnea y dolor torácico, mientras que el hallazgo más habitual en la exploración física es la presencia de soplo pulmonar sistólico. La tríada de dolor torácico, disnea y soplo sistólico se encontró en el 46% de los pacientes reportados por Seymour et al.⁴ en su serie de casos.

Presentamos el caso de un varón de 64 años que debutó con derrame pericárdico grave y taponamiento cardiaco 2 años atrás, el cual requirió pericardiectomía; no se logró establecer la etiología y el paciente no continuó en seguimiento. En el ingreso actual, consulta por un cuadro de 3 meses de disnea de moderados esfuerzos. En la exploración física tenía taquicardia y aumento de la presión venosa yugular.

Bajo la sospecha de un nuevo derrame pericárdico se ordenó un ecocardiograma de forma emergente, el cual evidenció una disminución en el diámetro del tronco principal de la arterial pulmonar y sus ramas, con aceleración del flujo por Doppler color (Fig. 1) y aumento significativo de las velocidades (velocidad máxima 311 cm/s, gradiente máximo 39 mmHg) en la válvula pulmonar y el tracto de salida del ventrículo derecho (Fig. 2), hallazgos compatibles con una estenosis pulmonar significativa, por lo que se solicitó una tomografía computarizada para identificar la etiología subyacente.

La tomografía computarizada de tórax reportó la presencia de múltiples adenopatías necróticas en el mediastino con compresión de la vena cava superior y de la arteria pulmonar, infiltración del pericardio y nódulos sólidos pulmonares con derrame pleural, por lo que se sospechó una enfermedad tumoral como causa de la estenosis pulmonar adquirida. En la figura 3 se compara la progresión con las imágenes previas de 2021 y en la figura 4 se muestra la reconstrucción

*Correspondencia:

Cristian C. Agudelo Quintero
E-mail: Cristian.agudeloq@udea.edu.co

Fecha de recepción: 21-01-2025
Fecha de aceptación: 06-10-2025
DOI: 10.24875/ACM.25000015

Disponible en internet: 05-02-2026
Arch Cardiol Mex. 2026;96(2):157-159
www.archivoscardiologia.com

1405-9940 / © 2025 Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. Publicado por Permanyer. Este es un artículo *open access* bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

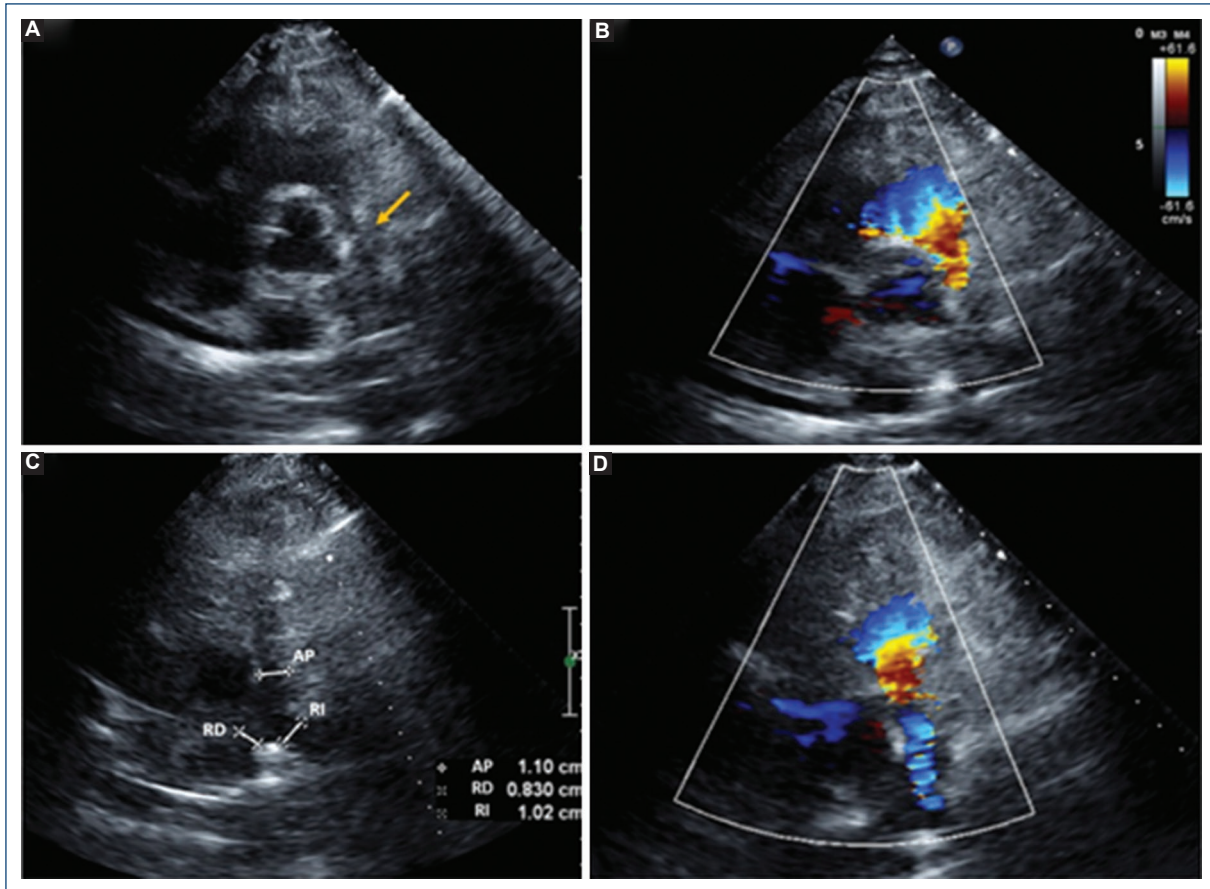


Figura 1. Ecocardiograma transtorácico. **A:** vista paraesternal en el eje corto a nivel de los grandes vasos en la que se observa la arteria pulmonar con disminución del diámetro de su luz (flecha). **B:** vista paraesternal en el eje corto a nivel de los grandes vasos, con color; aceleración del flujo Doppler color a través de la arteria pulmonar. **C:** vista paraesternal en el eje corto con énfasis en la arteria pulmonar; se observa una disminución en el diámetro del tronco de la arteria pulmonar de 1.1 cm, rama derecha 0.8 cm y rama izquierda 1.02 cm. **D:** aceleración del flujo Doppler color a través de la arteria pulmonar.

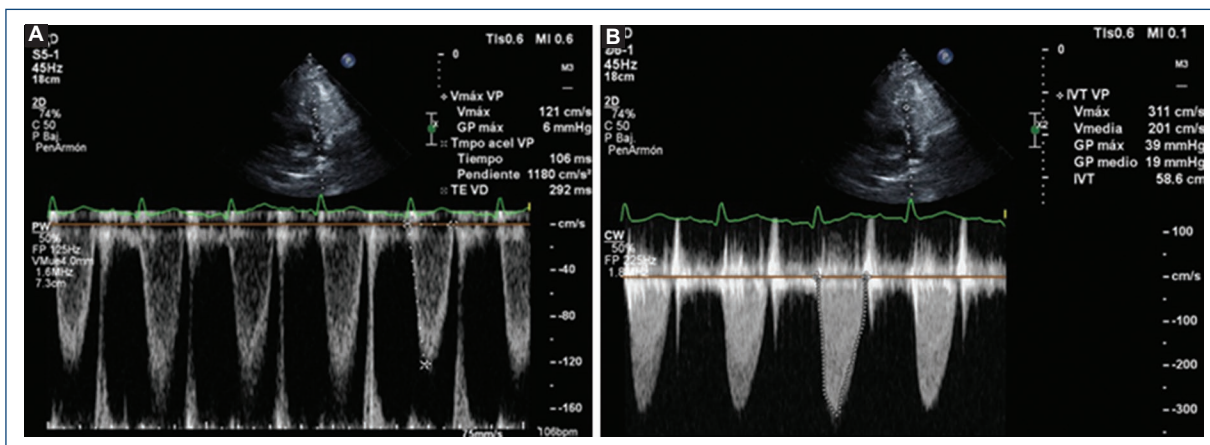


Figura 2. A: Doppler pulsado a nivel del tracto de salida del ventrículo derecho. **B:** Doppler continuo a nivel de la válvula pulmonar, donde se observan aceleración del flujo por Doppler continuo y aumento significativo de las velocidades, que sugieren estenosis.

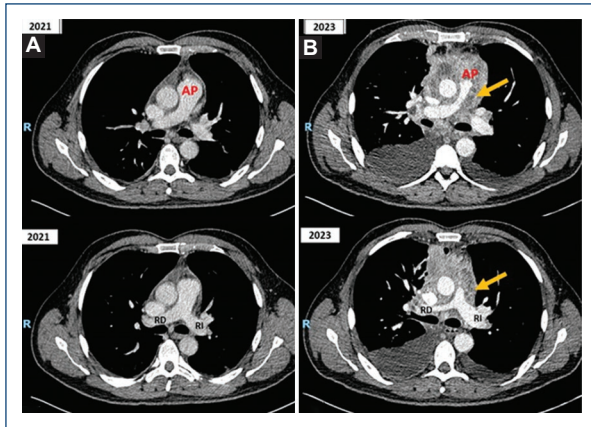


Figura 3. A: tomografía computarizada realizada en 2021. **B:** en 2023 se evidencian marcada progresión de la masa mediastínica (flecha), compresión extrínseca del tronco de la arteria pulmonar y disminución significativa del diámetro de sus ramas. Correspondiente con la imagen ecocardiográfica, derrame pleural bilateral de predominio derecho. AP: arteria pulmonar; RD: rama derecha; RI: rama izquierda.

tridimensional de la arteria pulmonar y sus ramas de forma comparativa entre 2021 y 2023.

Por todo lo anterior, se llevó a manejo quirúrgico por cirugía de tórax buscando confirmación histopatológica y tratamiento sintomático, con resección de tumor mediastínico, pleurectomía derecha y lobectomía segmentaria. Los estudios de inmunohistoquímica concluyeron compromiso por carcinoma escamocelular primario en el pulmón, por lo que se consideró manejo oncológico con quimioterapia con esquema *keynote* 407 (carboplatino, paclitaxel y pembrolizumab) y, según su evolución, la adición de pembrolizumab. Posterior al primer ciclo de quimioterapia, el paciente falleció por una tromboembolia pulmonar de alto riesgo.

El pronóstico de esta condición dependerá principalmente del estadio del tumor y del manejo oncológico. Las repercusiones hemodinámicas sobre la circulación pulmonar y el ventrículo derecho podrían ser potencialmente reversibles con la resolución de la obstrucción.

Destacamos la ecocardiografía como ayuda diagnóstica no invasiva en el diagnóstico de la estenosis pulmonar adquirida.

Financiamiento

La presente investigación no ha recibido financiación de entidades de los sectores público, comercial o sin ánimo de lucro.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.



Figura 4. Reconstrucción tridimensional de tomografía computarizada de tórax **A:** en 2021 se observa un diámetro normal de la arteria pulmonar y sus ramas. **B:** en 2023 se demuestra estenosis significativa de la arteria pulmonar y sus ramas en relación con progresión de una masa tumoral.

Consideraciones éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable, de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki. Los procedimientos fueron autorizados por el Comité de Ética de la institución.

Confidencialidad, consentimiento informado y aprobación ética. Los autores han seguido los protocolos de su centro sanitario/institución para acceder a los datos de las historias clínicas. Se ha obtenido el consentimiento informado de los pacientes y se cuenta con la aprobación del Comité de Ética. Se han seguido las recomendaciones de las guías SAGER.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial. Los autores declaran que no se utilizó algún tipo de inteligencia artificial generativa para la redacción ni la creación de contenido de este manuscrito.

Referencias

- Ruckdeschel E, Kim YY. Pulmonary valve stenosis in the adult patient: pathophysiology, diagnosis and management. *Heart*. 2019;105:414-22.
- Batra K, Saboo SS, Kandathil A, Canan A, Hedgire SS, Chamrathy MR, et al. Extrinsic compression of coronary and pulmonary vasculature. *Cardiovasc Diagn Ther*. 2021;11:112539.
- Marshall ME, Trump DL. Acquired extrinsic pulmonary stenosis caused by mediastinal tumors. *Cancer*. 1982;49:1496-9.
- Seymour J, Emanuel R, Pattinson N. Acquired pulmonary stenosis. *Br Heart J*. 1968;30:776-85.

Bloqueo auriculoventricular completo como manifestación clínica de sarcoidosis cardiaca

Complete atrioventricular block as a clinical manifestation of cardiac sarcoidosis

Gardenia L. Chango-Acurio¹, Cristhian E. Scatularo^{1*}, Sofía Corzo¹, Diana M. Miserendino² y Hugo O. Grancelli¹

¹Servicio de Cardiología, Sanatorio Trinidad de Palermo; ²Centro de Anatomía Patológica Dra. Susana Vighi. Buenos Aires, Argentina

Introducción

La sarcoidosis sistémica es un trastorno inflamatorio granulomatoso crónico, multisistémico, de etiología desconocida, que afecta principalmente a los pulmones, aunque también puede comprometer otros órganos, como el corazón¹. La sarcoidosis cardiaca se define como la presencia de granulomas no caseificantes en el miocardio ventricular y el sistema de conducción en pacientes con sarcoidosis sistémica confirmada². Dado que suele ser asintomática en la mayoría de los casos, su diagnóstico resulta desafiante y se requiere la utilización de diversos estudios de imágenes^{1,2}. A continuación, presentamos un caso clínico de sarcoidosis cardiaca como causa de bloqueo auriculoventricular completo (BAVC) en un paciente joven.

Caso clínico

Varón de 55 años con antecedentes de dislipidemia, hipertensión arterial, diabetes *mellitus* tipo 2 y uveítis en estudio, medicado con metformina 500 mg cada 12 horas, valsartan 80 mg cada 12 horas y atorvastatina 20 mg al día.

Consultó a nuestra institución por astenia marcada, evidenciándose a su ingreso BAVC sin descompensación hemodinámica. Se realizó laboratorio con perfil tiroideo, sin alteraciones, y electrocardiograma que

mostró BAVC con escape ventricular a 50 l.p.m., con eje eléctrico desviado a la derecha (Fig. 1A). El ecocardiograma transtorácico evidenció diámetros del ventrículo izquierdo conservados, con espesores parietales aumentados (septo interventricular de 14 mm y pared posterior de 14 mm) y fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) del 53%, *strain* longitudinal global -13%, ventrículo derecho sin alteraciones y ausencia de valvulopatías significativas (Fig. 1B). Se decidió el implante de un marcapasos definitivo bicameral.

Ante la sospecha de una miocardiopatía de base, dado que se trataba de un paciente joven con BAVC y espesores aumentados del ventrículo izquierdo, se realizó una resonancia magnética cardiaca que informó deterioro leve de la función sistólica del ventrículo izquierdo, presencia de edema y realce tardío con gadolinio en forma parcheada y nodular en el septo basal y en la pared anterolateral del ventrículo izquierdo, que podrían corresponder a sarcoidosis cardiaca (Fig. 2).

Se continuó el estudio de una posible sarcoidosis sistémica con afección cardiaca mediante tomografía computarizada de tórax, que evidenció nódulos bilaterales de bordes irregulares y distribución difusa, junto con múltiples adenomegalias mediastínicas y traqueo-bronquiales. En el laboratorio se detectaron un valor de enzima convertidora de la angiotensina de 96 pg/ml

*Correspondencia:

Cristhian E. Scatularo
E-mail: emmanuelscatularo@gmail.com

Fecha de recepción: 01-04-2025
Fecha de aceptación: 07-10-2025
DOI: 10.24875/ACM.25000071

Disponible en internet: 26-11-2025
Arch Cardiol Mex. 2026;96(2):160-164
www.archivoscardiologia.com

1405-9940 / © 2025 Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. Publicado por Permanyer. Este es un artículo *open access* bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

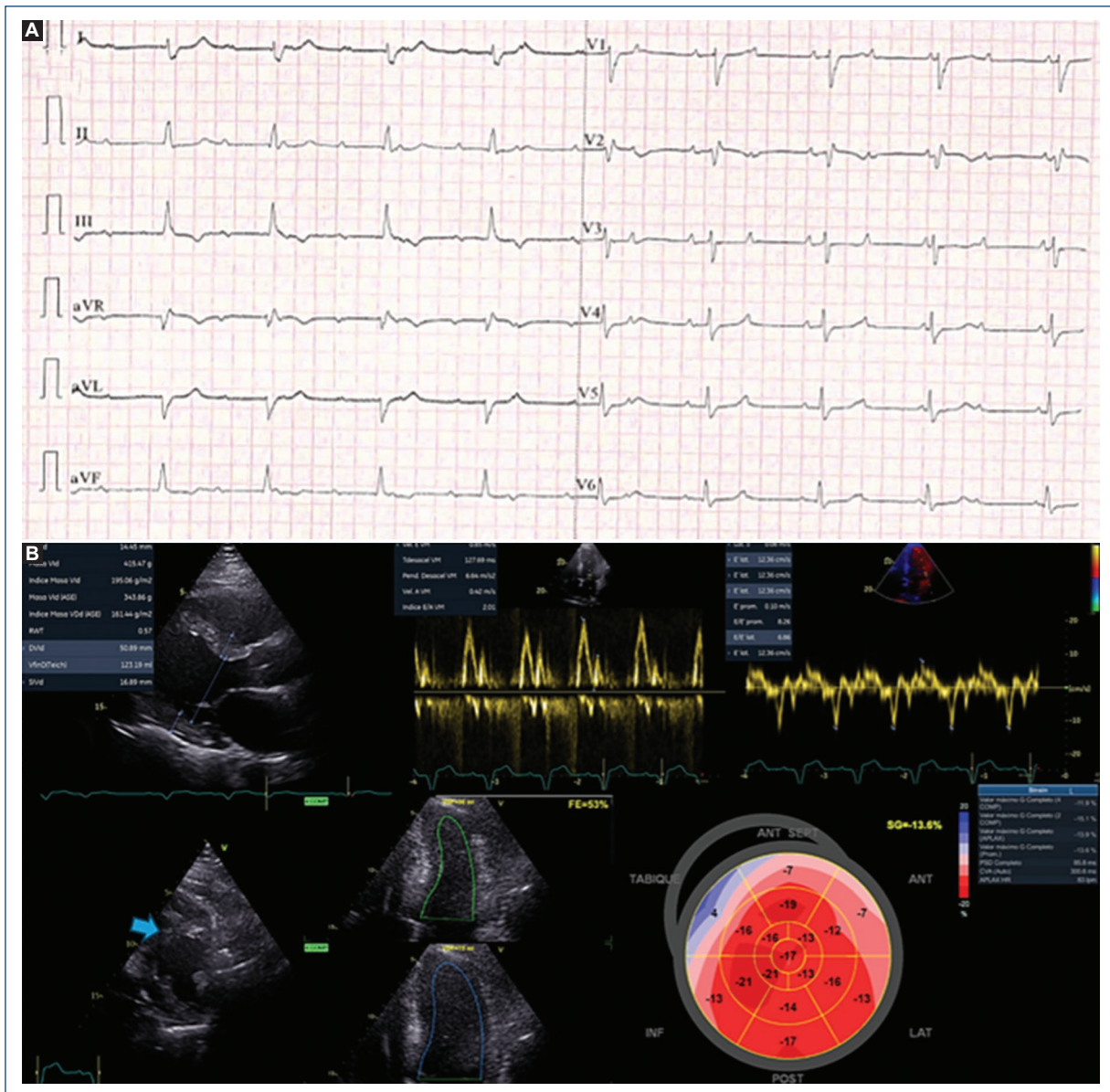


Figura 1. A: electrocardiograma que muestra un bloqueo atrioventricular completo. **B:** ecocardiograma que evidencia espesores aumentados (septo interventricular 14 mm y pared posterior de 14 mm), deterioro leve de la función sistólica y *strain* longitudinal global disminuido.

(valores normales: 8-52), hipercalcemia de 12 mEq/l y vitamina D normal. Se realizó una tomografía por emisión de positrones (PET-TC) que demostró múltiples focos hipermetabólicos miocárdicos, pulmonares bilaterales, en el bazo, el hígado y las glándulas parótidas, y adenopatías hipermetabólicas supra- e infradiaphragmáticas (Figs. 3 A-F). Se realizaron biopsias de nódulos pulmonares y de adenopatías mediastínicas, que evidenciaron la presencia de inflamación granulomatosa crónica no necrotizante en ambas muestras (Fig. 4). Los cultivos pertinentes resultaron negativos.

Con el diagnóstico presuntivo de sarcoidosis sistémica con afectación cardíaca, se inició tratamiento con metilprednisolona 60 mg/día, con adecuada tolerancia. En el estudio Holter se evidenciaron fibrilación auricular paroxística y episodios de taquicardia ventricular no sostenida de hasta cinco latidos, por lo que se iniciaron amiodarona, bisoprolol y anticoagulación. A los 6 meses de tratamiento con corticosteroides se efectuó una PET-TC de control que informó la desaparición de toda la actividad inflamatoria previamente descrita (Fig. 2B), por lo que se inició el descenso progresivo de la dosis

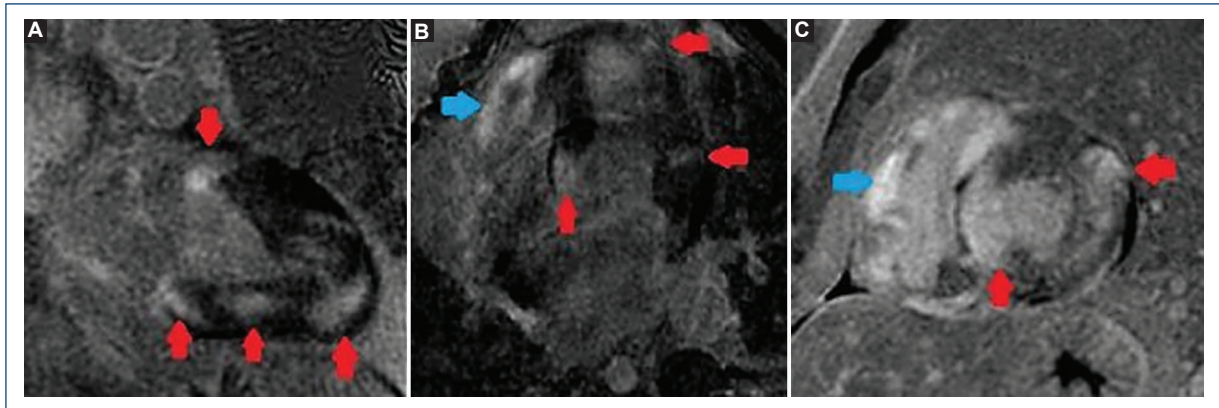


Figura 2. Resonancia magnética cardíaca. En **A**, **B** y **C** se muestran las secuencias de realce tardío con gadolinio en dos cámaras, cuatro cámaras y eje corto, respectivamente. Se evidencian nódulos parcheados de captación de gadolinio intramiocárdico y subepicárdico en el ventrículo izquierdo (flechas rojas) y en el ventrículo derecho (flechas azules).

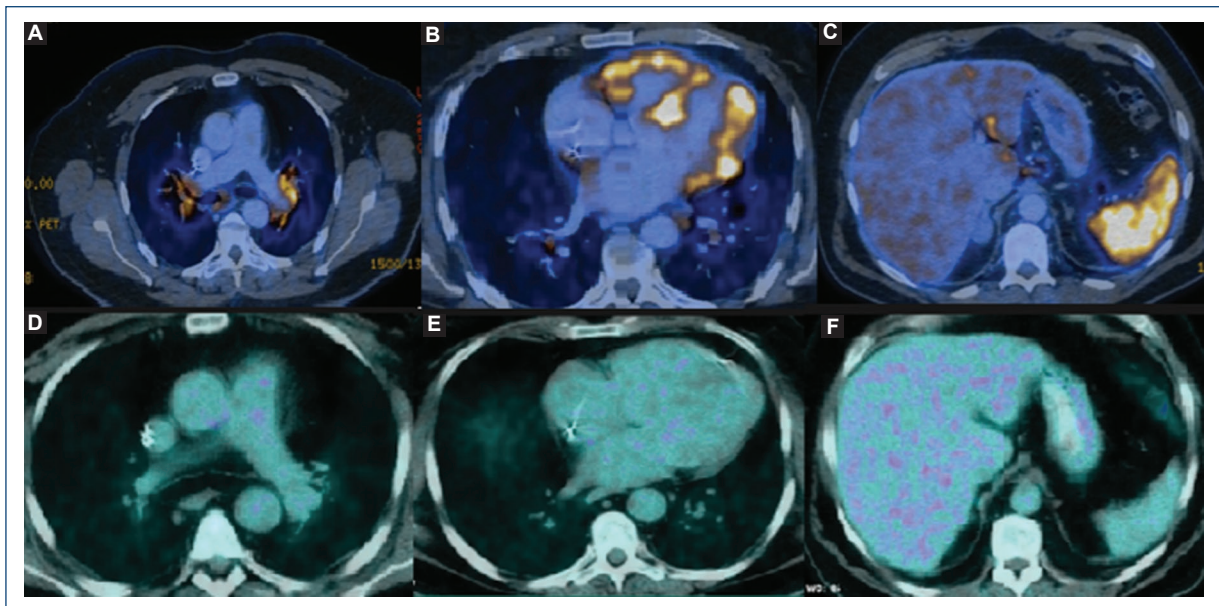


Figura 3. Tomografía por emisión de positrones con fluorodesoxiglucosa. En **A**, **B** y **C** se observa la captación del radiotrazador en las adenopatías peritraqueales y subdiafragmáticas, el miocardio de ambos ventrículos y a nivel hepático en forma heterogénea y esplénico, respectivamente. En **D**, **E** y **F** se muestran las imágenes comparativas a 6 meses de tratamiento, en las que ya no se observa captación del radiotrazador.

de metilprednisolona. El paciente evolucionó asintomático, sin nuevas arritmias en el seguimiento por estudio Holter y control del marcapaso, y sin eventos cardiovasculares a 12 meses de seguimiento ambulatorio.

Discusión

La sarcoidosis sistémica es un trastorno inflamatorio granulomatoso crónico, que afecta principalmente a los

pulmones hasta en un 90% de los casos, aunque también puede comprometer otros órganos como el corazón, el hígado, la piel, los ojos y los ganglios linfáticos¹. Su prevalencia es de hasta 64 casos por cada 100,000 personas, siendo mayor en las mujeres y entre la tercera y la sexta décadas de la vida³. Se produce como consecuencia de un proceso inmunomediado en individuos con alguna predisposición genética, poco conocida en la actualidad, y desencadenado por factores

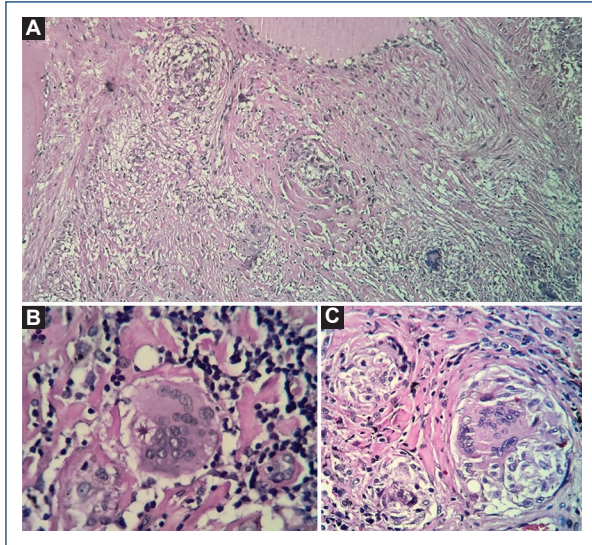


Figura 4. Imágenes de anatomía patológica del parénquima pulmonar que evidencian la presencia de inflamación granulomatosa crónica no necrotizante, compatibles con sarcoidosis. **A:** muestra teñida con hematoxilina-eosina (H-E) 100×, en la que se observan numerosos pequeños granulomas epitelioides no necrotizantes en sectores confluentes y mal conformados, distribuidos en septos intralobulares y broncovasculares. **B y C:** muestra teñida con H-E 400×, en la que se evidencian granulomas epitelioides no necrotizantes con cuerpos asteroides intracitoplasmáticos en células gigantes y necrosis fibrinoide focal (*punctata*).

ambientales, ocupacionales o infecciosos². Fisiopatológicamente, presenta una fase aguda con inflamación, edema e infiltrados leucocitarios de macrófagos, seguida de una fase crónica con formación de granulomas no caseosos y fibrosis³.

La afección cardíaca de la sarcoidosis sistémica se denomina sarcoidosis cardíaca y puede estar presente hasta en el 30% de los pacientes con sarcoidosis sistémica². En la sarcoidosis cardíaca, los granulomas se distribuyen en forma parcheada en el septo interventricular, la pared libre ventricular, los músculos papilares, el nodo auriculoventricular, el haz de His y el pericardio^{1,3}. Sin embargo, solo el 5% se manifiestan clínicamente, en especial como insuficiencia cardíaca con fracción de eyección preservada, y en menor medida como insuficiencia mitral por afectación de los músculos papilares, arritmias ventriculares, muerte súbita, hipertensión pulmonar y derrame pericárdico⁴.

Dado que la presentación clínica de la sarcoidosis cardíaca es diversa e inespecífica, su diagnóstico suele ser un desafío. En este caso clínico, el diagnóstico se

realizó posterior al desarrollo de BAVC y el implante de un marcapasos, por lo que enfatizamos la necesidad de mantener una elevada sospecha diagnóstica en este tipo de pacientes, con el fin de descartar diversas miocardiopatías que podrían estar involucradas.

El electrocardiograma y el ecocardiograma transtorácico tienen una sensibilidad limitada, sin hallazgos patognomónicos, aunque pueden proporcionar información que eleve la sospecha de una miocardiopatía de base. En el electrocardiograma pueden evidenciarse diversos grados de bloqueo de la conducción atrioventricular, bloqueos de rama del haz de His o arritmias ventriculares, que no son específicas de la enfermedad⁴. El ecocardiograma transtorácico puede detectar un aumento de los espesores parietales, disfunción diastólica o sistólica del ventrículo izquierdo y trastornos de la motilidad sin distribución coronaria, y en etapas más avanzadas adelgazamiento de las paredes del ventrículo izquierdo (particularmente septal basal) y aneurismas^{4,5}.

La resonancia magnética cardíaca tiene un papel fundamental para el diagnóstico de sarcoidosis cardíaca, con elevadas sensibilidad (95%) y especificidad (85%). El hallazgo en más del 90% de casos es la presencia de áreas de realce tardío con gadolinio (fibrosis miocárdica) subepicárdico y de distribución parcheada con predominio septal en el ventrículo izquierdo o en la pared libre del ventrículo derecho⁶. En casos agudos o subagudos puede asociarse con edema e hipervascularización como signos de inflamación activa, lo cual puede corroborarse asimismo en estudios de actividad metabólica, como la PET-TC con fluorodesoxiglucosa (FDG). Estos hallazgos se asocian a un alto riesgo de arritmia ventricular independientemente de la FEVI y de la extensión del realce tardío con gadolinio⁵.

En la FDG-PET se pueden evidenciar áreas de captación del radiofármaco en los tejidos con elevada actividad metabólica, por lo que en casos de sarcoidosis sistémica con afección cardíaca es posible observar múltiples focos de captación miocárdica difusa y focos extracardiacos pasibles de biopsia^{4,6}. Asimismo, la presencia de focos de captación en estos casos demuestra una actividad inflamatoria aguda, lo cual puede ser útil para evaluar la respuesta a la inmunosupresión sistémica. Por tanto, la FDG-PET y la resonancia magnética cardíaca son útiles para evaluar la actividad de la enfermedad y monitorizar la respuesta al tratamiento, como se realizó en este caso⁵.

Si bien el diagnóstico definitivo de sarcoidosis cardíaca se establece mediante el examen histológico de tejido miocárdico, la biopsia endomiocárdica del ventrículo derecho es un método invasivo y poco sensible debido a la distribución parcheada de la infiltración que

afecta más frecuentemente al ventrículo izquierdo². Actualmente se recomienda la biopsia de pulmón o de ganglios linfáticos en los pacientes con sarcoidosis sistémica y posible afectación cardiaca, dado que presenta mayor rédito diagnóstico y menor riesgo asociado al procedimiento, como efectuamos en nuestro paciente⁶.

El tratamiento de la sarcoidosis cardiaca se basa en el abordaje de sus manifestaciones clínicas cardiovasculares y el tratamiento inmunosupresor en casos con importante actividad inflamatoria de la enfermedad³.

En los pacientes con sarcoidosis cardiaca activa, es decir, con presencia de inflamación en la FDG-PET, se recomienda administrar prednisona 0.5 mg/kg al día (dosis máxima 40 mg al día), con control con resonancia magnética cardiaca o FDG-PET a los 3 meses, y posteriormente un descenso escalonado según ocurra la resolución de la inflamación y de los síntomas^{3,4}. El paciente presentado respondió adecuadamente al tratamiento con corticosteroide, evidenciado por la mejoría clínica y la desaparición de la actividad metabólica en la PET-TC. Es importante aclarar que aún faltan estudios controlados aleatorizados para la evaluación sistemática de la eficacia, la dosis ideal y la duración del tratamiento con corticosteroides. En caso de persistir o de empeorar el grado de inflamación, se recomienda la combinación de corticosteroides con inmunosupresores como el metotrexato, y en casos refractarios, terapia dirigida contra el factor de necrosis tumoral (infiximab o rituximab)³.

El tratamiento médico de las complicaciones cardiovasculares es fundamental, aun cuando pueda ocurrir una mejoría clínica con el tratamiento inmunosupresor (reducción de las arritmias ventriculares y de los bloqueos atrioventriculares). Ante la presencia de BAVC está indicado el implante de marcapasos definitivo, y se recomienda un cardiodesfibrilador implantable en caso de arritmias ventriculares sostenidas espontáneas y ante la presencia de FEVI < 35% a pesar de la inmunosupresión óptima⁶.

El pronóstico de la sarcoidosis sistémica varía dependiendo de los órganos afectados. En cuanto al pronóstico en los pacientes con sarcoidosis cardiaca, las tasas de supervivencia oscilan entre el 60 y el 90% a 5 años, dependiendo de si presentan insuficiencia cardiaca (53 vs. 90%) o FEVI < 50% (59 vs. 89%), y de si reciben tratamiento con corticosteroides (75 vs. 10%)^{2,3}.

Conclusión

La sarcoidosis cardiaca es una enfermedad infrecuente que debe sospecharse siempre ante un paciente

joven con espesores ventriculares aumentados y arritmias ventriculares o trastornos graves de la conducción atrioventricular sin otra causa aparente. La evaluación con diversas técnicas de imagen es fundamental para arribar a un diagnóstico temprano, evaluar el grado de actividad inflamatoria y guiar el tratamiento en cada caso individual.

Financiamiento

La presente investigación no ha recibido ninguna beca específica de agencias de los sectores público, comercial o con ánimo de lucro.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Consideraciones éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad, consentimiento informado y aprobación ética. Los autores han seguido los protocolos de confidencialidad de su institución, han obtenido el consentimiento informado de los pacientes, y cuentan con la aprobación del Comité de Ética. Se han seguido las recomendaciones de las guías SAGER, según la naturaleza del estudio.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial. Los autores declaran que no utilizaron algún tipo de inteligencia artificial generativa para la redacción de este manuscrito.

Referencias

1. Jaimes CP, Arcos LC, Carrero NE, Gelves J, Sánchez L. Miocardiopatías infiltrativas. Aporte de la ecocardiografía. *Rev Colomb Cardiol.* 2019;26:70-7.
2. Arévalo-Guerrero E, Abad P, Sénior JM. Sarcoidosis cardiaca. Estado del arte. *IATREIA.* 2016;29:458-69.
3. Trivieri MG, Spagnolo P, Birnie D, Liu P, Drake W, Kovacic JC, et al. Challenges in cardiac and pulmonary sarcoidosis: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol.* 2020;76:1878-901.
4. Birnie DH, Nery PB, Ha AC, Beanlands RS. Cardiac Sarcoidosis. *J Am Coll Cardiol.* 2016;26(4):411-21.
5. Salame-Waxman D, Espinola-Zavaleta N, Carvajal-Juárez I, Alexander-Rosas E. Sarcoidosis cardíaca: epidemiología, diagnóstico y tratamiento. *Anales de Radiología México.* 2019;1:168-76.
6. Cheng RK, Kittleson MM, Beavers CJ, Birnie DH, Blankstein R, Bravo PE, et al. American Heart Association Heart Failure and Transplantation Committee of the Council on Clinical Cardiology, and Council on Cardiovascular and Stroke Nursing. Diagnosis and Management of Cardiac Sarcoidosis: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation.* 2024;21:e1197-e1216.

Mixosarcoma cardíaco: a propósito de un caso

Cardiac myxosarcoma: a case report

Antonio Cabodevila-Maldonado^{1*}, Alberto Aranda-Fraustro² y Celso Mendoza-González¹

¹Hospitalización Adultos, Piso VII; ²Departamento de Patología. Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, Ciudad de México, México

Reporte de caso

Mujer de 43 años, sin antecedentes relevantes. Un mes antes de su revisión apareció disnea que progresó hasta presentarse en reposo y llegar a la ortopnea, disnea paroxística nocturna y bendopnea, además de tener edema de miembros inferiores y lipotimia asociada a esfuerzo físico. Recibió tratamiento médico a base de furosemida 40 mg al día, con lo que consiguió

mejoría de la sintomatología, aunque poco después apareció dolor torácico en reposo, opresivo, intenso, prolongado, sin irradiación, acompañado de diaforesis y náuseas, por lo que acude a nuestro Instituto.

A su llegada contaba ya con un estudio de ecocardiografía que mostraba una masa móvil en la aurícula izquierda, que se confirmó en un nuevo ecocardiograma (Fig. 1A) y en una tomografía de tórax (Fig. 1B); este último

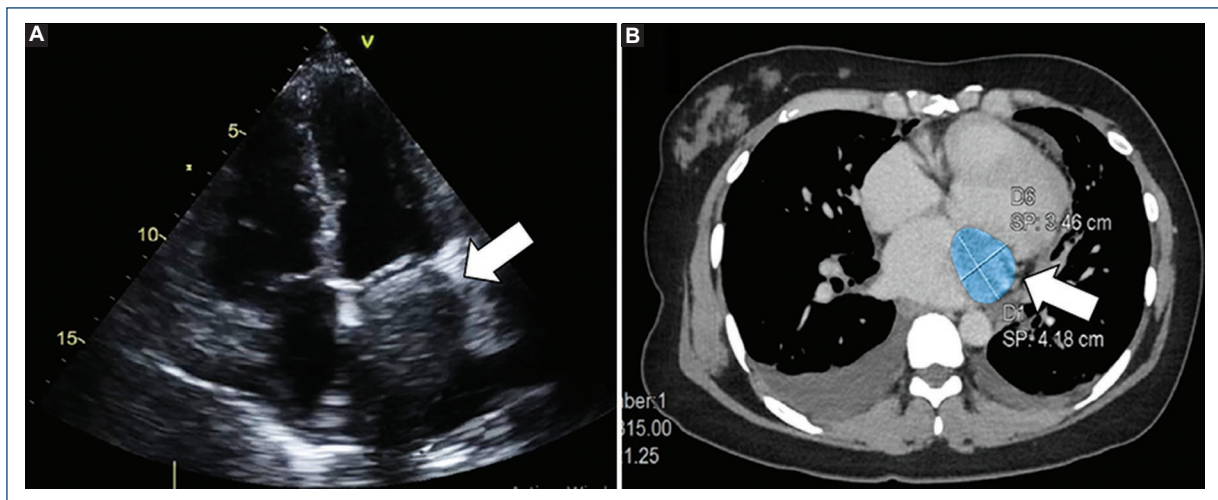


Figura 1. Estudios de imagen cardíaca. **A:** ecocardiograma transtorácico, vista de cuatro cámaras, que muestra una masa en la aurícula de aspecto sólido, irregular, de 37 × 29 mm (flecha), asociada a estenosis e insuficiencia de válvula mitral, ambas graves, y derrame pericárdico global. **B:** tomografía computarizada de tórax en fase venosa que muestra cardiomegalia global y una masa hipodensa (28 UH) de 4.3 × 3.8 × 3.3 cm en la aurícula izquierda (flecha), que pierde interfase con el miocardio adyacente e involucra a la válvula mitral y la porción basal del ventrículo izquierdo.

*Correspondencia:

Antonio Cabodevila-Maldonado
E-mail: antoniocabodevila@hotmail.com

Fecha de recepción: 23-09-2024
Fecha de aceptación: 02-03-2025
DOI: 10.24875/ACM.24000176

Disponible en internet: 29-04-2025
Arch Cardiol Mex. 2026;96(2):165-167
www.archivoscardiologia.com

1405-9940 / © 2025 Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. Publicado por Permanyer. Este es un artículo *open access* bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

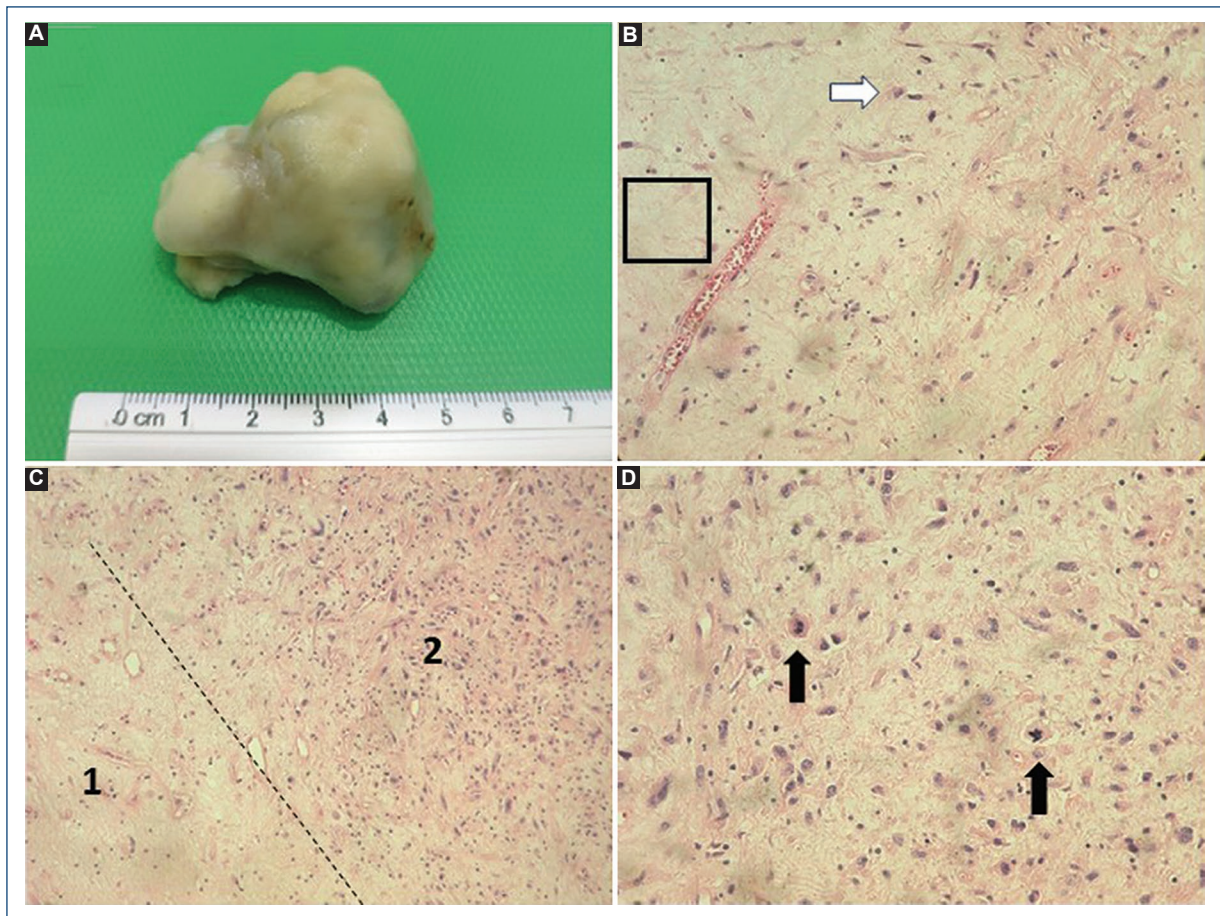


Figura 2. Anatomía patológica del tumor. **A:** tumor de aurícula izquierda multilobulado, irregularmente ovoide, que mide $5 \times 4 \times 4$ cm, de superficie lisa y color blanco amarillento con áreas de color rojo violáceo. **B:** fotomicrografía que muestra células fusiformes (flecha) en abundante matriz o estroma fibrilar con áreas claras o vacías que caracterizan a la matriz mixoide, como la contenida en el cuadro, histológicamente similar al mixoma (H-E 20 \times). **C:** fotomicrografía en donde las áreas mixoides vascularizadas (1) se transforman en zonas muy celulares (2) (H-E 20 \times). **D:** fotomicrografía de las áreas celulares del tumor, donde las células muestran pleomorfismo nuclear y son evidentes en este campo dos mitosis atípicas que indican malignidad (flechas) (H-E 40 \times).

estudio mostró que la masa involucraba la válvula mitral y la porción basal del ventrículo izquierdo.

Se realizó exéresis del tumor, obteniendo una masa infiltrativa de la cara posterior del atrio izquierdo, que se extendía hasta la desembocadura de las venas pulmonares inferiores y la valva posterior y el anillo mitral, que no permitieron el cambio de esta válvula.

El estudio de patología de la muestra extirpada la describió como mixosarcoma (Fig. 2). Después de una evolución favorable, fue derivada al servicio de oncología para continuar su tratamiento.

Discusión

La incidencia mundial de tumores cardiacos primarios clínicamente diagnosticados se sitúa en torno a

1,380 casos por cada 100 millones de personas¹. Entre estos, el 75% son tumores benignos², y de ellos, el mixoma representa alrededor del 50%^{3,4}. En contraste, el mixosarcoma se reporta en la literatura con una proporción de 0.8:100 respecto al mixoma⁵, lo que lo convierte en una neoplasia extremadamente rara y de ahí la importancia de su comunicación.

Estos tumores se ubican con más frecuencia en la aurícula izquierda y se caracterizan por acumulaciones de proteoglicanos extracelulares, al igual que el mixoma⁶, lo que dificulta la diferenciación entre ellos⁵. El criterio histológico más importante para identificar el mixosarcoma es la ausencia de las típicas cuerdas, anillos y estructuras capilares formadas por células de mixoma, y su característica distintiva es que hay focos

con células atípicas hiper Cromáticas⁶, lo que se observa en las microfotografías (Fig. 2C).

Las manifestaciones clínicas son inespecíficas y ello también dificulta el diagnóstico. Entre los hallazgos se incluyen derrame pericárdico con o sin repercusión hemodinámica, falla cardiaca congestiva, disnea, síncope y síntomas constitucionales. La afección de la válvula mitral no es frecuente y puede ser primaria o por extensión por contigüidad^{1,7}. Nuestra paciente cursó con datos de falla cardiaca congestiva.

Los estudios de imagen no invasivos desempeñan un papel crucial en la identificación de los tumores cardiacos y en su planeación quirúrgica. La ecocardiografía es el método más común y accesible para el diagnóstico inicial; permite evaluar el tamaño, la ubicación, la afectación valvular, el engrosamiento pericárdico y la función ventricular^{1,8}. La tomografía computarizada proporciona una imagen seccional de alta resolución del corazón y las estructuras circundantes. Finalmente, la resonancia magnética cardiaca permite la caracterización del tejido y la vascularización, e identificar tejido fibroso o necrótico dentro del tumor⁹.

La diferenciación entre mixosarcoma y mixoma requiere el estudio histológico de forma obligatoria⁹. En la inmunohistoquímica, el panel suele ser amplio, siendo usualmente positivo para vimentina y negativo para proteína S100⁸. En nuestro caso, el diagnóstico definitivo se realizó por el aspecto histológico que mostró una gran celularidad y mitosis atípicas (Fig. 2D).

Es posible una paliación efectiva con la resección quirúrgica de la masa, que puede complementarse con quimioterapia o radioterapia para mejorar la supervivencia⁸. El pronóstico del mixosarcoma cardiaco es verdaderamente pobre, con una supervivencia media de 10 meses después de la resección¹⁰.

Financiamiento

La presente investigación no ha recibido ninguna beca específica de agencias de los sectores públicos, comercial o con ánimo de lucro.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Consideraciones éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad, consentimiento informado y aprobación ética. Los autores han seguido los protocolos de su centro sanitario/institución para acceder a los datos de las historias clínicas. Se ha obtenido el consentimiento informado de los pacientes y se cuenta con la aprobación del Comité de Ética. Se han seguido las recomendaciones de las guías SAGER.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial. Los autores declaran que no se utilizó ningún tipo de inteligencia artificial generativa para la redacción ni la creación de contenido de este manuscrito.

Referencias

1. Tyebally S, Chen D, Bhattacharyya S, Mughrabi A, Hussain Z, Manisty C, et al. Cardiac tumors. *JACC CardioOncol.* 2020;2:293-311.
2. Reardon MJ, DeFelice CA, Sheinbaum R, Baldwin JC. Cardiac autotransplant for surgical treatment of a malignant neoplasm. *Ann Thorac Surg.* 1999;67:1793-5.
3. Habbertheuer A, Laufer G, Wiedemann D, Andreas M, Ehrlich M, Rath C, et al. Primary cardiac tumors on the verge of oblivion: a European experience over 15 years. *J Cardiothorac Surg.* 2015;10:56.
4. Bussani R, Castrichini M, Restivo L, Fabris E, Porcari A, Ferro F, et al. Cardiac tumors: diagnosis, prognosis, and treatment. *Curr Cardiol Rep.* 2020;22:169.
5. Awamleh P, Alberca MT, Gamallo C, Enrech S, Sarraj A. Left atrium myxosarcoma: an exceptional cardiac malignant primary tumor. *Clin Cardiol.* 2007;30:306-8.
6. Roh MS, Huh GY, Jeong JS, Lee GD, Hong SH. Left atrial myxosarcoma with systemic metastasis: a case report. *J Korean Med Sci.* 2001;16:111.
7. Takami Y, Masumoto H, Terasawa A, Kanai M, Sugiura H. Left atrial myxosarcoma with previously detected intestinal metastasis. *Tex Heart Inst J.* 2007;34:122-5.
8. Junze Z, Yuxi L, Jiande T, Xuezhe W, Yequan S. A cardiac malignant primary tumor: left atrium myxosarcoma — a case report. *J Clin Ultrasound.* 2022;50:1262-7.
9. Rai M, Aslam N, Geller C. A rare case of recurrent primary cardiac myxosarcoma. *Chest.* 2020;158:A102.
10. Basso C. Surgical pathology of primary cardiac and pericardial tumors. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1997;12:730-8.

La importancia de conocer la metodología en una investigación: carta al editor sobre el artículo de Godínez-Córdova et al.

The importance of understanding methodology in research: letter to the editor regarding the article by Godínez-Córdova et al.

Aymée Palomino-Villegas

Escuela Profesional de Medicina Humana, Universidad Privada San Juan Bautista, Ica, Perú

Sr. Editor:

Leí con interés el artículo de Godínez-Córdova et al.¹ titulado *Prevalencia e implicaciones pronósticas del fenómeno de no reflujo en pacientes sometidos a intervención coronaria percutánea primaria en un centro universitario de un país de ingresos medios*. Este estudio investiga el fenómeno de no reflujo tras una intervención coronaria percutánea, y muestra que la perfusión miocárdica sigue siendo insuficiente a pesar de una reperusión exitosa. El fenómeno de no reflujo es relevante, ya que se asocia con complicaciones que impactan en la mortalidad a corto plazo en infartos de miocardio². Sin embargo, el estudio tiene problemas metodológicos que debilitan las conclusiones.

En primer lugar, no posee una especificación clara del diseño de estudio empleado. Es esencial que los estudios observacionales sigan las directrices *Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology* (STROBE), las cuales dictan que estos requieren una clara mención del diseño del estudio en el resumen y en la sección de métodos³. Además, el procedimiento de recolección de datos también debe estar claramente descrito, ya que pueden proporcionar pistas sobre el diseño de estudio; no obstante, tampoco

lo describen⁴. Adicionalmente, el estudio tiene como objetivo primario «crear un modelo de regresión multivariante que prediga la aparición del fenómeno de no reflujo en pacientes con infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST (IAMCEST) en el Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez de 2006 a 2021», mientras que el objetivo especificado en el resumen es «analizar la prevalencia de no reflujo y la mortalidad a 30 días en un centro universitario de un país de ingresos medios». La discordancia entre las menciones de objetivos en distintas partes del proyecto crea aún mayor confusión respecto al diseño; en el resumen, el objetivo parece indicar un diseño de cohorte, mientras que el objetivo indicado en la sección de metodología muestra que podría tratarse de un estudio de casos y controles o transversal analítico.

En segundo lugar, el estudio abarca un amplio periodo: desde enero de 2006 hasta diciembre de 2021. Un tiempo tan largo puede introducir variaciones entre los grupos de participantes comparados. Por lo tanto, hubiera sido útil que se detallaran las estrategias adoptadas para mitigar estos sesgos⁵. En esta misma línea, no se especifican los criterios de elegibilidad de los participantes. Si el estudio hubiese tenido

Correspondencia:

Aymée Palomino-Villegas
E-mail: palominoaymee@gmail.com

Fecha de recepción: 14-11-2024
Fecha de aceptación: 17-12-2024
DOI: 10.24875/ACM.24000219

Disponible en internet: 19-02-2025
Arch Cardiol Mex. 2026;96(2):168-169
www.archivoscardiologia.com

1405-9940 / © 2024 Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. Publicado por Permanyer. Este es un artículo *open access* bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

un diseño de casos y controles, los criterios de elegibilidad para los casos serían los siguientes: pacientes que, después de la intervención coronaria percutánea primaria, presentaran flujo TIMI 0-1 sin obstrucción residual significativa (> 25%) en ausencia de otras causas como disección; y para los controles serían estos: pacientes que, después de la intervención coronaria percutánea primaria, presentaran flujo TIMI 3. En cambio, en un estudio de cohortes, para los casos habrían sido: pacientes con el fenómeno de no reflujo; y para los controles: pacientes sin el fenómeno de no reflujo. Aunque se mencionan criterios de inclusión y exclusión, no se aclara a qué grupos corresponden.

Finalmente, en el intento de crear un modelo de regresión multivariante para la predicción del fenómeno de no reflujo en pacientes con IAMCEST, los autores muestran una diferencia notable en el número de participantes por grupo: 413 pacientes con TIMI ≤ 2 y 2050 con TIMI 3; esto resulta en una proporción de 4.9 pacientes de estudio por cada uno del grupo de comparación. Aunque aumentar el número de controles mejoraría la eficiencia estadística, este beneficio se reduce al superar cuatro controles por caso⁶. Los autores muestran que entre los grupos con TIMI < 2 y TIMI 3 existen diferencias significativas, como flujo TIMI inicial, TIMI perfusión miocárdica (TMP) inicial y mortalidad a los 30 días; no obstante, estas diferencias podrían deberse solo a las diferencias en el tamaño de muestra.

Financiamiento

La presente investigación no ha recibido ninguna beca específica de agencias de los sectores públicos, comercial o con ánimo de lucro.

Conflicto de intereses

La autora declara no tener conflicto de intereses.

Consideraciones éticas

Protección de personas y animales. La autora declara que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad, consentimiento informado y aprobación ética. El estudio no involucra datos personales, historias clínicas ni muestras biológicas humanas, por lo que no requiere aprobación ética. No se aplican las guías SAGER.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial. La autora declara que no se utilizó algún tipo de inteligencia artificial generativa para la redacción ni la creación de contenido de este manuscrito.

Referencias

1. Godínez-Córdova LB, González-Pacheco H, Eid-Lidt G, Manzur-Sandoval D, Gopar-Nieto R, Sierra-Lara-Martínez D, et al. Prevalencia e implicaciones pronósticas del fenómeno de no reflujo en pacientes sometidos a intervencionismo coronario percutáneo primario en un centro universitario de un país de ingresos medios. *ACM*. 2024;94:13446.
2. Ruiz-Avalos JA, Bazán-Rodríguez L, Espinoza-Escobar G, Martínez-Villa FA, Ornelas-Aguirre JM. Predictores del fenómeno de no reflujo en infarto agudo del miocardio con elevación del segmento ST. *ACM*. 2022;92:8089.
3. Vandembroucke JP, Von Elm E, Altman DG, Gøtzsche PC, Mulrow CD, Pocock SJ, et al. Mejorar la comunicación de estudios observacionales en epidemiología (STROBE): explicación y elaboración. *Gac Sanit*. 2009;23:158.
4. Song JW, Chung KC. Observational studies: cohort and case-control studies. *Plast Reconstr Surg*. 2010;126:2234-42.
5. Lazcano-Ponce E, Salazar-Martínez E, Hernández-Ávila M. Estudios epidemiológicos de casos y controles. Fundamento teórico, variantes y aplicaciones. *Salud Publica Mex*. 2001;43:135-50.
6. Soto A, Cvetkovich A. Estudios de casos y controles. *Rev Fac Med Tararear*. 2020;20:138-43.

Applications of heart rate variability in pediatric physical training: a complement to the clinical approach

Aplicaciones de la variabilidad de la frecuencia cardíaca en el entrenamiento físico infantil: un complemento al enfoque clínico

Héctor Fuentes-Barría^{1*}, Raúl Aguilera-Eguía², Miguel Alarcón-Rivera^{3,4}, and Eduardo Guzmán-Muñoz⁵

¹Vice-Rectorate for Research and Innovation, Universidad Arturo Prat, Iquique; ²Faculty of Medicine, Department of Public Health, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción; ³Faculty of Health, School of Sport Science and Physical Activity, Universidad Santo Tomás, Talca; ⁴Faculty of Medicine, Universidad Católica del Maule, Talca; ⁵Faculty of Health, School of Kinesiology, Universidad Santo Tomás, Talca, Chile

Dear Editor,

We have read with interest the article titled “Heart Rate Variability in Pediatrics: Methodological Aspects and Clinical Applications” published in *Archivos de Cardiología de México*¹. This study presents a narrative review with the aim of analyzing the essential elements of the measurement, analysis, and application of heart rate variability (HRV) in the pediatric population, with an emphasis on the algorithms and methods most used in the clinical context.

Given the innovative approach of the article, we believe that its principles can also be extended to the field of physical training, specifically in the determination of exercise thresholds. HRV has proven to be a valuable tool as a non-invasive indicator for assessing autonomic nervous system modulation, a key factor in physical exercise adaptation. This approach, by monitoring HRV in its temporal, spectral, and non-linear domains, offers significant advantages, such as its non-invasive nature, its ability to perform continuous measurements, and its sensitivity to detect changes in the autonomic response during progressive exercise. Its practical utility lies in adjusting workloads based on the cardiovagal dynamics proposed by Carrasco-Poyatos et al.².

In this context, analyzing HRV metrics related to the aerobic and anaerobic thresholds from the triphasic model of increasing load allows for the identification of key ranges to discern transitions between these two physiological thresholds. During the aerobic threshold, a gradual decrease is observed in temporal metrics such as root mean square of the successive differences (RMSSD) and standard deviation of normal to normal (SDNN), which fall below 30 ms and 50 ms, respectively, indicating parasympathetic activation. In the spectral domain, low frequency (LF) shows a gradual increase while high frequency (HF) decreases, with an LF/HF ratio > 2, reflecting greater sympathetic nervous system involvement in the adaptation process to the effort³⁻⁵. In the non-linear domain, detrended fluctuation analysis (DFA- α 1) decreases to values below 1.0, suggesting a reduction in the coherence and regularity of heart rate oscillations. At the same time, ApEn and SampEn increase above 0.8, indicating greater complexity in HRV, reflecting a transition toward an equilibrium between parasympathetic and sympathetic modulation as exercise intensity continues to increase^{6,7}.

When the anaerobic threshold is reached, a significant decrease is observed in temporal metrics such as

***Correspondence:**

Héctor Fuentes-Barría

E-mail: hectorfuentesbarria@gmail.com

1405-9940 / © 2025 Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. Published by Permalyer. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Date of reception: 23-12-2024

Date of acceptance: 28-01-2025

DOI: 10.24875/ACM.24000259

Available online: 05-03-2025

Arch Cardiol Mex. 2026;96(2):170-171

www.archivoscardiologia.com

RMSSD and SDNN, which fall below 20 ms and 30 ms, respectively, indicating a clear dominance of the sympathetic nervous system. In the spectral domain, LF increases significantly, exceeding 1000 ms², and the LF/HF ratio increases above 4, while HF decreases considerably, reflecting intense sympathetic activation and strong inhibition of vagal modulation³⁻⁵. In the non-linear domain, DFA- α 1 drops below 0.75, indicating greater irregularity and lower coherence in heart rate fluctuations. Both ApEn and SampEn decrease below 0.6, reflecting lower complexity in HRV, marking a transition to a phase of metabolic instability, as described in the triphasic model of increasing intensity^{6,7}.

In summary, it is observed that at the aerobic threshold (first inflection point), parasympathetic effects predominate, while at the anaerobic threshold (second inflection point), sympathetic activation intensifies, and there is a drop in the complexity of HRV, reflecting the phase of metabolic instability and a higher physiological demand.

Funding

This research has not received any specific grant from agencies in the public, commercial, or for-profit sectors.

Conflicts of interest

The authors declare no conflicts of interest.

Ethical considerations

Protection of humans and animals. The authors declare that no experiments involving humans or animals were conducted for this research.

Confidentiality, informed consent, and ethical approval. This study does not involve personal patient data, medical records, or biological samples, and does not require ethical approval. SAGER guidelines do not apply.

Declaration on the use of artificial intelligence. The authors declare that artificial intelligence was used in the writing of this manuscript, specifically with the use of ChatGPT for grammar correction.

References

- Rodríguez-Núñez I, Rodríguez-Romero N, Álvarez A, Zambrano L, Luciano da Veiga G, et al. Heart rate variability in children: methodological issues and clinical applications. *Arch Cardiol Mex.* 2022;92:242-52.
- Carrasco-Poyatos M, González-Quílez A, Martínez-González-Moro I, Granero-Gallegos A. HRV-guided training for professional endurance athletes: a protocol for a cluster-randomized controlled trial. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17:5465.
- Pichot V, Roche F, Denis C, Garet M, Duverney D, Costes F, et al. Interval training in elderly men increases both heart rate variability and baroreflex activity. *Clin Auton Res.* 2005;15:107-15.
- Candido N, Okuno NM, Da Silva CC, Machado FA, Nakamura FY. Reliability of the heart rate variability threshold using visual inspection and dmax methods. *Int J Sports Med.* 2015;36:1076-80.
- Shaffer F, Ginsberg JP. An overview of heart rate variability metrics and norms. *Front Public Health.* 2017;5:258.
- Schaffarczyk M, Rogers B, Reer R, Gronwald T. Validation of a non-linear index of heart rate variability to determine aerobic and anaerobic thresholds during incremental cycling exercise in women. *Eur J Appl Physiol.* 2023;123:299-309.
- Sempere-Ruiz N, Sarabia JM, Baladzaeva S, Moya-Ramón M. Reliability and validity of a non-linear index of heart rate variability to determine intensity thresholds. *Front Physiol.* 2024;15:1329360.

Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation in septic cardiomyopathy: a case report

Oxigenación por membrana extracorpórea en miocardiopatía séptica: un reporte de caso

Leoncio Morel-Díaz¹, Aura A. López-García², Emmanuel A. Lazcano-Díaz³,
and Eduardo A. González-Escudero^{2*}

¹Faculty of Medicine, Universidad Nacional Autónoma de México; ²Intensive Care Unit, Hospital Ángeles Universidad; ³Cardiovascular Intensive Care, Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. Mexico City, Mexico

Background

Refractory septic shock is defined as a condition characterized by hypotension with organ dysfunction requiring support with high doses of vasopressors (> 0.5 µg/kg/min of norepinephrine or its equivalent) and is associated with a high mortality rate > 50%¹.

One of the complications that patients with refractory septic shock may experience is septic cardiomyopathy (SCD), which has a heterogeneous prevalence due to a lack of standardization in the operational definition, ranging from 10 to 70% in patients with sepsis. SCD is defined as an acute heart failure syndrome associated with sepsis unrelated to coronary ischemia and is accompanied by one or more of the following: Left ventricular dilatation with low or normal filling pressure, decreased ventricular contractility, and/or ventricular dysfunction unresponsive to fluid infusion². Patients with SCD have a 2-3-fold increased mortality compared to those with septic shock alone³.

Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation (VA-ECMO) therapy is a form of circulatory support used as a bridge to recovery, decision-making, or

transplantation. However, the indications for initiation of therapy in patients with SCD are controversial⁴ because its use has been shown to increase mortality compared to venous-venous ECMO in patients with sepsis^{5,6}.

Case report

A 41-year-old female was admitted for a planned surgery to treat her severe endometriosis, which had not responded to medical treatment. The surgery involved laparoscopic removal of an endometriotic nodule and a discoid section of the sigmoid colon. After 2 days, she reported symptoms of systemic inflammatory response syndrome (SIRS) due to abdominal sepsis resulting from the failure of primary closure in the sigmoid colon. An emergency laparotomy was performed to address the issue.

She was then admitted to the intensive care unit and was diagnosed with abdominal refractory septic shock, requiring support with norepinephrine (1.35 µg/kg/min), vasopressin (0.06 U/h), and hydrocortisone (50 mg). A transthoracic echocardiogram showed severe biventricular failure LVEF of 19% (Fig. 1) along with troponin

*Correspondence:

Eduardo A. González-Escudero

E-mail: dreduardogonzalezescudero@gmail.com

1405-9940 / © 2025 Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. Published by Permanyer. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Date of reception: 04-09-2024

Date of acceptance: 10-03-2025

DOI: 10.24875/ACM.24000165

Available online: 27-05-2026

Arch Cardiol Mex. 2026;96(2):172-175

www.archivoscardiologia.com

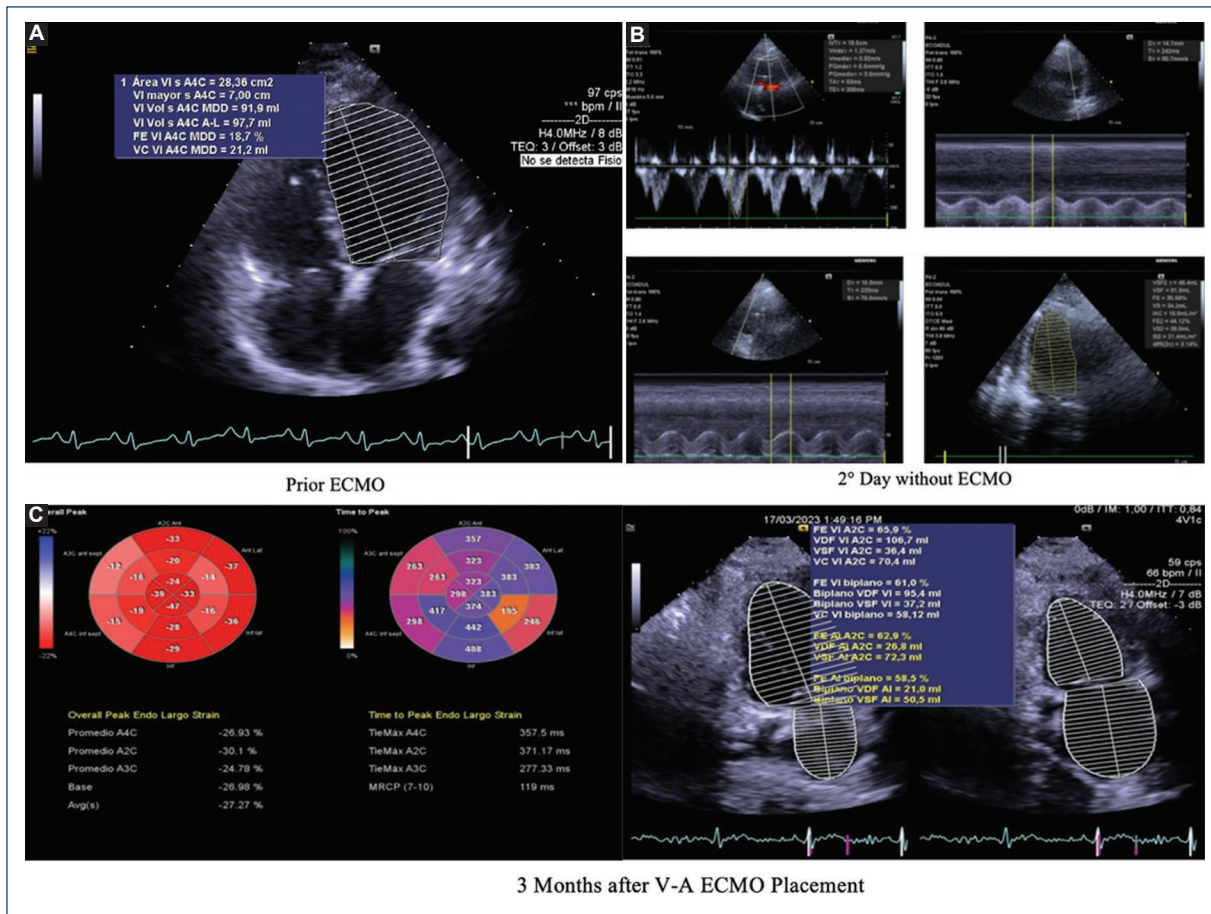


Figure 1. A transthoracic echocardiogram was performed before and after V-A ECMO. **A:** day before ECMO placement. Transthoracic echocardiogram hours before starting VA-ECMO therapy shows LVEF by Simpson’s method at 22%. **B:** 2° day without ECMO. Transthoracic echocardiogram 2 days after retiring VA-ECMO shows LVEF improved at 42% by Simpson’s method. **C:** 3 months after V-A ECMO placement with LVEF. V-A ECMO: venoarterial extracorporeal membrane oxygenation; LVEF: left ventricular ejection fraction.

I HS 25.0 ng/mL, troponin T 1451 ng/mL, and BNP 23456 pg/mL, leading to a diagnosis of mixed shock and treatment with dobutamine (5 µg/kg/min) and levosimendan (0.05 µg/kg/min).

As the patient’s condition worsened (Fig. 2), a second echocardiogram showed evidence of cardiac failure LVEF of 18.7% (Fig. 1). The patient was diagnosed with INTERMACS 1 cardiogenic shock and SCAI E, so VA-ECMO was started with Femoro-Femoral V-A cannulation (Venous 25 FR, Arterial 19 FR) with a distal perfusion catheter and an initial flow of 3.0 L/min at 2500 RPM. The treatment lasted for 3 days and resulted in improved cardiac function and a decrease in the need for vasopressors. Follow-up echocardiograms demonstrated significant recovery of the left ventricular ejection fraction (LVEF), which improved to 42% after 3 days (Fig. 1) and reached 65% after 3 weeks. In

addition, there was a reduction in biomarkers with troponin I 0.133 ng/mL and troponin T 330.5 ng/mL. During her hospitalization, the patient had necrotizing fasciitis, requiring surgical intervention. At present, she enjoys a good quality of life, with the ability to perform instrumental activities of daily living and maintain functional independence.

Discussion

Septic cardiomyopathy (SCD) is a complication of septic shock with an unclear pathophysiology. It is believed that micro- and macro-circulatory alterations affecting the myocardium, along with the production and action of pleiotropic inflammatory molecules, are involved. Some authors suggest that SCD represents a state of protective “hibernation”³.

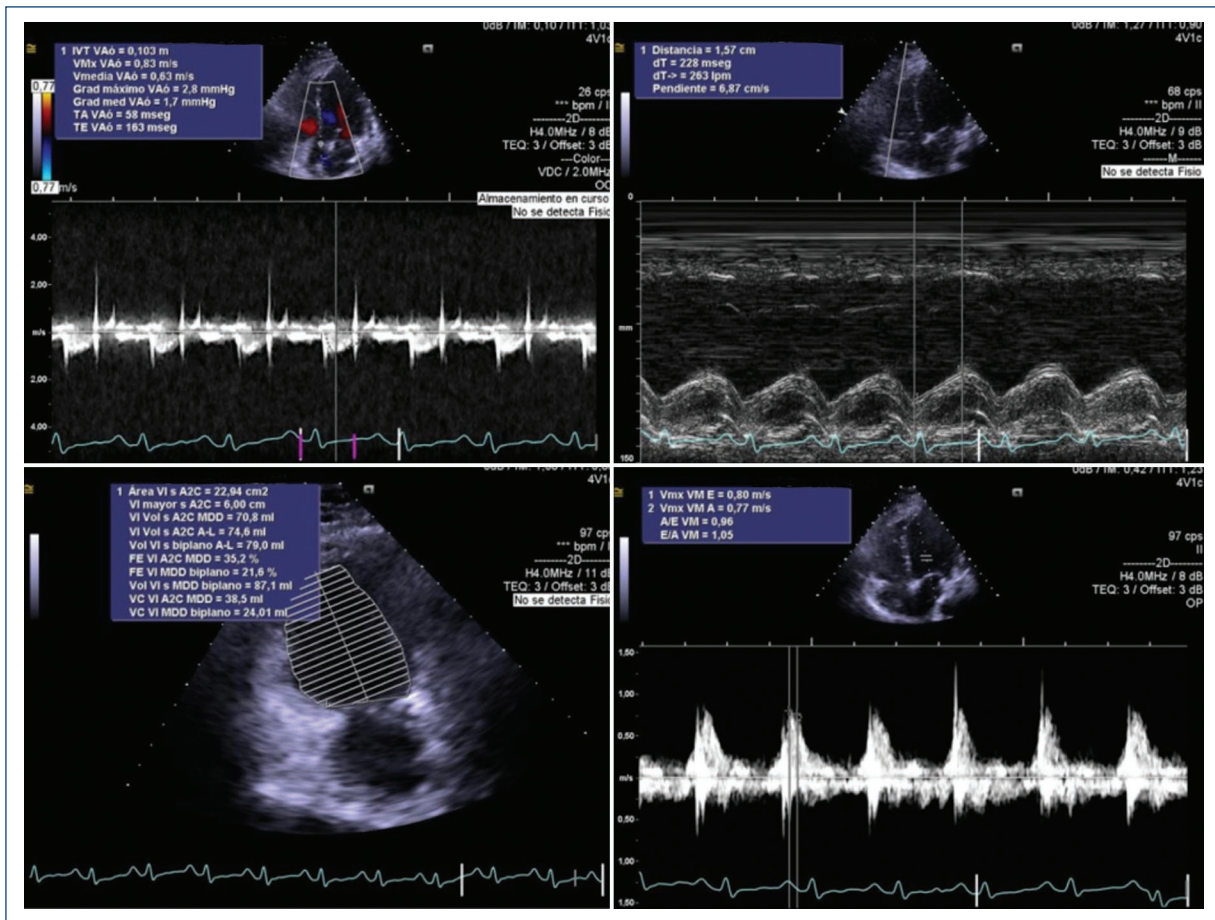


Figure 2. Transthoracic echocardiogram. Four days after surgery. Systolic dysfunction with severe myocardial damage, with non-dilated, non-hypertrophic left ventricle, generalized hypokinesia, with calculated LVEF by Simpson's method at 22%, 3D LVEF at 27% with a global longitudinal strain of -9% . These findings are consistent with stress cardiomyopathy (likely systolic dysfunction induced by sepsis). Diastolic dysfunction without an increase in filling pressures. LVEF: left ventricular ejection fraction.

Established risk factors for SCD include mechanical ventilation (odds ratio [OR]: 1.22, 95% confidence interval [95% CI]: 1.01-1.36) and the use of vasopressors such as norepinephrine (OR: 1.42, 95% CI: 1.23-1.65), vasopressin (OR: 1.39, 95% CI: 1.17-1.65), epinephrine (OR: 2.59, 95% CI: 1.81-3.70), and dopamine (OR: 1.88, 95% CI: 1.54-2.30)^{7,8}. In the case at hand, the patient received 72 h of invasive mechanical ventilation and a dose of norepinephrine equivalent to $1.45 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$, as calculated using the norepinephrine equivalence.

The use of VA-ECMO in cases of reversible cardiogenic shock, such as SCD, is controversial⁵, nevertheless, there have been cases with positive outcomes^{9,10}. In this case, the patient had a SAVE Score of -7 (30% probability of survival) before VA-ECMO initiation.

However, a recent study showed that VA-ECMO in patients with severe myocardial dysfunction (LVEF $< 20\%$) within the first 4 days of septic shock was associated with lower mortality compared to patients without VA-ECMO therapy⁴. At present, no standardized scale exists for assessing survival in this patient population.

After VA-ECMO therapy, the patient fully recovered cardiac function with a good prognosis for life and function. This was confirmed by the echocardiogram performed at 3 months, which showed an LVEF of 65% and global longitudinal strain -27 (Fig. 2).

Conclusion

The treatment of refractory septic shock is complex and requires a personalized approach. Further research

is needed to determine the efficacy of VA-ECMO therapy in this patient population.

Funding

This research has not received any specific grant from agencies in the public, commercial, or for-profit sectors.

Conflicts of interest

The authors declare no conflicts of interest.

Ethical considerations

Protection of humans and animals. The authors declare that no experiments involving humans or animals were conducted for this research.

Confidentiality, informed consent, and ethical approval. The authors have followed their institution's confidentiality protocols, obtained informed consent from all patients, and secured approval from the Ethics Committee. SAGER guidelines have been followed as applicable to the nature of the study.

Declaration on the use of artificial intelligence. The authors declare that no generative artificial

intelligence was used in the writing or creation of the content of this manuscript.

References

1. Jentzer JC, Vallabhajosyula S, Khanna AK, Chawla LS, Busse LW, Kashani KB. Management of refractory vasodilatory shock. *Chest* 2018;154:416-26.
2. Nandhabalan P, Ioannou N, Meadows C, Wyncoll D. Refractory septic shock: Our pragmatic approach. *Crit Care* 2018;22:215.
3. Martin L, Derwall M, Al Zoubi S, Zechendorf E, Reuter DA, Thiemermann C, et al. The septic heart: Current understanding of molecular mechanisms and clinical implications. *Chest* 2019;155:427-37.
4. Ehrman RR, Sullivan AN, Favot MJ, Sherwin RL, Reynolds CA, Abidov A, et al. Pathophysiology, echocardiographic evaluation, biomarker findings, and prognostic implications of septic cardiomyopathy: A review of the literature. *Crit Care* 2018;22:112.
5. Guglin M, Zucker MJ, Bazan VM, Bozkurt B, Banayosy AE, Estep JD, et al. Venoarterial ECMO for adults: JACC scientific expert panel. *J Am Coll Cardiol* 2019;73:698-716.
6. Ling RR, Ramanathan K, Poon WH, Tan CS, Brechot N, Brodie D, et al. Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation as mechanical circulatory support in adult septic shock: A systematic review and meta-analysis with individual participant data meta-regression analysis. *Crit Care* 2021;25:246.
7. Kotani Y, Di Giola A, Landoni G, Belletti A, Khanna AK. An updated "norepinephrine equivalent" score in intensive care as a marker of shock severity. *Critical Care* 2023;27:29.
8. Liang YW, Zhu YF, Zhang R, Zhang M, Ye XL, Wei JR. Incidence, prognosis, and risk factors of sepsis-induced cardiomyopathy. *World J Clin Cases* 2021;9:9452-68.
9. Nagai A, Adachi T, Nishizawa Y, Kuroiwa M, Arai M. Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation for septic cardiomyopathy caused by *Pasteurella multocida* infection: A case report. *J Anesth* 2022;36:428-31.
10. Porizka M, Rulisek J, Flaksa M, Otahal M, Lips M, Belohlavek J, et al. Dual veno-arterial extra-corporeal membrane oxygenation support in a patient with refractory hyperdynamic septic shock: A case report. *Perfusion* 2022;37:306-10.