



Editorial de la Sociedad
Mexicana de Anatomía A.C.

Re vis ta

Panamericana
de Morfología

Vol 2. Número 7 | 2024

Mesa Directiva 2023-24 · Año académico Dr. Miguel Ángel Herrera Enríquez

Editorial Archivos Mexicanos de Anatomía desde 1960

CONSEJO EDITORIAL

Editor Honorario: Sebastián Manuel Arteaga Martínez

Editor en jefe: Roberto Carlos Lazzarini Lechuga

Asistente editorial: Brenda Romero Flores

Coeditores: Eduardo Agustín Godínez
Francisco Raúl Barroso Villafuerte
María Isabel García Peláez
Diego Pineda Martínez
René Rodríguez Vega

Diseñadora: Josie Rebeca Alfaro González

Comité Editorial

Adolfo Soto Domínguez (Mex)
Alfonso Francisco Ponce Reyes (Mex)
Andrés Castell Rodríguez (Mex)
Antonio Soto Paulino (Mex)
Ariel Farit Gutiérrez Alexander (Mex)
Armando Pérez Torres (Mex)
Blas Antonio Medina Ruiz (Par)
César Aguilar Torres (Mex)
Diana Marcela Osorio Roa (Col)
Dora Virginia Chávez Corral (Mex)
Germán Isauro Garrido Fariña (Mex)
Guillermo Adrián Rivera Cardona (Col)
Héctor Orlando Guzmán Duchén (Bol)
Ismael Herrera Vázquez (Mex)
Jaime Jesús Martínez Anda (Mex)
Jessica González Fernández (CR)
Jorge Moscol Gonzáles (Per)
José Darío Rojas Oviedo (Col)
José Guadalupe de Jesús Arriaga García (Mex)
José Ramón Sañudo Tejero (Esp)

José Rogelio Lozano Sánchez (Mex)
Lorena González Vadillo (Mex)
Lorena Valencia Caballero (Mex)
Luis Enrique Gómez Quiroz (Mex)
Ma. Elena Samar Romani (Arg)
Manuel A. Ángeles Castellanos (Mex)
Marco Aurelio Guerrero Figueroa (Ecu)
Mariano del Sol Calderón (Chi)
Mario Murguía Pérez (Mex)
Miguel Ángel Herrera Enríquez (Mex)
Nicolás Ernesto Ottone (Chi)
Norberto López Serna (Mex)
Olivia Espinosa Vázquez (Mex)
Ricardo Jorge Losardo (Arg)
Richard Halti Cabral (Bra)
Rodolfo Esteban Ávila Uliarte (Arg)
Rodrigo Elizondo Omaña (Mex)
Rubén Daniel Algieri (Arg)
Rubén García Garza (Mex)
Yolanda Salinas Álvarez (Mex)



Presidente Honorario:	Manuel Granados y Navarrete
Secretario Patrimonial:	Andrés Eliú Castell Rodríguez
Presidente:	Francisco Raúl Barroso Villafuerte
Vicepresidente:	René Rodríguez Vega
Secretario:	Eduardo Agustín Godínez
Tesorero:	Antonio Soto Paulino
Primer Vocal:	Rubén García Garza
Segundo Vocal:	Rodrigo Elizondo Omaña
Vocales de Anatomía:	José G.J. Arriaga García Ma. Carmen Rojas García
Vocales de Embriología:	Norberto López Serna Dora Virginia Chávez Corral
Vocales de Histología:	Angela Ku González Adolfo Soto Domínguez
Vocales de Neuroanatomía:	Alberto Manuel Ángeles Castellanos Daniel Álvarez Sandoval
Vocal de Técnicas de Preservación:	Diego Pineda Martínez
Vocal de Microscopía y Procesamiento de Imágenes:	Armando Pérez Torres
Vocal de Anatomía Quirúrgica:	Jorge Alfredo Gerardo García Tay
Vocal de Investigación en Ciencias Morfológicas:	Yolanda Salinas Álvarez
Vocal por Educación Médica:	Olivia Espinosa Vázquez
Vocal por Actualización Docente y Planeación Curricular:	William Humberto Ortiz Briceño
Vocal por Integración de las Ciencias Morfológicas y Simulación Médica:	Alejandro González
Vocal por Historia y Filosofía de la Anatomía:	Ismael Herrera Vázquez
Vocal por Antropología:	Lorena Valencia Caballero
Vocales Regional Norte:	Rodrigo Elizondo Omaña César Aguilar Torres
Vocales Regional Centro:	Carlos Andrés García Y Moreno José Luis Vázquez Parraguirre
Vocales Regional Sur:	Roberto Tamayo Jiménez José Manuel Rementería
Vocales Regionales Occidente:	Norma Angélica Andrade Torrecillas Guillermina Muñoz Ríos
Vocal de Diseño, Imagen y Divulgación:	Josie Rebeca Alfaro González
Vocal Estudiante:	Allan Vidal González
Comité del Concurso Nacional Estudiantil de Morfología:	Miguel Ángel Herrera Enríquez Sandra Acevedo Nava

Tabla de contenidos

Vida y obra de la Dra. Luz María del Castillo Reynoso	5
---	---

Dr. Julio Cesar Viñas Dozal

Aneurisma venoso primario de la rama lateral de la vena mediana antebraquial ..	7
---	---

Juan Agustín Cabrera Frola, Juan Enrique Kenny Pujadas, Gustavo Jorge Armand Ugón Bigi

Eficacia del albendazol en el tratamiento de parasitismo intestinal en Nayarit, México	13
--	----

Adolfo Soto Domínguez, Rubén García Garza, Jorge R. Figueroa Morales, J. Ascención Montalvo González, J. Antonio Bernal Pérez, Alfonso Castañeda Martínez, y Eduardo M. Becerra Verdín

Evolución del corazón en vertebrados IV. Aves	22
---	----

Lorena González Vadillo, Brenda Romero Flores y Roberto Lazzarini Lechuga

Estructura y función de la proteína de unión comunicante conexina 43 en el corazón	31
--	----

Brenda Romero Flores, Lorena González Vadillo, Roberto Lazzarini Lechuga

Vida y obra de la Dra. Luz María del Castillo Reynoso

Autor: Dr. Julio Cesar Viñas Dozal
Director de la Facultad de Medicina región Veracruz
Universidad Veracruzana

Tengo el honor de presentar la semblanza de la Dra. Luz María del Castillo Reynoso, médico especialista en cirugía plástica y reconstructiva, y académica de tiempo completo de la Facultad de Medicina región Veracruz de la Universidad Veracruzana. En reconocimiento a su trayectoria profesional y académica, el XXX Congreso Nacional de Anatomía llevó su nombre.

La Dra. Luz María del Castillo Reynoso, ha dejado una huella imborrable en el ámbito de la salud y la educación en nuestro país. Hija de Don José Carlos del Castillo Hernández y de Doña Carolina Reynoso Díaz, nació un 24 de mayo de 1944 en Pachuca, Hidalgo. Pasó su infancia recorriendo gran parte del país debido a la profesión itinerante de su padre (Ingeniero agrónomo). Radicó en la Ciudad de México (CDMX), en el norte del país, Tampico, Cuernavaca y, finalmente, llegó a Martínez de la Torre, donde terminó su educación primaria y secundaria. Posteriormente se trasladó a la Ciudad de Veracruz, donde estudió el bachillerato y la carrera de Médico Cirujano. Pertenece a la 13^a generación de egresados de la Facultad de Medicina de Veracruz, de 1964 a 1971. Realizó un año de servicio rotatorio en el Hospital de Hacienda en 1972 e inició la especialidad de Cirugía Plástica y Reconstructiva de 1973 a 1976 en el Hospital 20 de noviembre del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE) de la CDMX.



Ha trabajado en el Hospital Regional de Veracruz de la Secretaría de Salud (SSA), con más de 33 años de antigüedad, siendo jefa del servicio de cirugía plástica y reconstructiva, jefa de la unidad de quemados y profesora titular de la residencia de cirugía reconstructiva. Es ahí donde participa de manera activa en diversas campañas de cirugía de labio y paladar hendido, realizó más de 350 procedimientos de manera exitosa.

En el Hospital de Especialidades No.14 del Centro Médico Nacional Veracruz, del Instituto Mexicano Del Seguro Social (IMSS), laboró de 1981 al 2006. Durante su trayectoria en el IMSS, la Dra. del Castillo Reynoso se destacó por su dedicación y compromiso, realizó procedimientos que transformaron la vida de innumerables pacientes. Su enfoque en la atención integral y la calidad en el servicio la convirtieron en una referente en su especialidad. En este Hospital fue jefa del servicio de cirugía reconstructiva y de la unidad de quemados, y durante sus funciones en 1997 si atendió el primer caso de paciente quemado tratado con piel cultivada.

Sobre su actividad docente en 1977, ingresó a la Facultad de Medicina región Veracruz. Desde hace 47 años, ha sido una incansable académica, siendo docente de la Experiencia Educativa de Anatomía, así como titular del anfiteatro y de la Academia de Morfológicas. Su pasión por la enseñanza y su profundo conocimiento han inspirado a cientos de estudiantes, quienes han tenido el privilegio de aprender de sus experiencias y dedicación.

En 2015, culmina su libro titulado *Anatomía y Disección Del Castillo*, obra científica enriquecida con gran material fotográfico del cuerpo humano, indispensable para el proceso de enseñanza aprendizaje de la anatomía en los futuros profesionales de la salud. Por otra parte, la Dra. Del Castillo Reynoso, pertenece a la Sociedad Mexicana de Cirugía Plástica y Reconstructiva, y también se encuentra Certificada por el Consejo Mexicano de su especialidad.

Es así, que, gracias a su trayectoria en Medicina, ha realizado sus actividades asistenciales tanto en instituciones públicas como en el medio privado, siempre teniendo el reconocimiento de sus pacientes por su profesionalismo y el humanismo que impone a su atención médica.

Recientemente la Dra. Del Castillo Reynoso, realizó estudios de Licenciatura en Derecho del 2019 al 2021 en la Universidad Jean Piaget, obtuvo el primer lugar de promedio. También ha cursado Diplomados en Derechos Humanos y actualmente está por culminar la especialidad de Criminalística y Trastornos de la Conducta.

Toda esta actividad profesional, la ha sabido compaginar con su familia: su hijo Celso Erick Garrido del Castillo, sus 3 nietas y 2 bisnietas.

Su labor ha sido reconocida en diferentes escenarios, como ejemplo en esta ocasión, en el seno del XXX Congreso Nacional de Anatomía, por su compromiso con la educación médica de calidad en beneficio de los pacientes y de los futuros profesionales de la salud.

Hoy, al mirar su trayectoria, podemos afirmar que la Dra. Luz María del Castillo Reynoso es un pilar fundamental en la Medicina y en la educación médica en Veracruz. Su legado perdurará en los cientos de personas que ha atendido y en las generaciones de médicos que ha formado. Agradecemos profundamente su dedicación y compromiso con la salud y la enseñanza.

Muchas gracias, Doctora. Felicidades.

Aneurisma venoso primario de la rama lateral de la vena mediana antebraquial

Juan Agustín Cabrera Frola^{1*}, Juan Enrique Kenny Pujadas¹, Gustavo Jorge Armand Ugón Bigi²

1. Dr. Asistente de Cátedra, Cátedra de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad de la República, Montevideo-Uruguay.
2. Dr. Prof. Adjunto, Cátedra de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad de la República, Montevideo-Uruguay.

*** Autor de correspondencia:**

Juan Agustín Cabrera Frola

Tel. +59898518577

cab0994row31@gmail.com

RESUMEN

Los aneurismas venosos son poco frecuentes, pueden afectar cualquier vena superficial o profunda. Se clasifican en primarios y secundarios. Los aneurismas venosos primarios, en su mayoría asintomáticos (subdiagnosticados hasta en un 89% y excepcionalmente mencionados en las descripciones anatómicas) y se definen por un aumento de 1.5 veces, o más, respecto al diámetro del vaso donde asientan. Aquellos aneurismas primarios, sean fusiformes o saculares, no están asociados a malformación y/o fístula arteriovenosa ni a várices. El objetivo de este trabajo es reportar un caso clínico de aneurisma venoso primario. Paciente masculino, 54 años, sin antecedentes de trauma, cirugía o venopunción sobre pliegue de codo derecho, donde presenta una tumoración, de años de evolución, bien delimitada, de 5x3 cm, ovalada, lisa, blanda. Indolora. Sin latido ni frémito. Topografiada en el celular subcutáneo, móvil respecto a piel y aponeurosis superficial. El diagnóstico clínico fue el de lipoma. La ecografía evidenció dilatación fusiforme de la rama lateral de la vena mediana antebraquial, de 45x28 mm, paredes finas, regulares, flujo venoso turbulento en su interior, sin trombosis, diagnosticando aneurisma venoso superficial (AVS). La flebografía confirmó el diagnóstico y descartó imágenes patológicas en venas cefálica, humerales, axilar y subclavia. La aproximación clínico-semiológica al paciente determinó la realización de estudios paraclínicos que diagnosticaron una patología muy poco frecuente. Dada su baja frecuencia, los AVS muchas veces no son diagnosticados como tales. Debemos sospechar un AVS cuando evidenciamos una tumoración blanda en la topografía de un eje vascular.

Palabras clave: Aneurisma venoso, Aneurisma superficial

ABSTRACT

Venous aneurysms are rare; they can affect any superficial or deep vein. They are classified as primary and secondary. Primary venous aneurysms, mostly asymptomatic (underdiagnosed by up to 89% and exceptionally mentioned in anatomical descriptions) and are defined by an increase of 1.5 times, or more, with respect to the diameter of the vessel where it sits. Those primary aneurysms, whether fusiform or saccular, are not associated with malformation and/or arteriovenous fistula or varicose veins. The objective of this work is to report a clinical case of primary venous aneurysm. Male patient, 54 years old,

with no history of trauma, surgery or venipuncture on the crease of the right elbow, where he presented a tumor, of years of evolution, well delimited, 5x3 cm, oval, smooth, soft. Painless. Without heartbeat or thrill. Topography in the subcutaneous cell, mobile with respect to skin and superficial aponeurosis. The clinical diagnosis was lipoma. Ultrasound evidenced fusiform dilation of the lateral branch of the median antebrachial vein, 45x28 mm, thin, regular walls, turbulent venous flow inside, without thrombosis, diagnosing Superficial Venous Aneurysm (SVA). Phlebography confirmed the diagnosis and ruled out pathological images in the cephalic, humeral, axillary and subclavian veins. The clinical-semiological approach to the patient determined the performance of paraclinical studies that diagnosed a very rare pathology. Given their low frequency, SVA are often not diagnosed as such. We should suspect SVA when we see a soft tumor in the topography of a vascular axis.

Keywords: Venous aneurysm, Superficial aneurysm

INTRODUCCIÓN

Osler describió por primera vez la entidad de aneurisma venoso en 1915¹. El aneurisma venoso se define como un área localizada de dilatación venosa que está en continuidad con el resto de la estructura venosa, afectando sus tres capas. Se pueden clasificar según sean primarios y secundarios. Los primarios serán aquellos que no están asociados a malformación arteriovenosa, trauma, antecedentes de venopunción, inflamación o infección en el sitio venoso, hipertensión venosa y/o no presentar un segmento varicoso, mientras que los secundarios, serán aquellos casos en los que exista alguno de los antecedentes antes descritos^{2,3}.

La incidencia de aneurisma venoso es baja y casi siempre se diagnostican por un hallazgo incidental al examen físico o al usar imágenes diagnósticas, siendo subdiagnosticados hasta en un 89% de los casos². Los aneurismas venosos son observados más frecuentemente en la vena yugular interna, la vena poplítea, la vena cava superior y la vena porta. Los aneurismas que asientan sobre las venas del miembro superior son particularmente infrecuentes con solo pocos casos descritos en las distintas series que estudian los aneurismas venosos⁴. La ecografía Doppler color es la herramienta diagnóstica de primera elección y solo cuando no es concluyente se deberá emplear la tomografía computarizada (TC), la resonancia magnética (RM) o la venografía¹. Aunque las complicaciones relacionadas con estas lesiones son raras, se recomienda la cirugía como tratamiento¹.

El objetivo de este trabajo es presentar un caso clínico de un individuo con un aneurisma venoso primario en miembro superior.

REPORTE DE CASO

Paciente masculino, de 54 años, sin antecedentes de trauma, cirugía o venopunción sobre pliegue de codo derecho, donde presenta una tumoración, de años de evolución, bien delimitada de 5x3 cm, ovalada, lisa, blanda. Indolora. Sin latido ni frémito. Topografiada en el celular subcutáneo, móvil respecto a piel y aponeurosis superficial (**Figura 1**).



Figura 1. Miembro superior derecho. A. Vista frontal del pliegue de codo. B. Vista lateral. Flechas enmarcando tumoración.

Se realizó el planteo diagnóstico de lipoma y se solicitó paraclínica imagenológica.

La ecografía evidenció dilatación fusiforme de la rama lateral de la vena mediana antebraquial, de 45x28 mm, paredes finas, regulares, flujo venoso turbulento en su interior, sin trombosis, diagnosticando aneurisma venoso primario. Se solicitó flebografía a modo complementario, la que confirmó el diagnóstico y descartó imágenes patológicas en venas cefálica, humerales, axilar y subclavia (**Figura 2**).

En el presente caso, el paciente decidió no practicarse ningún tratamiento luego de ser informado sobre la patología actual, su evolución, eventual complicaciones, y principales características del tratamiento quirúrgico.

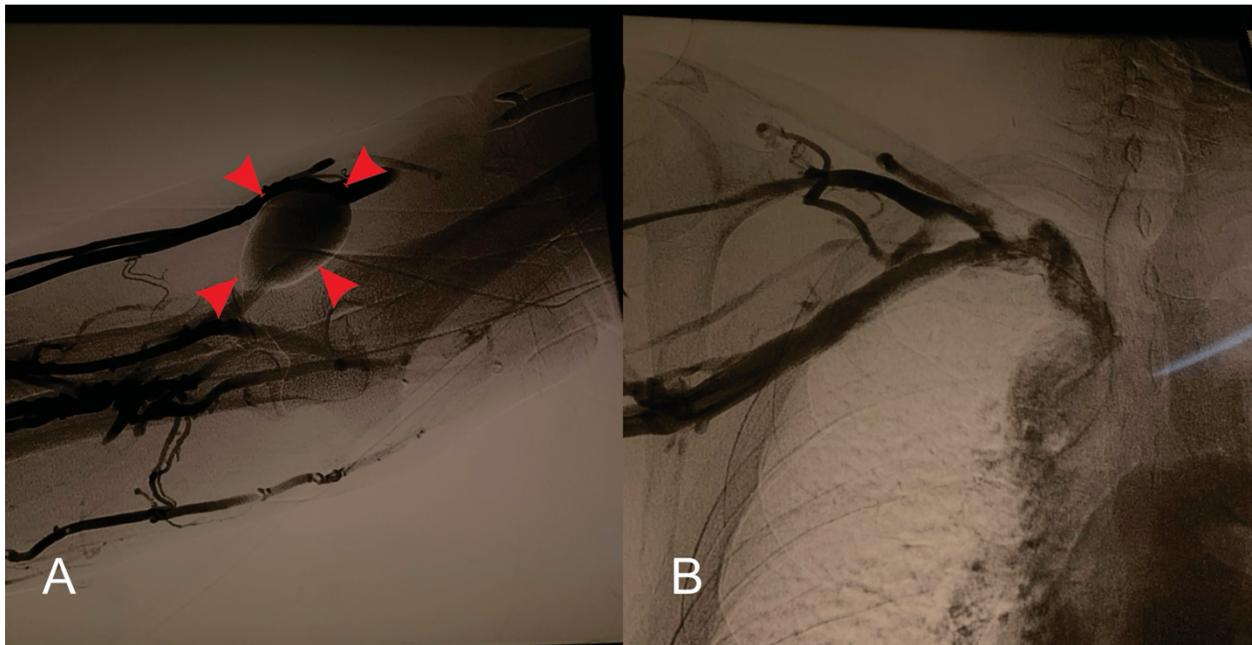


Figura 2. Flebografía de miembro superior. A. Flebografía con enfoque de codo. Flechas enmarcando aneurisma venoso. B. Flebografía con enfoque de hombro sin evidencia de lesiones en el árbol venoso.

DISCUSIÓN

Los aneurismas venosos primarios pueden presentarse a cualquier edad y predominan ligeramente en el sexo femenino, sin que exista una diferencia significativa⁴.

Los aneurismas venosos superficiales reportados en la mayoría de la bibliografía revisada fueron asintomáticos y sus complicaciones no fueron graves, además, La mayoría de los aneurismas venosos y los pseudoaneurismas se confundieron con masas de tejido blando^{5,6,7}. El diagnóstico inicial generalmente se realiza a partir de un examen físico, como lo fue en nuestro caso, siendo la ecografía dúplex color asociado a su modo Doppler, el método de elección para el estudio de tumoraciones, logrando mostrar la naturaleza vascular de la masa con cualquier conexión con la circulación venosa⁸. La ecografía dúplex permite identificar los vasos sanguíneos, revela la presencia de trombos, y proporciona ayuda en la planificación del procedimiento quirúrgico. Además de lo detallado por Min y colaboradores⁸, y Lee y colaboradores⁹ también plantean complementar el estudio con TC o RNM en casos de dudas diagnósticas.

La extremidad superior representa el sitio menos común para la degeneración aneurismática venosa, con sólo 4% entre todos los aneurismas venosos¹⁰.

El diagnóstico diferencial incluye una amplia variedad de masas de tejido blando de las extremidades superiores, principalmente lipomas, tumores sólidos y neurogénicos; siendo el diagnóstico preoperatorio de inmenso valor. La ecografía dúplex es el pilar de la evaluación, ya que es rápido y no invasivo y proporciona toda la información relevante, como localización de la lesión, vasos nutricios, presencia de trombos, comunicación con arterias o venas profundas y guía el plan quirúrgico¹¹.

El estudio con mayor serie de casos revisado en la literatura, 152 casos, solo el 9,2% de ellos ocurrieron en el miembro superior¹². En otras dos series de casos, se consideró la ubicación en el miembro superior en un 10,2% (4/39)¹³ y en un 13,0% (6/46) de los casos¹⁴.

Los aneurismas venosos pueden ser sospechados en la práctica clínica cuando una masa o tumor aumenta de tamaño, cuando se provoca el drenaje venoso distal a la tumoración (aneurismas distales) o cuando se

provoca la maniobra de Valsalva (aneurisma central)¹. La compresibilidad y la no pulsatilidad de la tumoración son datos que ayudan en el diagnóstico².

Los aneurismas venosos primarios a menudo se presentan como masas de crecimiento lento causando malestar estético en el paciente en lugar de síntomas sistémicos. Es por esto y por la presentación indolente que, con frecuencia, se pasa por alto su consideración en el diagnóstico diferencial de otras masas, como quistes ganglionares u otras masas benignas de similares características evolutivas^{15,16}.

Un estudio encontró que el 88,9% (8/9) de los pacientes que tenían aneurismas venosos superficiales su condición fue mal diagnosticada¹³ y otro encontró que alrededor del 50% de los casos eran solo diagnosticado después de cirugía¹⁷.

Este retraso en el diagnóstico puede resultar en enfermedades neurovasculares, provocadas por compresión del nervio adyacente^{18,19}. Aunque poco común, también pueden producirse complicaciones peligrosas como embolias pulmonares^{18,20,21,22}.

Hallazgos histológicos comúnmente reportados de aneurismas venosos reportan diversos grados de adelgazamiento en la pared venosa, con pérdida de la capa de músculo liso y su sustitución por tejido fibroso, así como su deficiencia y alteración de la arquitectura de la elástica del vaso⁸; en nuestro caso, no hemos podido realizar el análisis histológico en cuestión, dado que no se realizó tratamiento quirúrgico.

CONCLUSIONES

Reportamos el caso de un individuo portador de una tumoración en el miembro superior, asintomática, en el territorio vascular de una vena superficial, lo que debe de hacer siempre sospechar un aneurisma venoso superficial, aunque sean muy poco frecuentes

La confirmación diagnóstica puede establecerse mediante ecografía Doppler, y, si bien el porcentaje de complicaciones es bajo, el tratamiento de elección es la resección quirúrgica.

REFERENCIAS

1. Joanna K. Weeks, Robert J. Strauch, Renu K. Virk, Tony T. Wong. Cephalic venous aneurysm in the wrist Clin Imaging. 2018;52:310-314.
2. Gibrán Quintero Arias; Carlos Zúñiga Latorre; Jorge Acosta Reyes; Aneurisma venoso primario de la vena safena: presentación de un caso. Rev. colomb. Radiol. 2016;27(4):4576-4578, 2016.
3. M Cakıcı, O Ersoy, I Ince and U Kiziltepe. Unusual localization of a primary superficial venous aneurysm: a case report. Phlebology. 2014;29(4):267-8.
4. Calligaro KD, Ahmad S, Dandora R, Dougherty MJ, Savarese RP, Doerr KJ, McAfee S, DeLaurentis DA. Venous aneurysms: surgical indications and review of the literature. Surgery. 1995;117(1):1-6.
5. Mateo AM, Mateo Martínez M. Aneurismas venosos. En: Estevan Solano JM, editors. Tratado de aneurismas. Barcelona: URIACH; 1997. p.58997.
6. Schatz IJ, Fine G. Venous aneurysms. N Engl J Med.1962;266:1310-1312.
7. Zamboni P, Cossu A, Carpanese L, Simonetti G, Massarelli G, Liboni A. Los llamados aneurismas venosos primarios. Flebología . 1990;5(1):45-50.
8. Min SI, Jung IM, Chung JK, Heo SC, Ahn YJ, Hwang KT, Choi YH, Chang MS, Ha J, Kim SJ. A nontraumatic, noniatrogenic pseudoaneurysm of the cephalic vein presenting as an upper arm mass. Ann Vasc Surg. 2008;22(4):575-8
9. Lee HY, Lee W, Cho YK, Chung JW, Park JH. Superficial venous aneurysm: reports of 3 cases and literature review. J Ultrasound Med. 2006;25(6):771-6.
10. Goto Y, Sakurada T, Nanjo H, Masuda H. Venous aneurysm of the cephalic vein: report of a case. Surg Today. 1998;28(9):964-6. doi: 10.1007/s005950050263.

11. Kassabian E, Coppin T, Combes M, Julia P, Fabiani JN. Radial nerve compression by a large cephalic vein aneurysm: case report. *J Vasc Surg.* 2003;38(3):617-9.
12. Calligaro KD, Ahmad S, Dandora R, Dougherty MJ, Savarese RP, Doerr KJ, McAfee S, DeLaurentis DA. Venous aneurysms: surgical indications and review of the literature. *Surgery.* 1995;117(1):1-6. doi: 10.1016/s0039-6060(05)80222-3.
13. Gillespie DL, Villavicencio JL, Gallagher C, Chang A, Hamelink JK, Fiala LA, O'Donnell SD, Jackson MR, Pikoulis E, Rich NM. Presentation and management of venous aneurysms. *J Vasc Surg.* 1997;26(5):845-52. doi: 10.1016/s0741-5214(97)70099-5.
14. Gabrielli R, Rosati MS, Siani A, Irace L. Management of Symptomatic Venous Aneurysm. *The Scientific World Journal.* 2012;2012:386478.
15. Marquardt G, Angles SM, Leheta FD, Seifert V. Median nerve compression caused by a venous aneurysm: case report. *J Neurosurg.* 2001;94(4):624-6.
16. Altintas G, Ozen A, Diken A, Ozatik MA. Presentation of a true aneurysm of the left antecubital vein. *Ann Vasc Surg.* 2010;24(5):694.
17. Owen WJ, McColl I. Venous aneurysm of the axilla simulating a soft tissue tumour. *Br J Surg.* 1980;67(8):577-8.
18. Grice GD, Smith RB, Robinson PH, Rheudasil JM. Primary popliteal venous aneurysm with recurrent pulmonary emboli. *J Vasc Surg.* 1990;12(3):316-8.
19. Kassabian E, Coppin T, Combes M, Julia P, Fabiani JN. Radial nerve compression by a large cephalic vein aneurysm: case report. *J Vasc Surg.* 2003;38(3):617-9.
20. Wallace JR, Baril DT, Chaer RA. Upper extremity venous aneurysm as a source of pulmonary emboli. *Ann Vasc Surg.* 2013; 27(2):240.e5-8.
21. Dahl JR, Freed TA, Burke MF. Popliteal vein aneurysm with recurrent pulmonary thromboemboli. *JAMA.* 1976;236(22):2531-2.
22. Gallagher JJ, Hageman JH. Popliteal vein aneurysm causing pulmonary embolus. *Arch Surg.* 1985;

Eficacia del albendazol en el tratamiento de parasitismo intestinal en Nayarit, México

Adolfo Soto-Domínguez^{1#}, Rubén García Garza^{2#}, Jorge R. Figueroa Morales³, J. Ascención Montalvo González³, J. Antonio Bernal Pérez³, Alfonso Castañeda Martínez³, y Eduardo M. Becerra Verdín^{3*}

1. Departamento de Histología, Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Nuevo León. Av. Madero y E. Aguirre-Pequeño SN, Monterrey, N.L., México. C.P. 64400.
2. Departamento de Histología, Facultad de Medicina Unidad Torreón. Universidad Autónoma de Coahuila (UA de C), Torreón, México.
3. Universidad Autónoma de Nayarit. Ciudad de la Cultura "Amado Nervo". Tepic, Nay. México. C.P. 63155

Autor por Correspondencia

Dr. Eduardo M. Becerra-Verdín

gfb_mendel@yahoo.com.mx

RESUMEN

Desde tiempos inmemorables los parásitos han sido causa de enfermedades en humanos. Se evaluó la efectividad del albendazol 400 mg vía oral para determinar el estado de salud intestinal en esta población. Se obtuvieron muestras fecales de habitantes del municipio de Nayar en Nayarit, las muestras se sometieron al método de concentración y montaje húmedo directo, y se realizó un examen coproparasitoscópico antes de la administración de albendazol y 30 días después. La incidencia de parasitosis previa a la administración de albendazol fue del 95.2%, se diagnosticaron 10 especies de enteroparásitos, siendo los protozoarios los más frecuentes (70%). Después de 30 días de la administración de albendazol se observó un decremento de hasta 12.5% de *Blastocystis hominis*, que fue el protozoario más frecuente antes del tratamiento. La quimioprevención con albendazol fue efectiva contra *Taenia spp.*, *Hymenolepis nana*, *B. hominis* y *Endolimax nana*; sin embargo, posterior al tratamiento otros endoparásitos oportunistas se incrementaron.

Palabras Clave: Parasitosis, albendazol, quimioprevención

ABSTRACT

Parasites have been a cause of disease in humans since time immemorial. The effectiveness of 400 mg of oral albendazole was evaluated in determining the intestinal health status in this population. Fecal samples were obtained from inhabitants of the municipality of Nayar in Nayarit, the samples were subjected to the direct wet mount and concentration method, and a coproparasitoscopic examination was performed before the administration of albendazole and 30 days after. The incidence of parasitosis before the administration of albendazole was 95.2%, 10 species of enteroparasites were diagnosed, with protozoa being the most frequent (70%). After 30 days of the administration of albendazole, a decrease of up to 12.5% of *Blastocystis hominis* was observed, the most frequent protozoa before treatment. Chemoprevention with albendazole was effective against *Taenia spp.*, *Hymenolepis nana*, *B. hominis* and *Endolimax nana*; however, other opportunistic endoparasites increased after treatment.

Key words: Parasitosis, Albendazole, Chemoprevention

INTRODUCCIÓN

Desde tiempos inmemoriales los parásitos han sido reconocidos como causantes de enfermedades humanas³. La importancia que tiene el estudio de la parasitosis intestinal en la especie humana es bien conocida, no solo por considerársele como uno de los principales problemas médicos sanitarios, sino también por sus proyecciones en la patología médica¹⁵.

En humanos, la mayor parte de las parasitosis son causadas por protozoarios y helmintos del tubo digestivo¹⁹, los parásitos se originan por los hábitos y costumbres higiénicas deficientes, como la práctica del fecalismo al ras del suelo. Aunado a esto, destaca el papel que juegan otros factores que favorecen la aparición de parasitosis, por ejemplo, factores biológicos como las características ecológicas y fundamentalmente la vegetación; físicos como la temperatura, precipitación, humedad, suelo, etc., y socioeconómicos como nivel económico, tipo de habitación, uso de calzado entre otros¹⁷.

Los parásitos intestinales que causan enfermedad en el hombre son principalmente protozoarios y nemátodos; de ellos, a nivel mundial el protozoario *Entamoeba histolytica* y las especies de nemátodos del género *Schistosoma*, son dos de las tres principales causas de enfermedad²⁰.

Las fuentes oficiales de la mayoría de los países de América Latina tienen poca o ninguna información sobre la situación de salud y, las condiciones de vida de los pueblos indígenas¹⁰.

En México, las parasitosis del aparato digestivo son comunes, especialmente en las regiones montañosas carentes de servicios de salud. De acuerdo con el Boletín del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SNVE), en el estado de Nayarit se registraron para el año 2000: 23,953 casos de entamoebosis intestinal, 3,405 enterobiasis, 2,950 ascariasis, 365 de giardiasis, y 11 casos de teniasis²⁰. Otras parasitosis tales como tricuriasis, himenolepiasis, estrongiloidiasis y necatoriasis no están especificadas como tal, sin embargo, se reportan 6,719 casos en el rubro de "otras helmintiasis"⁷.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido como meta, lograr que la quimioprevención con fármacos antiparasitarios logre una cobertura superior al 75%, en niños en edad escolar y en riesgo de sufrir parasitosis intestinal¹⁸.

El albendazol es el antiparasitario más utilizado en la quimioprevención de diversas parasitosis, es un compuesto sintético de amplio espectro derivado del bencimidazol⁶. Es eficaz contra formas adultas y larvarias de muchos nemátodos y cestodos¹³. Actúa al interferir en la captación de glucosa por el parásito, con el agotamiento subsecuente de las reservas energéticas de glucógeno y ATP⁸. No obstante, la acción primaria es la inhibición de la polimerización de microtúbulos al unirse a β -tubulina, impidiendo de esta manera que los procesos de división celular se lleven a cabo con total normalidad²¹.

En este estudio se evaluó la efectividad del albendazol en pacientes previamente diagnosticados con parasitosis intestinal de la comunidad de Rancho Viejo, municipio del Nayar, en el estado de Nayarit, México.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la comunidad de Rancho Viejo del municipio del Nayar, en Nayarit, México. Este municipio se localiza en la porción nororiental del estado, limita al norte con el municipio de Acaponeta y el estado de Durango; al sur con los municipios de Tepic, Santa María del Oro y la Yesca; al oriente con los estados de Jalisco y Zacatecas, y al poniente con los municipios de Santiago Ixcuintla, Acaponeta, Rosamorada y Ruíz. El clima predominante es el cálido subhúmedo, con lluvias en verano. De acuerdo con

los resultados que presentó el II Censo de Población y Vivienda en el 2005, el municipio cuenta con 30,551 habitantes²².

Mediante la aplicación de una encuesta se obtuvieron datos sobre el tipo de hacinamiento, hábitos alimenticios e higiénicos, tales como: tipo de suelo, disposición de excretas, tratamiento y origen de agua para su consumo y limpieza de manos antes de comer y después de ir al baño.

Colectamos el material biológico (heces) en frascos de vidrio a partir de evacuaciones espontáneas y se sometieron al método de concentración y montajes húmedos directos. Previo a la obtención de las muestras se les explicó a los habitantes el procedimiento para una recolección y entrega adecuada, y todos los participantes del estudio firmaron una carta de consentimiento informado.

En el examen coproparasitológico se empleó el método de concentración, se utilizó una suspensión con 1 a 2 g de materia fecal y 10 mL de solución salina (0.9 %). La suspensión se centrifugó a 2000 rpm durante un minuto, el sobrenadante se decantó y el sedimento se resuspendió con solución salina. Posteriormente se tomó una alícuota y se realizó el examen directo.

Para la técnica de examen directo se depositó una gota de solución salina calentada a 35-37 °C sobre un portaobjetos, se mezcló con una porción de la muestra de heces hasta obtener una muestra homogénea, se cubrió con un cubreobjetos y se examinó al microscopio.

En las muestras que inicialmente se tiñeron con lugol se utilizó el mismo procedimiento, solo que se sustituyó la gota de solución salina por una de lugol en el portaobjetos. A todos los participantes se les administró vía oral una dosis única de albendazol (400 mg). Transcurridos 30 días después del tratamiento, se realizó otro examen coproparasitológico.

Para la evaluación del postratamiento con albendazol se incluyeron a todos los pacientes que presentaron un examen coproparasitológico tanto positivo como negativo, y se realizaron las técnicas de concentración y montaje en húmedo ya descritas. Se realizaron los promedios y porcentajes en los resultados obtenidos en cada una de sus categorías y se graficaron.

RESULTADOS

Se obtuvieron 167 muestras fecales provenientes de individuos de ambos sexos. El 100% de los encuestados fueron de origen Cora del estado de Nayarit, de los cuales el 59.1% tuvo escolaridad primaria, las edades comprendidas fueron entre 1 y 80 años. El 100% tuvieron como suelo solo la tierra, la disposición de sus excretas las realizaron al aire libre, practicando el fecalismo al ras del suelo en el 99.4% de los casos. Para el agua de consumo el 14% la tomó directamente de la fuente de abastecimiento sin tratamiento previo, 32.3% la hirvieron, 36% la cloró y 17.7% utilizó sales de plata. Aunado a esto, el 98.8% del agua se provee principalmente de un manantial. La limpieza de manos antes de comer no es fue una práctica común, por lo que el 82% lo realiza ocasionalmente, así como la limpieza de manos después de ir al baño con 60.4%.

La incidencia de parásitos intestinales fue de 95.2% del total de muestras analizadas (159/167). Se diagnosticaron 10 especies de enteroparásitos, siendo los protozoarios los más frecuentes (70%). Dentro de los protozoarios se observó un predominio del 57% de parásitos comensales sobre los patógenos. La

mayor incidencia se presentó en *Blastocystis hominis* (77.2%) y *E. histolytica/ Entamoeba dispar* (46.7%). Entre los helmintos *Hymenolepis nana* resultó con mayor incidencia (18.0%) (Figura 1).

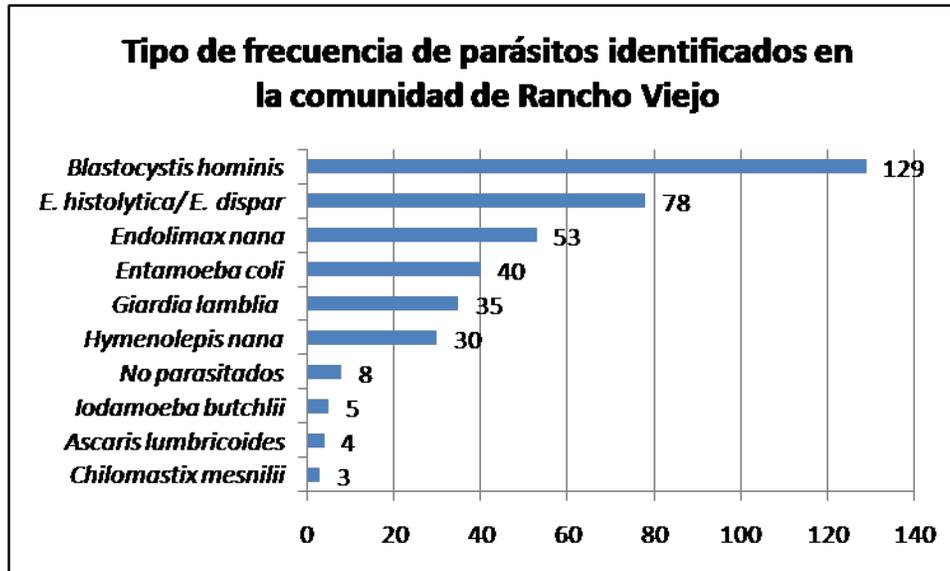


Figura 1. Tipo de frecuencia de parásitos identificados en la comunidad de Rancho Viejo.

De las muestras analizadas, 115 (68.9%) correspondieron al sexo femenino y 52 (31.1%) al sexo masculino, se tuvo una relación aproximada de 2:1 respectivamente. El sexo femenino presentó 110 casos con parasitosis (65.9%) y el sexo masculino 49 casos (29.3%).

El grupo de edad con mayor frecuencia con endoparasitosis fue el de 0-9 años con un 28.7% de afectados, seguido del grupo de 10-19 años con 27.5%.

De las muestras con parasitosis, el 17% (27/159) presentó monoparasitosis con *B. hominis*, mientras que el 83% (132/159) mostró poliparasitosis. En este último grupo los parásitos más frecuentemente encontrados fueron los protozoarios, el más común fue *B. hominis* con 84.8%, seguido de *E. histolytica/ E. dispar* con 57.6%. Entre los helmintos el más comúnmente asociado fue *H. nana*.

Transcurridos 30 días después de administrar el albendazol, de los 167 pacientes tratados, se obtuvo una incidencia de parásitos intestinales de 93% respecto al total de las muestras analizadas (155/167). Se diagnosticaron 10 especies de enteroparásitos, siendo los protozoarios los más frecuentes (70%). La mayor incidencia se presentó en *Escherichia coli* (78.4%) y *E. histolytica/ E. dispar* (77.2%). Entre los helmintos *H. nana* (9.0%) resultó con mayor incidencia. Se observaron trofozoitos de *E. histolytica/ E. dispar* 2.3% en relación con su frecuencia total (3/129), así como trofozoitos de *Chilomastix mesnilli* en 33.3% (1/3) (Figura 2).

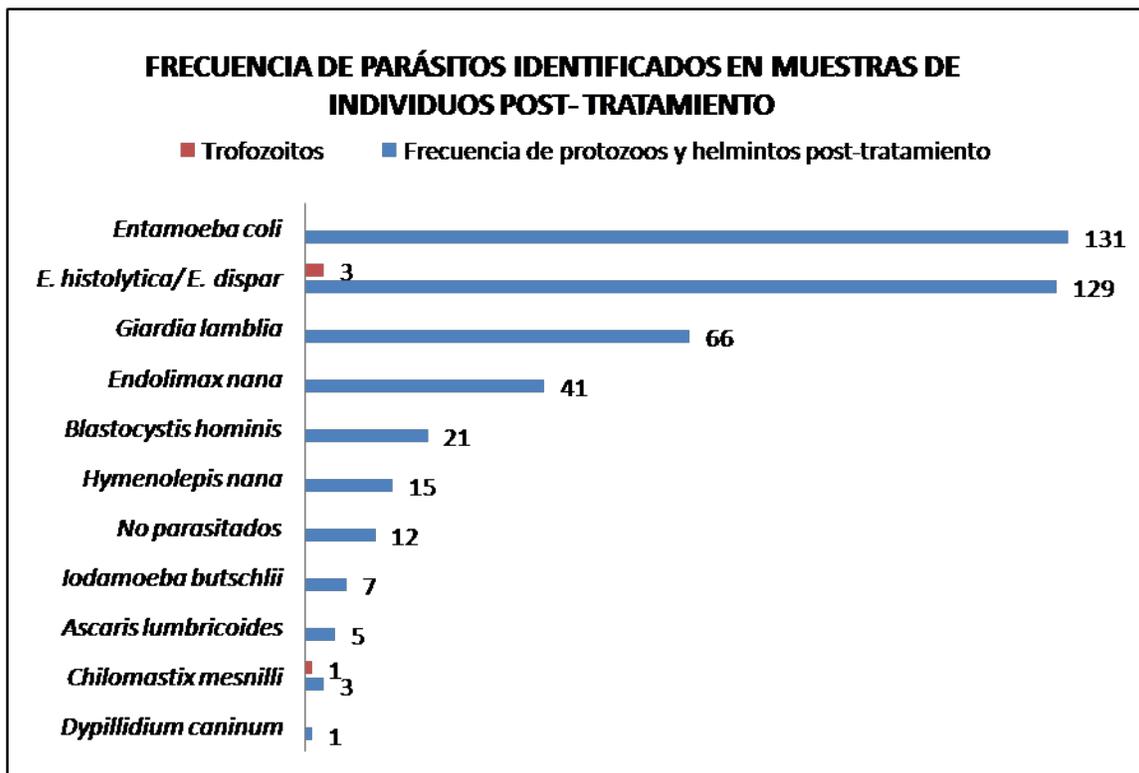


Figura 2. Frecuencia de parásitos identificados en muestras de individuos post-tratamiento.

De los infectados, 10.3% (16/ 155) resultó monoparasitado con *Giardia lamblia*, mientras que 89.7% (139/155) presentó poliparasitosis. En este último grupo los parásitos más frecuentemente asociados fueron los protozoarios, el más común fue *E. coli* con 92.1%, seguido de *E. histolytica/E. dispar* con 90.0%.

Entre los helmintos el más comúnmente asociado fue *H. nana*.

Al comparar los datos obtenidos antes y después del tratamiento, se observó un decremento importante de hasta 12.5% de *B. hominis*, que fue el protozoo más frecuente antes del tratamiento. En relación con los helmintos, *H. nana* disminuyó en un 50%, además se observó que *Taenia spp.* se eliminó definitivamente (Figura 3).

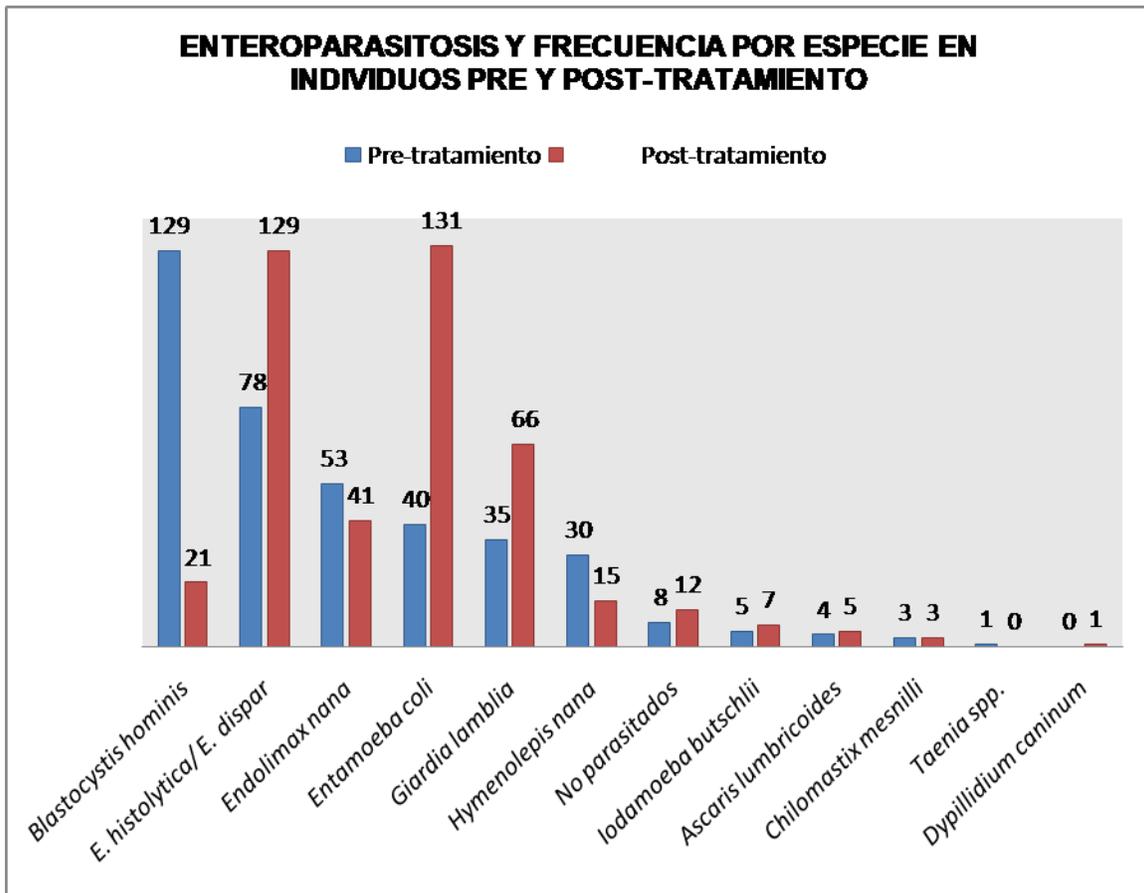


Figura 3. Enteroparasitosis y frecuencia por especie en individuos pre y post-tratamiento.

DISCUSIÓN

Nayarit es un estado con etnografía variada, dentro de las etnias destacan la Huichol y la Cora de otras como: Mestiza, Mexicaneros, etc. De acuerdo con estudios realizados, estas poblaciones indígenas son más susceptibles de contraer parásitos por algunas de sus costumbres que influyen en su frecuencia, lo que pone de manifiesto la situación en la que se encuentran, tales como: condiciones de vida primitiva, deficiente saneamiento ambiental, mala vivienda y las precarias condiciones socio-económicas¹⁷; factores que facilitan el contacto de los parásitos con el hombre.

Esto se refleja en los resultados observados en este estudio, donde se determinó una elevada incidencia de parasitosis intestinales (95.2%) en la comunidad del Municipio del Nayar, en el estado de Nayarit. Así mismo, se encontró un predominio de protozoarios sobre los helmintos. Dentro de los protozoarios se observó un predominio del 57% de parásitos comensales sobre los patógenos, esto es un indicador importante del estado de contaminación fecal que contribuye en la diseminación de las parasitosis intestinales, situación que constituye un riesgo potencial de ingerir en los alimentos o en el agua de consumo, alguna otra especie parásita¹⁶, ya que su vía de transmisión es la misma, aunque los factores de riesgo pueden ser muy variados¹¹.

La fuente de infección más importante son los portadores asintomáticos, que excretan gran cantidad de quistes a través de las heces. Los quistes permanecen viables en el medio durante dos a tres días, que es

un tiempo suficiente para ser diseminados en el ambiente y al ser ingeridos pueden causar la infección²⁰. Aunado a esto destacan las condiciones en la que los habitantes depositan sus excretas, el 99.4% utiliza el suelo para defecar, quedando expuestas al aire libre, lo que permite que huevos y larvas de helmintos presentes en las heces, se desarrollen y lleguen a ser infectantes¹⁷.

Recientemente se ha descrito que en comunidades rurales el fecalismo al aire libre es la variable principal asociada con la infección de *E. histolytica* y *E. dispar*²⁰. El origen del agua para consumo se provee principalmente de un manantial, donde el 86% le realiza un tratamiento previo al consumo, mientras que el 14% restante la toma directamente; por lo que la contaminación del agua es otro factor importante de diseminación, debido a la falta de agua potable en las comunidades y sistemas de abastecimiento adecuados para su resguardo⁵. También hay que considerar la falta de educación y condiciones de higiene⁵, ya que la ausencia de conocimientos sobre la transmisión y prevención de las enfermedades parasitarias favorece su presencia.

En cuanto a los protozoarios observados antes de administrar el tratamiento, *B. hominis* fue el más común en incidencia y frecuencia de asociación con otros parásitos. Estos resultados coinciden con trabajos realizados tanto en nuestro país como en otras partes del mundo, ya que conforme se hacen estudios tendientes a la identificación de *B. hominis*, se reporta su presencia¹⁷. Estos estudios revelan además que se trata de un patógeno emergente de elevada prevalencia, aunque de patogenicidad discutida⁴.

Referente al sexo, la diferencia en el predominio de parasitados fue del sexo femenino, sin embargo, ambos sexos están expuestos a las mismas condiciones de contaminación, y ambos sexos son factibles para contraer parásitos. Por lo tanto, no hay predisposición de género para su incidencia¹².

Conforme a la edad el grupo de 0-9 años se ve afectado en su mayoría, estos resultados coinciden con datos previamente obtenidos para esa franja etaria⁹. Esta situación se favorece por los hábitos propios de la edad, higiene y vulnerabilidad. Sin embargo, no se descartan los demás grupos, puesto que también presentaron parásitos. Además de que al igual que el sexo, todos los individuos están expuestos a los mismos factores de propagación, y por ende se afecta la población en general.

Al comparar la frecuencia parasitaria antes y después de administrar el tratamiento con albendazol a una dosis única de 400 mg, observamos un ascenso de los pacientes no parasitados a 7.2% con respecto al examen anterior de 4.8%, esto hace una diferencia del 2.4%. El tratamiento fue más eficiente en helmintos que en protozoarios¹⁴, lo que induce el predominio de protozoarios sobre los helmintos y una mayor frecuencia de especies no patógenas. Este hecho puede atribuirse a diferentes variables como: 1) albendazol es un antiparasitario con actividad preferentemente antihelmíntica, 2) existen protozoarios sensibles y otros resistentes al albendazol¹⁸, 3) edad, 4) alimentación, 5) factores ambientales, además de la no aplicabilidad de tratamiento para protozoarios no patógenos¹¹. Sin embargo, los helmintos que presentaban una baja frecuencia antes de la intervención disminuyeron aún más después del tratamiento, tal es el caso de *H. nana* y la erradicación temporal de *Taenia spp*; así como una disminución considerable de *B. hominis*. Una respuesta favorable a la medicación no permitiría asegurar la patogenicidad de *B. hominis*.

Otra posible explicación de la misma eficacia de los esquemas terapéuticos evaluados según otros estudios¹⁸, es la erradicación espontánea de parásitos en la población estudiada.

A diferencia del primer examen previo a la medicación, se observó la presencia de *Dipylidium caninum* (tenia del perro). Generalmente este parásito afecta a perros y gatos, pero el hombre también puede

contraerla. La infección en humanos se puede deber a que estos animales son domésticos y conviven diariamente con el hombre, afectan principalmente a los niños, favoreciendo su transmisión¹².

El 4.8% de los voluntarios que no presentaron parasitosis antes del tratamiento con albendazol, contrariamente en el segundo examen presentaron examen coproparasitológico positivo y por lo tanto diagnosticados con parasitosis a pesar del tratamiento con albendazol; otros autores sugieren que existen poblaciones endémicas de parasitosis intestinal y que además tienen una elevada probabilidad de reinfección de parásitos, aún poco después del periodo de tratamiento¹⁸.

Con la información obtenida en este estudio, la prevalencia de endoparasitosis en la región analizada, aún después del tratamiento con albendazol. La razón es multifactorial, por una parte, la deficiente cultura sanitaria en la población, y por otra un tratamiento inadecuado debido a la falta de conocimiento de los organismos que afectan a esta población. En conclusión, la quimioprevención realizada con albendazol, resultó ser efectiva contra helmintos y protozoos específicos (*Taenia spp./H. nana* y *B. hominis/E. nana*, respectivamente), sin embargo, el tratamiento favorece el desarrollo de otros endoparásitos por oportunismo como *E. histolytica*, *E. coli* y *G. lamblia*.

Conflicto de interés:

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Agradecimientos:

Agradecemos al personal de la Jurisdicción No. 1 de la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA) del Estado de Nayarit, representada por el Dr. Hiram Espinosa Hernández, y al Coordinador Estatal del programa de Caravanas de la Salud, Dr. Jesús Adán Herrera Ulloa por las facilidades prestadas para desarrollar esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bayardo B. Apuntes de análisis clínicos. 5a Edición. 649-673.
2. Boletines epidemiológicos históricos. <https://www.gob.mx/salud/acciones-y-programas/historico-boletin-epidemiologico>. Consultado 10 de octubre de 2024.
3. Botero D, Restrepo M. Parasitosis humanas. 2ª Edición. Medellín, Colombia: Editorial Corporaciones para Investigaciones Biológicas; 1992, 1-130.
4. Eberá R, Angulo V, Amaro E, Finali M, Franceschi G, Blanco Y, et al. Parásitos intestinales en habitantes de una comunidad rural del Estado Bolívar, Venezuela. Rev Biomed [Seriada en línea] 2006;17:259-268. Consultado Septiembre 30, 2010. Disponible en: <http://www.revbiomed.uady.mx/pdf/rb061744.pdf>.
5. Devera R, Cermeño J, Blanco Y, Bello M, Guerra X, Sousa M, et al. Prevalencia de blastocistosis y otras parasitosis intestinales en una comunidad rural del Estado Anzoátegui, Venezuela. Parasitol Latinoam [Seriada en línea] 2003;58:95-100. Consultado Septiembre 30, 2010. Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/parasitol/v58n3-4/art01.pdf>.
6. Gennaro A. Remington farmacia. 20ª Edición. Buenos Aires, Argentina: Editorial médica panamericana; 2003; vol 2: 1867.
7. Guevara Y, De Haro I, Cabrera M, García G, Salazar P. Enteroparasitosis en poblaciones indígenas y mestizas de la Sierra de Nayarit, México. Parasitol latinoam [Seriada en línea] 2003; Ene; 58 (1-2): 30-34. Consultado Junio 7, 2010. Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/parasitol/v58n1-2/art05.pdf>.

8. Kalant H, Roschlau W. Principios de farmacología médica. 6a Edición. Editorial Oxford; 1998. p723.
9. Ledesma A, Fernández G. Enteroparasitosis: Factores predisponentes en población infantil de la ciudad de resistencia, Chaco [Seriada en línea] 2004. Consultado Agosto 26, 2010. Disponible en: <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/com2004/3-Medicina/M-044.pdf>.
10. Menghi C, Luvaro F, Dellacasa M, Gatta C. Investigación de parásitos intestinales en una comunidad aborigen de la provincia de salta. Medicina (B. Aires) [Seriada en línea] 2007; 67: 705-708. Consultado Septiembre 28, 2010. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/medba/v67n6/v67n6a06.pdf>.
11. Mora L, Segura M, Martínez I, Figuera L, Salazar S, Fermín I, *et al.* Parasitosis intestinales y factores higiénicos sanitarios asociados en individuos de localidades rurales del estado Sucre Kasmera [Seriada en línea] 2009; 37(2):148-156. Consultado Septiembre 12, 2010. Disponible en: <http://www.scielo.org.ve/pdf/km/v37n2/art06.pdf>.
12. Neira P, Joefré L, Muñoz N. Infección por *Dipylidium caninum* en un preescolar. Presentación del caso y revisión de la literatura. Rev Chil Infect [Seriada en línea] 2008; 25 (6):7. Consultado Octubre 14, 2010. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071610182008000600010&script=sci_arttext.
13. Pérez-Molina J.A., Díaz-Menéndez M., Pérez-Ayala A., Ferrere F., Monje B., Norman F., López-Vélez R. Tratamiento de las enfermedades causadas por parásitos. Enf Inf y Microbiol Clín. Vol. 28. Núm. 1. Pág. 44-59.
14. Pezzani B, Minvielle M, Ciarmela M, Apezteguía M, Basualdo J. Participación comunitaria en el control de las parasitosis intestinales en una localidad rural de Argentina. Rev Panam Salud Pública [Seriada en línea] 2009; 26 (6): 471-477. Consultado Agosto 28, 2010. Disponible en: <http://www.scielosp.org/pdf/rpsp/v26n6/01.pdf>.
15. Portugal M, Campos E. Encuesta de parasitosis intestinal en niños de edad pre escolar en la ciudad de Arequipa. Rev med exp [Seriada en línea] 1960; 67-76. Consultado Septiembre 11, 2010. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v13n1-2/a06v13n1-2.pdf>.
16. Sánchez J, Tay J, Robert L, Romero R, Ruíz D, Rivas C. Frecuencia de parasitosis intestinales en asentamientos humanos irregulares. Rev Fac Med UNAM [Seriada en línea] 2000 Jun; 43(3): 80-83. Consultado Agosto 28, 2010. Disponible en: <http://www.ejournal.unam.mx/rfm/no43-3/RFM43303.pdf>.
17. Tay J, Velasco O, Lara R, Gutiérrez M. Parasitología Médica. 7ª Edición. D.F, México: Editorial Méndez Editores; 2002. 33-221.
18. Valdovinos U, Gerson J, Francia D, Ruíz M, Ponce E. Evaluación de la nitazoxanida a dosis única y por tres días en parasitosis intestinal. Salud Púb Méx [Seriada en línea] 2004; 46 (3): 333-340. Consultado Septiembre 3, 2010. Disponible en: <http://www.scielosp.org/pdf/spm/v46n4/21543.pdf>.
19. Werner Apt B. Infecciones por parásitos más frecuentes y su manejo. Rev. Med. Clin. Condes - 2014; 25(3) 485-528]
20. Ximénez C. Las parasitosis intestinales en México. Fun salud [Seriada en línea] 2003; 36: 7-80. ISSN 1405-0889.
21. Zavaleta Espejo G., Muro Morey J., Saldaña Jiménez J., Blas Cerdán W., Tuesta Collantest L. Efecto del Albendazol a diferentes concentraciones sobre la fecundación y segmentación temprana en *Tetrapygus niger* "erizo de mar". Scientia Agropecuaria 4(2013) 251 – 256.
22. II Censo de Población y Vivienda 2005. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2005/>. Consultado 10 de octubre de 2024.

Evolución del corazón en vertebrados IV. Aves

Lorena González Vadillo¹, Brenda Romero Flores² y Roberto Lazzarini Lechuga^{1*}

1. Departamento de Biología de la Reproducción, Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa, C.P. 09310, Ciudad de México, México.
2. Posgrado en Biología Experimental, Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa, C.P. 09310, Ciudad de México, México.

*** Autor de correspondencia:**

Roberto Lazzarini Lechuga

Tel. +52 55 5804 4600 (ext. 3382).

lazzarini@xanum.uam.mx

RESUMEN

Las aves, aparecieron durante el periodo Jurásico hace unos 165 millones de años (MDA). Poseen un corazón de cuatro cámaras que separa completamente la circulación pulmonar y la sistémica. La anatomía cardíaca de las aves es morfológicamente parecida en todos los órdenes modernos, a diferencia de las otras clases de vertebrados. Las variaciones anatómicas en el corazón de diferentes especies de aves, como el avestruz, el gavián y el pingüino están relacionadas con sus estilos de vida y adaptaciones evolutivas. Por ejemplo, el corazón del avestruz presenta bandas moderadoras en los ventrículos para su estilo de vida corredor, el corazón del gavián presenta arterias braquiocefálicas para el vuelo intenso y el corazón del pingüino muestra adaptaciones para el buceo profundo, que incluyen la bradicardia y almacenamiento eficiente de oxígeno.

Palabras clave: Evolución cardíaca, Anatomía, Vertebrados, Aves, *Sphenisciformes*, *Struthionidae*, *Accipiter*.

ABSTRACT

Birds appeared during the Jurassic period about 165 million years ago. They possess a four-chambered heart that completely separates pulmonary and systemic circulation. The cardiac anatomy of birds is morphologically similar across all modern orders, unlike other vertebrate classes. Anatomical variations in the hearts of different bird species, such as ostriches, hawks, and penguins, are related to their lifestyles and evolutionary adaptations. For example, the ostrich's heart has moderator bands in the ventricles suited to its running lifestyle, the hawk's heart features brachiocephalic arteries for intense flight, and the penguin's heart shows adaptations for deep diving, including bradycardia and efficient oxygen storage.

Keywords: Cardiac evolution, Anatomy, Vertebrates, Birds, *Sphenisciformes*, *Struthionidae*, *Accipiter*.

INTRODUCCIÓN

Las aves aparecieron en la Tierra durante el periodo Jurásico, hace aproximadamente 165 MDA¹, evolucionaron a partir de dinosaurios terópodos y se considera a *Archaeopteryx*, el fósil intermedio más conocido, ya que muestra características reptilianas y aviares².

Las aves se distinguen por poseer una estructura ósea que incluye huesos huecos y algunos huesos fusionados, poseen plumas³ y un corazón de cuatro cámaras que separa completamente la circulación pulmonar y sistémica⁴, lo que es crucial para su metabolismo endotérmico, que les permite mantener una temperatura corporal constante e independiente del ambiente⁵. La evolución del corazón de cuatro cámaras en las aves no fue inicialmente una adaptación para la endotermia, es probable que sea una respuesta a la necesidad de mantener un alto flujo sanguíneo hacia los osteodermos (huesos dérmicos) que podrían haber jugado un papel importante en la regulación del pH y el manejo de la acidosis durante el ejercicio anaeróbico de los terópodos⁶.

La diversificación de las aves modernas se dio después de la extinción masiva al final del Cretácico con la desaparición de muchos dinosaurios no aviarios^{1,7}. La infraclase Neornithes agrupa a todas las aves vivientes y se divide en dos superórdenes: Paleognathae, que incluye aves no voladoras o primitivas, y Neognathae, que abarca la mayoría de las aves modernas¹. Se estiman más de 10,000 especies vivas⁷ y en esta revisión, exploraremos la anatomía del corazón de las aves y algunas particularidades de tres especies actuales con diferentes hábitos.

CLASE AVES

El corazón de las aves es un órgano tetracameral, compuesto por dos atrios y dos ventrículos con separación completa entre la sangre oxigenada y desoxigenada, similar al de los mamíferos^{5,8,9} (**Figura 1A**). El corazón aviar es grande, representa entre el 0.8% y el 3% de su peso corporal⁹. Está situado en la cavidad torácico-abdominal en un saco pericárdico fibroso lleno de líquido⁴. Los atrios tienen paredes delgadas⁴, presentan músculos pectíneos que contribuyen a la contracción del corazón¹⁰. El atrio derecho se comunica dorsalmente a través de la válvula sinoatrial, al seno venoso compuesto por: la vena cava craneal derecha, la vena cava craneal izquierda y la vena cava caudal¹⁰ y es significativamente más grande que el atrio izquierdo⁴. Los atrios se conectan con los ventrículos a través de las válvulas atrioventriculares tricúspide (derecha) y mitral (izquierda)¹⁰. El ventrículo izquierdo es de dos a tres veces más robusto que el ventrículo derecho, ya que debe generar suficiente potencia para bombear la sangre hacia la aorta y al resto del cuerpo⁴.

Los miocitos en el corazón aviar son largos, de más de 100 μm , y delgados, menos de 10 μm , similares a los miocitos de los reptiles no aviares, lo que sugiere una herencia evolutiva¹¹.

El sistema de conducción cardíaco en aves (**Figura 1B**), es responsable de la generación y propagación de impulsos eléctricos a través del corazón, para la contracción coordinada de los atrios y los ventrículos¹⁰, incluye: el nodo sinoatrial ubicado en la pared dorsal del atrio derecho (el nodo sinoatrial se considera el marcapasos del corazón)^{4,10}, fibras de Purkinje presentes principalmente en el tejido el subendocárdico pero también alrededor de las arterias de ambos atrios^{11,12,13}, un nódulo atrioventricular (AV) dorsal, y uno ventral^{13,14} ubicados en el atrio derecho cerca del septo interatrial, el haz de His, que se origina desde los

nódulos AV y se extiende a través del septo interventricular¹² y fibras de Purkinje ventriculares que se ramifican desde el haz de His y se distribuyen por todo el miocardio de ambos ventrículos; en las aves, estas fibras están asociadas a las arterias coronarias¹³.

La circulación sanguínea en las aves es doble (**Figura 1A**). La sangre pasa dos veces por el corazón, una vez para ser oxigenada en los pulmones y otra vez para ser distribuida al resto del cuerpo, la sangre desoxigenada entra en el atrio derecho, fluye hacia el ventrículo derecho y es llevada a la circulación pulmonar a través de la arteria pulmonar; una vez oxigenada, regresa al atrio izquierdo a través de dos venas pulmonares¹⁰. Desde el atrio izquierdo, la sangre oxigenada fluye a través de la válvula atrioventricular izquierda hacia el ventrículo izquierdo y es bombeada a la circulación sistémica a través de la aorta⁴.

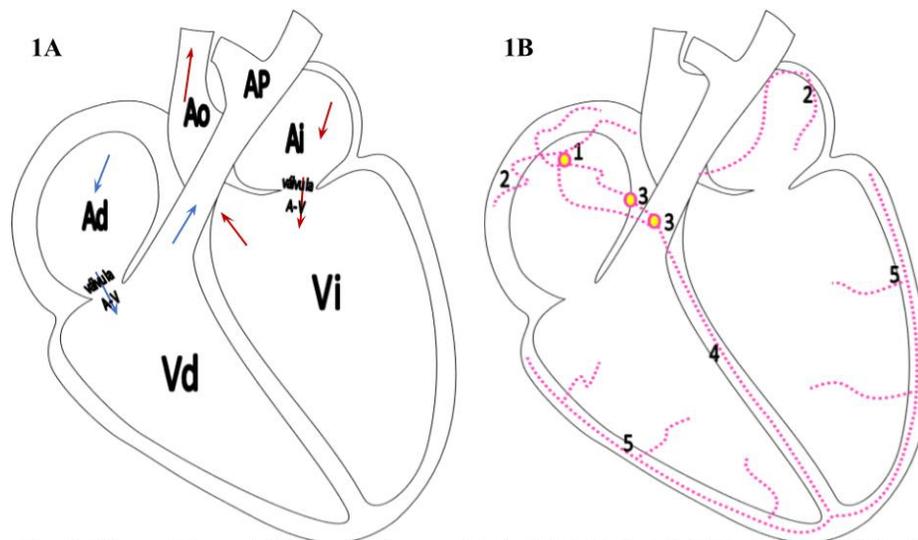


Figura 1: A) Esquema de la anatomía del corazón de la clase aves, Atrio derecho (Ad) Atrio izquierdo (Ai) Ventrículo derecho (Vd) Ventrículo izquierdo (Vi) Válvula atrioventricular (A-V) Aorta (Ao) Arteria Pulmonar (AP) B) Esquema del sistema de conducción cardíaca, Nodo sinoatrial (1), fibras de Purkinje atriales (2), nodo atrioventricular (3), haz de His (4), fibras de Purkinje ventriculares (5).

Durante el desarrollo embrionario, las aves presentan un sistema circulatorio similar al de vertebrados basales acuáticos, con un foramen oval, que permite que la sangre fluya directamente del atrio derecho al atrio izquierdo, y un *ductus arteriosus*, que conecta la arteria pulmonar con la aorta, ambas estructuras impiden que la sangre desoxigenada acceda a los pulmones⁸. A diferencia de los vertebrados ectotérmicos el cono arterial embrionario compuesto por el *conus arteriosus* y el *truncus arteriosus*, se incorpora al ventrículo¹⁵, investigaciones recientes sugieren que solo el miocardio del *conus arteriosus* se incorpora al ventrículo derecho²⁵.

Las aves tienen una frecuencia cardíaca significativamente más alta en comparación con otros vertebrados, por ejemplo, el corazón de un colibrí puede latir entre 520 y 1260 veces por minuto⁴. El gasto

cardíaco en aves es seis veces mayor que en los mamíferos de tamaño similar, lo que refleja su alta demanda metabólica, especialmente durante el vuelo⁴.

El tamaño del corazón y el volumen de eyección, es decir, el volumen de sangre que el ventrículo bombea en cada latido influye en la capacidad aeróbica de las aves; un mayor tamaño y volumen de eyección se presentan en aves con alta capacidad de vuelo, y refleja presiones selectivas evolutivas⁹.

Familia *Struthionidae* (Avestruz)

El avestruz es un ave cursorial (adaptada para correr) herbívora, de regiones semiáridas, capaz de correr grandes distancias para escapar de depredadores¹⁶ (Figura 2), pertenece al superorden Paleognatha, junto con el emú, el kiwi, el ñandú y el casuario¹⁷. Su evolución está relacionada con la historia biogeográfica de los ratites que se originaron en el supercontinente Gondwana de la era Mesozoica¹⁷.



Figura 2: A) Avestruz *Struthio camelus* Licencia: <https://mexico.inaturalist.org/observations/9918414> B) Avestruz de cuello azul *Struthio camelus ssp. Australis* Licencia: <https://mexico.inaturalist.org/observations/61012743> C) Avestruz de Somalia *Struthio molybdophanes* Licencia <https://mexico.inaturalist.org/observations/117840731>

El corazón del avestruz presenta una forma cónica y está rodeado por el pericardio, cuya porción fibrosa se extiende ventralmente como un ligamento esternopericárdico que se adhiere al esternón, similar a lo que se observa en aves como gallinas y patos¹⁸.

La válvula atrioventricular derecha, es muscular, está fijada al septo interventricular y se adhiere a la pared parietal del ventrículo, lo que previene el colapso de la válvula durante la sístole ventricular¹⁸.

Presenta bandas moderadoras en ambos ventrículos, que son estructuras tendinosas que ayudan en la contracción del músculo cardíaco, en el ventrículo derecho, se encuentra una banda moderadora tendinosa cerca de la base cardíaca, mientras que, en el ventrículo izquierdo, estas bandas están localizadas cerca de la punta del corazón^{10,18}. Las venas pulmonares izquierda y derecha ingresan de manera independiente al atrio izquierdo, y sus aberturas están completamente separadas por un septo¹⁸.

Género *Accipiter* (Gavilán)

El gavilán es un ave rapaz diurna, cazadora de aves pequeñas y roedores¹⁹ que habita en zonas boscosas (Figura 3). Pertenece al orden Accipitriformes cuyos primeros representantes aparecieron durante el Cretácico, hace aproximadamente 100 MDA²⁰. Su diversificación significativa ocurrió en el Eoceno hace 65 MDA²¹, cuando se produjo una radiación adaptativa por cambio climático y la transformación de hábitats que favoreció a los depredadores voladores en ecosistemas abiertos²⁰.



Figura 3: A) Gavilán de Cooper *Accipiter cooperii* Licencia: <https://mexico.inaturalist.org/observations/242339983> B) Gavilán común Euroasiático *Accipiter nisus* Licencia: <https://mexico.inaturalist.org/observations/240782582> C) Gavilán pecho Canela *Accipiter striatus* Licencia: <https://mexico.inaturalist.org/observations/242296283>

En la anatomía del corazón del gavilán y otras aves rapaces, la válvula sinoatrial puede ser más delgada y membranosa¹⁰. El arco aórtico en el gavilán revela arterias específicas, como los troncos braquiocefálicos, que se originan de manera única y están adaptados para suministrar sangre a las extremidades, al cerebro y el corazón durante la actividad intensa¹⁹.

Orden *Sphenisciformes* (Pingüino)

El pingüino es un ave marina no voladora que habita en las costas del hemisferio sur y se alimenta de peces y krill²² (Figura 4). El ancestro común de los pingüinos actuales apareció hace 20 MDA durante el Mioceno²³ en las costas de Nueva Zelanda y Australia²⁴. La diversificación de los principales linajes de pingüinos ocurrió hace 16 MDA, coincidiendo con un notable descenso en las temperaturas en la Antártida²³, este cambio climático y la apertura del Pasaje de Drake²⁴ facilitaron la dispersión y el mestizaje entre especies a lo largo de su historia evolutiva.



Figura 4: A) Pingüino del Cabo *Spheniscus demersus* Licencia: <https://mexico.inaturalist.org/observations/49798163>
B) Pingüino de magallanes *Spheniscus magellanicus* Licencia: <https://mexico.inaturalist.org/observations/233019992>
C) Pingüino emperador *Aptenodytes forsteri* Licencia: <https://mexico.inaturalist.org/observations/241125904>

El corazón del Pingüino tiene una estructura típica de los corazones de las aves, con cuatro cámaras. Las fibras de Purkinje de los atrios presentan una distribución más extensa que en otras aves incluidas ambas superficies del septo interatrial¹², además poseen fibras de Purkinje peri-venosas, esta disposición puede contribuir a una contracción más eficiente del ventrículo, lo cual es crucial para su actividad física en el agua¹².

Los pingüinos, desarrollaron adaptaciones fisiológicas que les permiten bucear a grandes profundidades y durante períodos prolongados, durante el buceo experimentan bradicardia, que reduce la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno²². Pueden redistribuir el flujo sanguíneo hacia órganos vitales como el cerebro y el corazón, mientras que se reduce el flujo a los músculos periféricos²⁵. Tienen una mayor capacidad para almacenar oxígeno en sus músculos y sangre¹², gracias a una mayor concentración de mioglobina y un mayor volumen sanguíneo²², tras la inmersión, los pingüinos aumentan la frecuencia cardíaca y la tasa de respiración en la superficie para eliminar rápidamente el dióxido de carbono y reabastecer sus reservas de oxígeno²².

CONSIDERACIONES FINALES

Las aves son consideradas los vertebrados voladores, a pesar de que los pterosaurios (reptiles), ahora extintos, fueron los primeros vertebrados con capacidad para volar². Una de las características más destacadas de las aves es su masa cardíaca, que es casi el doble que la de los mamíferos de tamaño corporal similar. Esto les permite un mayor volumen de sangre por unidad de tiempo, lo que es esencial para satisfacer las altas demandas metabólicas asociadas con el vuelo¹¹.

Tanto las aves como los mamíferos han desarrollado adaptaciones cardíacas para soportar un metabolismo elevado. Sin embargo, la morfología del corazón en las aves es más constante y menos variable que en los mamíferos, lo que sugiere que la endotermia no está necesariamente relacionada con una mayor variabilidad en la estructura cardíaca¹⁰. Esta constancia anatómica, puede indicar una eficiencia evolutiva y una optimización funcional que ha permitido a las aves mantener un diseño cardíaco altamente efectivo a lo largo de su evolución.

Las variaciones anatómicas que se han identificado entre las especies actuales son: la organización del músculo pectíneo, el tamaño y peso del corazón y la anatomía de las válvulas atrioventriculares¹⁰. Estas variaciones están relacionadas con adaptaciones a estilos de vida específicos, como la migración o el tipo de vuelo.

REFERENCIAS

1. Brusatte SL, O'Connor JK, Jarvis ED. (2015). The Origin and Diversification of Birds. *Curr Biol.*; 25(19):R888-98. doi: 10.1016/j.cub.2015.08.003. PMID: 26439352.
2. Padian, K., & Chiappe, L. M. (1998). The origin and early evolution of birds. *Biological reviews*, 73(1), 1-42.
3. Brusatte, S.L., Lloyd, G.T., Wang, S.C., and Norell, M.A. (2014). Gradual assembly of avian body plan culminated in rapid rates of evolution across the dinosaur-bird transition. *Curr. Biol.* 24, 2386–2392
4. Stephenson A, Adams JW, Vaccarezza M (2017). The vertebrate heart: an evolutionary perspective. *J Anat.*; 231(6):787-797. doi: 10.1111/joa.12687. Epub 2017 Sep 14. PMID: 28905992; PMCID: PMC5696137.
5. Bettex DA, Prêtre R, Chassot PG. (2014) Is our heart a well-designed pump? The heart along animal evolution. *Eur Heart J.*; 7;35(34):2322-32. doi: 10.1093/eurheartj/ehu222. Epub 2014 Jun 10. PMID: 24917644.
6. Janis, C. M., Napoli, J. G., & Warren, D. E. (2020). Palaeophysiology of pH regulation in tetrapods. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 375(1793), 20190131. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0131>
7. Dyke, G. J., & Van Tuinen, M. (2004). The evolutionary radiation of modern birds (Neornithes): reconciling molecules, morphology and the fossil record. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 141(2), 153-177.
8. Katano, W., Moriyama, Y., Takeuchi, J. K., & Koshiba-Takeuchi, K. (2019). Cardiac septation in heart development and evolution. *Development, Growth & Differentiation*, 61(1), 114–123. <https://doi.org/10.1111/dgd.12580>

9. Nespolo, R. F., González-Lagos, C., Solano-Iguaran, J. J., Elfwing, M., Garitano-Zavala, A., Mañosa, S., Alonso, J. C., & Altimiras, J. (2017). Aerobic power and flight capacity in birds: a phylogenetic test of the heart-size hypothesis. *The Journal of Experimental Biology*. <https://doi.org/10.1242/jeb.162693>
10. Kroneman, J. G. H., Faber, J. W., Schouten, J. C. M., Wolschrijn, C. F., Christoffels, V. M., & Jensen, B. (2019). Comparative analysis of avian hearts provides little evidence for variation among species with acquired endothermy. *Journal of Morphology*, 280(3), 395–410. <https://doi.org/10.1002/jmor.20952>
11. Shiels, H. A. (2022). Avian cardiomyocyte architecture and what it reveals about the evolution of the vertebrate heart. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 377(1864), 20210332.
12. Adams, W. E. (1937). A Contribution to the Anatomy of the Avian Heart as seen in the Kiwi (*Apteryx australis*) and the Yellow-crested Penguin (*Megadyptes antipodum*). In *Proceedings of the Zoological Society of London* (Vol. 107, No. 3, pp. 417-441). Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.
13. Jensen, B., Wang, T., Christoffels, V. M., & Moorman, A. F. M. (2013). Evolution and development of the building plan of the vertebrate heart. *Biochimica et Biophysica Acta. Molecular Cell Research*, 1833(4), 783–794. <https://doi.org/10.1016/j.bbamcr.2012.10.004>
14. Jensen, B., Boukens, B. J. D., Postma, A. V., Gunst, Q. D., van den Hoff, M. J. B., Moorman, A. F. M., Wang, T., & Christoffels, V. M. (2012). Identifying the evolutionary building blocks of the cardiac conduction system. *PLoS One*, 7(9), e44231. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0044231>
15. Grimes, A. C., Durán, A. C., Sans-Coma, V., Hami, D., Santoro, M. M., & Torres, M. (2010). Phylogeny informs ontogeny: a proposed common theme in the arterial pole of the vertebrate heart: Vertebrate cardiac arterial pole evolution. *Evolution & Development*, 12(6), 552–567. <https://doi.org/10.1111/j.1525-142x.2010.00441.x>
16. Ullrey, D., & Allen, M. (1996). Nutrition and feeding of ostriches. *Animal Feed Science and Technology*, 59, 27-36. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00884-5](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00884-5).
17. Widrig, K., & Field, D. J. (2022). The evolution and fossil record of palaeognathous birds (Neornithes: Palaeognathae). *Diversity*, 14(2), 105.
18. Tajali, M., Ghazi, S. R., & Partou, P. (2009). Gross anatomy of the heart in Ostrich (*Struthio camelus*).
19. Balkaya, H. (2016). The Arteries Root from the Aortic Arch in the Sparrowhawk (*Accipiter nisus*, Falconiformes: Accipitridae). *International Journal of Morphology*, 34(1).
20. Urantówka, A. D., Krocak, A., Strzała, T., Zaniewicz, G., Kurkowski, M., & Mackiewicz, P. (2021). Mitogenomes of Accipitriformes and Cathartiformes were subjected to ancestral and recent duplications followed by gradual degeneration. *Genome Biology and Evolution*, 13(9). <https://doi.org/10.1093/gbe/evab193>
21. Zhang, Z., Feduccia, A., & James, H. F. (2012). A late Miocene accipitrid (Aves: Accipitriformes) from Nebraska and its implications for the divergence of old world vultures. *PLoS One*, 7(11), e48842. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048842>
22. Meir, J. U., Stockard, T. K., Williams, C. L., Ponganis, K. V., & Ponganis, P. J. (2008). Heart rate regulation and extreme bradycardia in diving emperor penguins. *The Journal of Experimental Biology*, 211(8), 1169–1179. <https://doi.org/10.1242/jeb.013235>

23. Subramanian, S., Beans-Picón, G., Swaminathan, S. K., Millar, C. D., & Lambert, D. M. (2013). Evidence for a recent origin of penguins. *Biology Letters*, 9(6), 20130748. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2013.0748>
24. Vianna, J. A., Fernandes, F. A. N., Frugone, M. J., Figueiró, H. V., Pertierra, L. R., Noll, D., Bi, K., Wang-Claypool, C. Y., Lowther, A., Parker, P., Le Bohec, C., Bonadonna, F., Wienecke, B., Pistorius, P., Steinfurth, A., Burridge, C. P., Dantas, G. P. M., Poulin, E., Simison, W. B., ... Bowie, R. C. K. (2020). Genome-wide analyses reveal drivers of penguin diversification. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117(36), 22303–22310. <https://doi.org/10.1073/pnas.2006659117>
25. Ponganis, P. J., Kooyman, G. L., Van Dam, R., & LeMaho, Y. (1999). Physiological responses of king penguins during simulated diving to 136 m depth. *Journal of experimental biology*, 202(20), 2819–2822.
26. Lazzarini R, Gómez-Quiroz LE, González-Márquez H, Villavicencio-Guzmán L, Salazar-García M, et al. (2018) The proximal segment of the embryonic outflow (conus) does not participate in aortic vestibule development. *PLOS ONE* 13(12): e0209930. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.02099>

Estructura y función de la proteína de unión comunicante conexina 43 en el corazón

Brenda Romero Flores¹, Lorena González Vadillo², Roberto Lazzarini Lechuga^{2*}

1. Posgrado en Biología Experimental, Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa, C.P. 09310, Ciudad de México, México.
2. Departamento de Biología de la Reproducción, Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa, C.P. 09310, Ciudad de México, México.

*** Autor de correspondencia:**

Roberto Lazzarini Lechuga
Tel. +52 55 5804 4600 (ext. 3382)
lazzarini@xanum.uam.mx

RESUMEN

El corazón depende de señales eléctricas para su función contráctil, las cuales se propagan entre los cardiomiocitos a través de uniones comunicantes formadas por conexas, especialmente la conexina 43 (Cx43). Esta proteína, predominante en el miocardio ventricular y localizada en los discos intercalares, facilita el paso de iones y pequeñas moléculas, coordinando así la actividad cardíaca. En condiciones patológicas o de estrés, la distribución subcelular de la proteína Cx43 se altera, lo que compromete la comunicación célula a célula. Comprender la estructura y función de Cx43 es esencial para entender su papel en la fisiopatología cardíaca.

Palabras clave: Conexina 43, Corazón, Disco intercalar, Función cardíaca, Unión comunicante.

ABSTRACT

The heart depends on electrical signals for its contractile function, which propagates between cardiomyocytes through gap junctions formed by connexins, especially connexin 43 (Cx43). This protein, predominant in the ventricular myocardium and located at intercalated discs, facilitates the passage of ions and small molecules, thus coordinating cardiac activity. In pathological or stressful conditions, the subcellular distribution of Cx43 protein is altered, compromising cell-to-cell communication. Understanding the structure and function of Cx43 is essential for understanding its role in cardiac pathophysiology.

Keywords: Cardiac function, Connexin 43, Gap junction, Heart, Intercalated disc.

INTRODUCCIÓN

El corazón, órgano central del sistema cardiovascular, es responsable de suministrar sangre a todo el cuerpo mediante actividad contráctil del músculo cardíaco (o miocardio), la función cardíaca depende de señales eléctricas generadas por el sistema de conducción cardíaco, que de manera rítmica y coordinada estimulan la contracción del miocardio; durante la propagación de las señales eléctricas, los cardiomiocitos son estimulados individualmente por corrientes iónicas intercelulares que fluyen a través de las uniones

comunicantes (también llamadas uniones *gap*), las uniones comunicantes son ultraestructuras conformadas exclusivamente por una familia de proteínas transmembrana conocidas como conexinas¹⁰. En los cardiomiocitos, las uniones comunicantes se localizan principalmente en los polos celulares, están dispuestas al eje longitudinal de la célula, dentro de los discos intercalares, que son estructuras complejas donde las membranas plasmáticas de células adyacentes están estrechamente unidas mediante diferentes uniones intercelulares: uniones comunicantes, uniones adherentes y desmosomas^{16,21}. La proteína Cx43 es la isoforma que predomina en el corazón y se expresa en el miocardio atrial y ventricular, es un componente fundamental para la propagación del impulso eléctrico a lo largo del corazón⁵. En condiciones patológicas o de estrés, la proteína Cx43 experimenta remodelaciones por una redistribución fuera del disco intercalar¹. El objetivo de esta revisión fue mostrar aspectos importantes de la estructura y función de la proteína Cx43, así como su importancia en la fisiopatología cardíaca.

ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DE LAS UNIONES COMUNICANTES

Las uniones comunicantes están formadas por una familia de proteínas transmembrana altamente homólogas conocidas como conexinas; se han identificado 21 isoformas de conexinas en humanos, las cuales se denominan según su peso molecular en kiloDaltons (kDa)^{4,16}. Cada tipo de conexina presenta propiedades electrofisiológicas distintas, aunque comparten una estructura similar, que consiste en cuatro dominios α -hélice transmembrana (M1-M4) interconectados por dos bucles extracelulares (E1 y E2) y un bucle citoplasmático (CL), con los extremos amino y carboxilo terminales orientados hacia el citoplasma¹⁹. El ensamblaje de seis moléculas de conexina, asociadas a un poro central, forman un hemicanal cilíndrico, llamado conexón, y al acoplarse dos conexones de células opuestas, se crea un canal intercelular (o unión comunicante) que permite la transferencia de iones y moléculas pequeñas; así, el agrupamiento en una región de la membrana celular de cientos o incluso miles de uniones comunicantes da lugar a la placa comunicante¹⁸ (**Figura 1**). La placa comunicante proporciona un sistema de comunicación intercelular que coordina respuestas celulares por intercambio de iones, pequeñas moléculas como el AMP cíclico y el glutatión, además de macromoléculas como nucleótidos, azúcares y aminoácidos que facilitan actividades de coordinación rápida, como la contracción del músculo cardíaco y la transmisión del impulso nervioso; además, la comunicación celular es fundamental para procesos celulares clave como el crecimiento, el desarrollo y la apoptosis²¹.

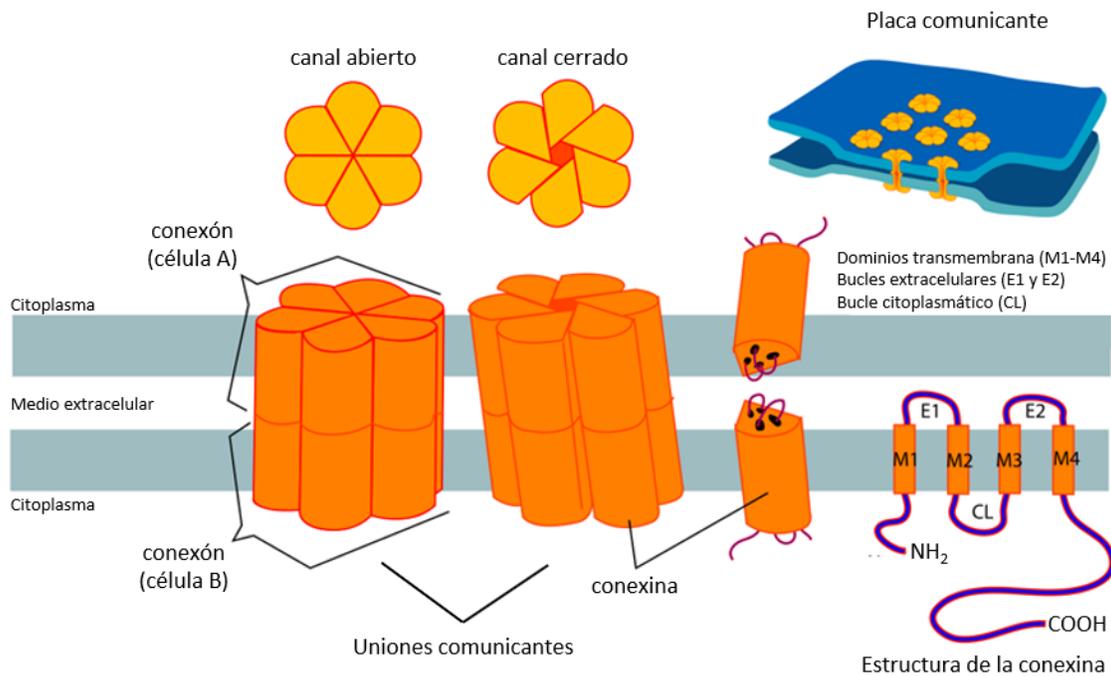


Figura 1. Niveles de organización de la placa comunicante. Ilustración de modificada de Mariana Ruiz (LadyofHats), Dominio público, vía Wikimedia Commons (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Connexon_and_connexin_structure.svg?uselang=en#licensing).

CONEXINAS CARDÍACAS Y EL DISCO INTERCALAR

En el corazón se expresan tres isoformas de conexinas: conexina 40 (Cx40), Cx43 y conexina 45 (Cx45). La Cx40 se encuentra en el miocardio atrial y en el sistema de conducción cardíaca, mientras que Cx45 está restringida al sistema de conducción cardíaca¹¹. Por su parte, Cx43 es la isoforma predominante en el corazón, se expresa ampliamente en el miocardio atrial y ventricular, y en menor medida, en el sistema de conducción ventricular²². En los cardiomiocitos ventriculares, las uniones comunicantes están compuestas exclusivamente por proteínas Cx43 y se encuentran localizadas principalmente dentro de los discos intercalares^{16,22} (**Figura 2A**). El disco intercalar es un complejo de membrana especializado, característico del músculo cardíaco donde las membranas plasmáticas de las células adyacentes están estrechamente asociadas mediante uniones intercelulares: las uniones adherentes fijan a las células y permiten la transmisión de las fuerzas de tensión, los desmosomas funcionan como puntos de soldadura que mantienen unidas las células mecánicamente, y las uniones comunicantes facilitan el paso de iones para la transmisión del impulso cardíaco^{3,16} (**Figura 2B**). La disposición predominante de la placa comunicante en el disco intercalar da lugar a una conducción anisotrópica en el miocardio ventricular, caracterizada por una velocidad de conducción mayor en la dirección longitudinal que en la transversal²⁰.

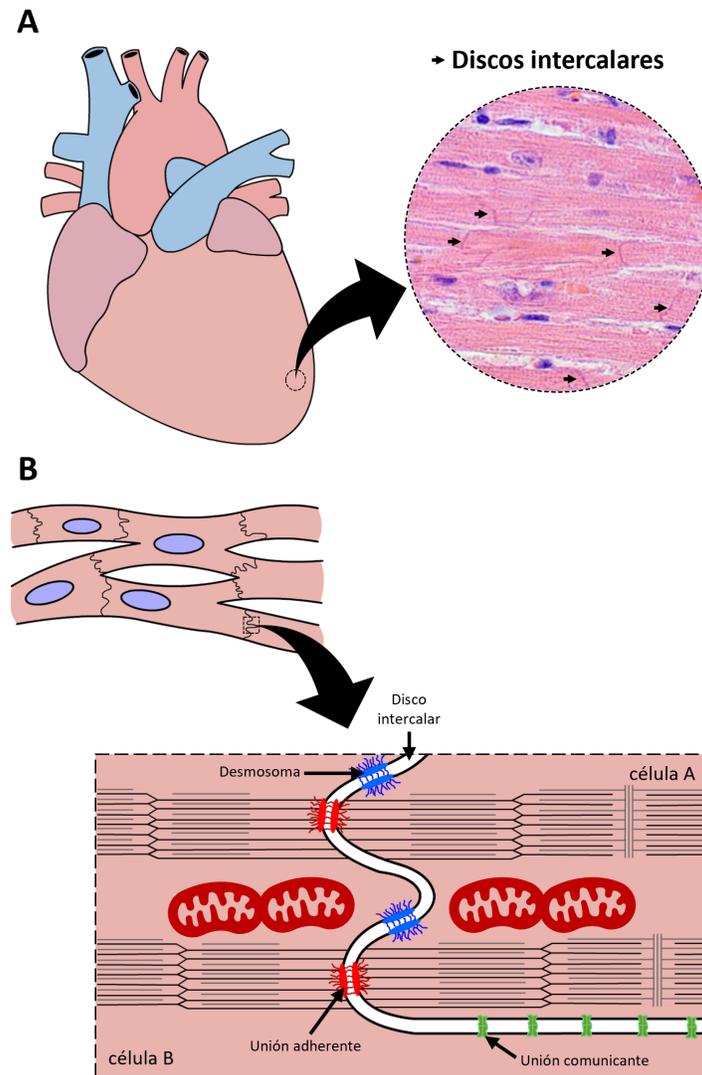


Figura 2. Disco intercalar. A. Localización del disco intercalar en el miocardio ventricular. A la derecha se muestra una microfotografía de miocardio ventricular (técnica de hematoxilina-eosina, aumento 400x), donde los discos intercalares se señalan con flechas negras. B. Esquema de la distribución de las uniones celulares dentro del disco intercalar.

Dinámica de la conexina 43

El gen constitutivo GJA1, codifica para la proteína Cx43, se expresa de manera continua para mantener el recambio de la proteína⁹. El recambio de la proteína Cx43 depende de su vida media, que es menor a 1.5 horas², proceso regulado por modificaciones postraduccionales, donde la fosforilación es una de las más estudiadas y probablemente la más importante¹⁶. Hay 21 sitios de fosforilación identificados en la proteína Cx43, 18 sitios corresponden a residuos de serina y 3 sitios a residuos de tirosina¹⁷. En general, la fosforilación de Cx43 puede provocar cambios en la carga eléctrica neta de la proteína, lo que puede alterar el voltaje o la sensibilidad al pH de los canales comunicantes, influyendo así en su apertura o cierre del canal¹⁵. También, la fosforilación puede regular la síntesis de Cx43, el tráfico intracelular, la estructura

tridimensional del canal, el ensamblaje, la topología subcelular y la degradación de la unión comunicante^{16,17}.

Alteraciones de la conexina 43

La distribución subcelular de la proteína Cx43, normalmente denominada “topología subcelular”, predomina en las uniones comunicantes dentro de los discos intercalares, mientras que su presencia es escasa en la membrana lateral (lateralización) o el citoplasma (internalización) de los cardiomiocitos en el corazón sano¹ (Figura 3A). Diversos estímulos pueden influir en la expresión génica y la topología subcelular de Cx43, que se asocian a remodelaciones cardíacas características del corazón enfermo¹⁰. En condiciones patológicas o estrés, la fosforilación de Cx43 puede afectar a la comunicación intercelular de los cardiomiocitos mediante una reorganización de la topología subcelular, lo que resulta en el aumento de lateralizaciones e internalizaciones, que pueden manifestarse como arritmias²⁴ (Figura 3B). La insuficiencia cardíaca, la isquemia, la miocardiopatía hipertrófica y dilatada, la diabetes, y el envejecimiento, se caracterizan por alteraciones en la expresión génica y reorganizaciones de la topología subcelular de la proteína Cx43^{6,7,10-14,24}. Por lo anterior, la expresión génica y topología subcelular de la proteína Cx43 podrían considerarse dos características distintivas de la disfunción cardíaca, ya que reflejan alteraciones en el acoplamiento eléctrico entre células.

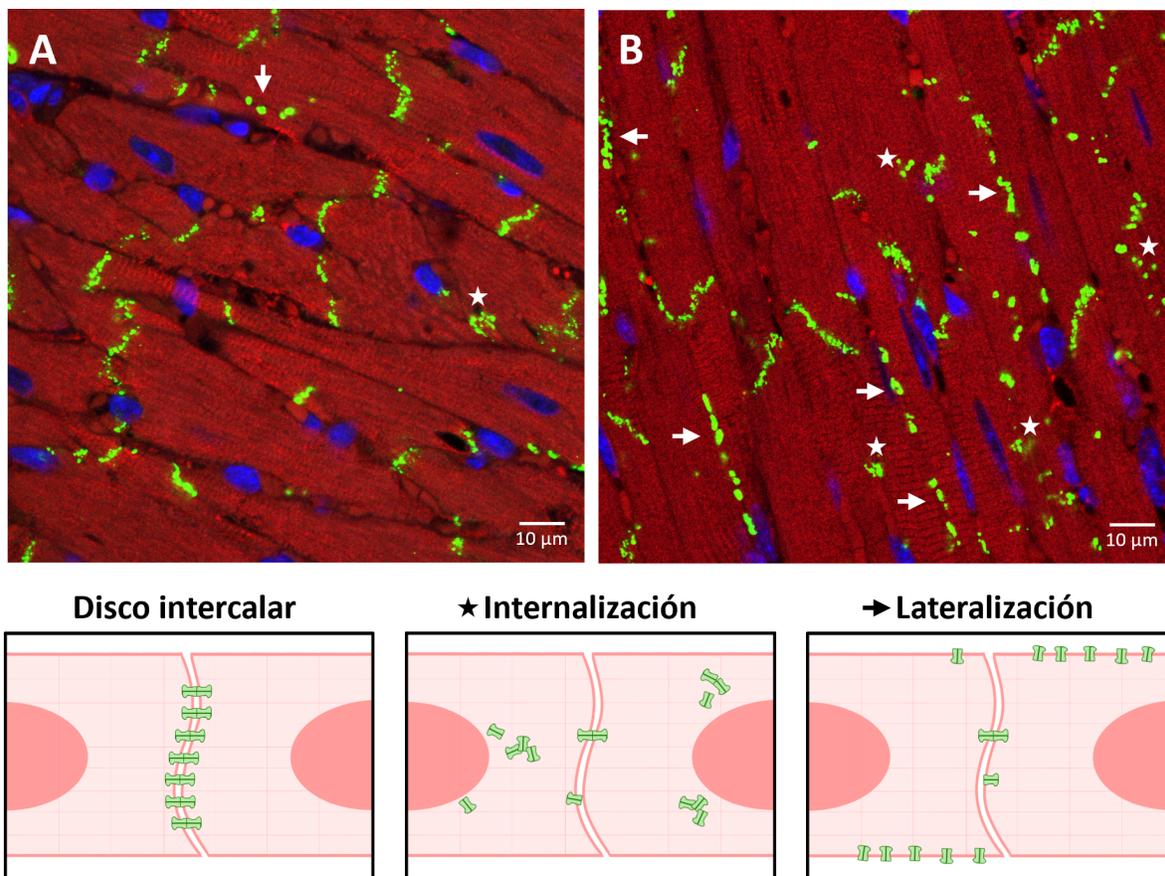


Figura 3. Alteraciones en la topología subcelular de la proteína Cx43. Microfotografías de inmunodetección obtenidas mediante microscopía confocal, donde se observa Cx43 (verde), miocardio (rojo) y núcleos celulares marcados con DAPI (azul). A. Corazón sano. La localización predominante de Cx43 se encuentra en los discos intercalares, estructuras perpendiculares al eje longitudinal de las fibras cardíacas, con un grosor promedio de 10 μm . También se observan, en menor grado, internalizaciones, visibles como agrupaciones de la proteína Cx43 a nivel citoplasmático, y lateralizaciones, caracterizadas por la acumulación de Cx43 en la membrana plasmática, paralela al eje longitudinal de la fibra cardíaca. B. Corazón sometido a estrés. Se observa un aumento tanto en las internalizaciones como en las lateralizaciones de Cx43, donde las lateralizaciones son más largas que en el corazón sano. Debajo de las figuras A y B, se presentan esquemas que ilustran los diferentes estados de la topología subcelular de la proteína Cx43. Las lateralizaciones e internalizaciones de la proteína están indicadas mediante flechas y estrellas, respectivamente.

CONCLUSIÓN

La proteína Cx43 es esencial para la propagación del impulso eléctrico en el corazón, facilita la comunicación intercelular entre los cardiomiocitos. En condiciones patológicas del corazón, algunas enfermedades degenerativas o incluso durante estrés prolongado, la expresión génica de Cx43 y topología subcelular se alteran, lo que afecta negativamente la conducción eléctrica del corazón.

REFERENCIAS

1. Andelova K, Egan Benova T, Szeiffova Bacova B, Sykora M, Prado NJ, Diez ER, Hlivak P, Tribulova N. Cardiac Connexin-43 Hemichannels and Pannexin1 Channels: Provocative Antiarrhythmic Targets. *Int J Mol Sci.* 2020;22(1):260. doi: 10.3390/ijms22010260.
2. Beardslee MA, Laing JG, Beyer EC, Saffitz JE. Rapid turnover of connexin43 in the adult rat heart. *Circ Res.* 1998;83(6):629-35. doi: 10.1161/01.res.83.6.629.
3. Bennett PM. Riding the waves of the intercalated disc of the heart. *Biophys Rev.* 2018;10(4):955-959. doi:10.1007/s12551-018-0438-z
4. Beyer EC, Berthoud VM. Gap junction gene and protein families: Connexins, innexins, and pannexins. *Biochim Biophys Acta Biomembr.* 2018;1860(1):5-8. doi: 10.1016/j.bbamem.2017.05.016.
5. Beyer EC, Kistler J, Paul DL, Goodenough DA. Antisera directed against connexin43 peptides react with a 43-kD protein localized to gap junctions in myocardium and other tissues. *J Cell Biol.* 1989;108(2):595-605. doi: 10.1083/jcb.108.2.595.
6. Billur D, Olgar Y, Turan B. Intracellular Redistribution of Left Ventricular Connexin 43 Contributes to the Remodeling of Electrical Properties of the Heart in Insulin-resistant Elderly Rats. *J Histochem Cytochem.* 2022;70(6):447-462. doi:10.1369/00221554221101661
7. Bonda TA, Sznaka B, Sokołowska M, et al. Remodeling of the intercalated disc related to aging in the mouse heart. *J Cardiol.* 2016;68(3):261-268. doi:10.1016/j.jjcc.2015.10.001
8. Coppin SR, Dupont E, Rothery S, Severs NJ. Connexin45 expression is preferentially associated with the ventricular conduction system in mouse and rat heart. *Circ Res.* 1998;82(2):232-43. doi: 10.1161/01.res.82.2.232.
9. Fishman GI, Eddy RL, Shows TB, Rosenthal L, Leinwand LA. The human connexin gene family of gap junction proteins: distinct chromosomal locations but similar structures. *Genomics.* 1991;10(1):250-256. doi:10.1016/0888-7543(91)90507-b
10. Fontes MS, van Veen TA, de Bakker JM, van Rijen HV. Functional consequences of abnormal Cx43 expression in the heart. *Biochim Biophys Acta.* 2012;1818(8):2020-9. doi: 10.1016/j.bbamem.2011.07.039.

11. Gros D, Jarry-Guichard T, Ten Velde I, de Maziere A, van Kempen MJ, Davoust J, Briand JP, Moorman AF, Jongsma HJ. Restricted distribution of connexin40, a gap junctional protein, in mammalian heart. *Circ Res.* 1994;74(5):839-51. doi: 10.1161/01.res.74.5.839.
12. Ito Y, Yoshida M, Masuda H, et al. Disorganization of intercalated discs in dilated cardiomyopathy. *Sci Rep.* 2021;11(1):11852. Published 2021 Jun 4. doi:10.1038/s41598-021-90502-1
13. Kostin S, Dammer S, Hein S, Klovekorn WP, Bauer EP, Schaper J. Connexin 43 expression and distribution in compensated and decompensated cardiac hypertrophy in patients with aortic stenosis. *Cardiovasc Res.* 2004;62(2):426-436. doi:10.1016/j.cardiores.2003.12.010
14. Lin H, Ogawa K, Imanaga I, Tribulova N. Alterations of connexin 43 in the diabetic rat heart. *Adv Cardiol.* 2006;42:243-254. doi:10.1159/000092573
15. Moreno AP. Connexin phosphorylation as a regulatory event linked to channel gating. *Biochim Biophys Acta.* 2005;1711(2):164-71. doi: 10.1016/j.bbamem.2005.02.016.
16. Rodríguez-Sinovas A, Sánchez JA, Valls-Lacalle L, Consegal M, Ferreira-González I. Connexins in the Heart: Regulation, Function and Involvement in Cardiac Disease. *Int J Mol Sci.* 2021;22(9):4413. doi: 10.3390/ijms22094413.
17. Solan, J.L.; Lampe, P.D. Spatio-temporal regulation of connexin43 phosphorylation and gap junction dynamics. *Biochim. Biophys. Acta* 2018, 1860, 83–90
18. Sosinsky GE, Nicholson BJ. Structural organization of gap junction channels. *Biochim Biophys Acta.* 2005;1711(2):99-125. doi: 10.1016/j.bbamem.2005.04.001.
19. Sosinsky GE, Nicholson BJ. Structural organization of gap junction channels. *Biochim Biophys Acta.* 2005;1711(2):99-125. doi:10.1016/j.bbamem.2005.04.001
20. Spach MS, Miller WT 3rd, Geselowitz DB, Barr RC, Kootsey JM, Johnson EA. The discontinuous nature of propagation in normal canine cardiac muscle. Evidence for recurrent discontinuities of intracellular resistance that affect the membrane currents. *Circ Res.* 1981;48(1):39-54. doi:10.1161/01.res.48.1.39
21. Suárez JE & Bravo AI. Conexinas y sistema cardiovascular. *Rev Argent Cardiol.* 2006;74:149-156.
22. van Kempen MJ, Fromaget C, Gros D, Moorman AF, Lamers WH. Spatial distribution of connexin43, the major cardiac gap junction protein, in the developing and adult rat heart. *Circ Res.* 1991;68(6):1638-51. doi: 10.1161/01.res.68.6.1638.
23. Wang X, Gerdes AM. Chronic pressure overload cardiac hypertrophy and failure in guinea pigs: III. Intercalated disc remodeling. *J Mol Cell Cardiol.* 1999;31(2):333-343. doi:10.1006/jmcc.1998.0886
24. Zhang M, Wang ZZ, Chen NH. Connexin 43 Phosphorylation: Implications in Multiple Diseases. *Molecules.* 2023;28(13):4914. Published 2023 Jun 22. doi:10.3390/molecules28134914

Convocatorias y actividades



Sociedad Mexicana
de Anatomía A.C.

1 Simposio Virtual de INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS MORFOLÓGICAS

Modalidad 100% Virtual

08 y 09
noviembre, 2024



Coordinadora: Dra. Yolanda Salinas Álvarez
Vocal por investigación, SMA

COSTOS*

Miembros
Honorarios
Gratuito

Miembros Numerarios y
correspondientes
\$250.00 MNX.

Miembros estudiantes
de posgrado y pregrado
\$100.00 MNX.

Profesores no
miembros
\$350.00 MNX.

Estudiantes de pregrado
y posgrado no miembro
\$200.00 MNX.



Forma de pago:

1. Depósito a cuenta Banco Santander: 65503253152
 3. Transferencia a la cuenta Clave 014180655032531523 Banco Santander, Sucursal 5592 Copilco.
- Es necesario que el comprobante del depósito o transferencia bancaria sea enviado por correo electrónico a: smanatomiatesoreria@gmail.com
4. Motivo de pago: Simposio Virtual de Investigación.

NOTA: En caso de requerir factura electrónica, enviar sus datos fiscales.

*Beca del 100% a los ganadores del concurso
de trabajos libres de todas las modalidades.



XVI CONGRESO COLOMBIANO DE MORFOLOGÍA



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali



Universidad
del Cauca



María Cano
Fundación Universitaria
Vigilada MinEduación



Universidad del Valle



UNIVERSIDAD LIBRE
Vigilada MinEduación

Octubre 31 a noviembre 2 de 2024

Lugar:

Pontificia Universidad Javeriana Cali

Información:

congresodemorfologia2024@gmail.com

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

Los artículos deben ser originales, inéditos y enviados exclusivamente a la **Revista Panamericana de Morfología (RPM)**. Se consideran contribuciones de cualquier país y no es requisito que los autores sean miembros de la Sociedad Mexicana de Anatomía A.C.

Al ser aceptado un artículo para su publicación, la RPM se reserva todos los derechos de publicación.

TIPOS DE PUBLICACIONES

- *Artículos de investigación.* Manuscritos de investigaciones originales. El trabajo informa sobre investigaciones experimentales u observacionales científicamente sólidas y proporciona una cantidad sustancial de información nueva.
- *Artículos de revisión.* Manuscritos de revisiones bibliográficas que ofrecen un análisis exhaustivo de la literatura existente dentro de un campo de estudio, identificando lagunas o problemas actuales. Deben ser críticos y constructivos, y proporcionar recomendaciones para futuras investigaciones.
- *Artículos de revisión sistemática.* Manuscritos de revisiones bibliográficas sistemáticas que presentan un análisis detallado de información e investigaciones previas sobre un tema determinado. Se caracterizan por la utilización de parámetros y métodos de búsqueda claramente definidos para identificar, categorizar, analizar e informar evidencia completa sobre un tema específico.
- *Reportes de caso.* Manuscritos de informes de casos médicos que presentan información detallada sobre síntomas, signos, diagnóstico, tratamientos (incluidos todos los tipos de intervenciones) y resultados de un paciente. Por lo general, describen condiciones nuevas o poco comunes que sirven para mejorar la atención médica o resaltar detalles en el diagnóstico.
- *Revisiones históricas.* Manuscritos de eventos, temas o períodos del pasado. Incluyen semblanzas de figuras clave, movimientos sociales o cambios culturales, destacando sus contribuciones y el impacto que tuvieron en su contexto.
- *Cartas del editor.* Escritos breves que los lectores envían para expresar opiniones, comentar sobre artículos anteriores o abordar temas de interés público. Las cartas al editor fomentan el debate y el intercambio de ideas, a menudo ofreciendo perspectivas únicas o críticas constructivas.

PROCESO DE ENVÍO

Los manuscritos para la RPM deben enviarse en formato digital al correo electrónico: revistapanamericanademorfologi@gmail.com. El autor de correspondencia es responsable del manuscrito durante el proceso de envío y revisión. Es indispensable que el autor de correspondencia se asegure que los coautores hayan leído y aprobado la versión enviada del manuscrito a la RPM.

Los manuscritos enviados deben presentarse en el procesador de textos Microsoft Word 2000 o superior. El formato del archivo: tamaño carta, márgenes de 2.5 cm por los cuatro lados, tipo de fuente Calibri, tamaño de fuente 11 puntos y justificado con interlineado 1.0. Las figuras y tablas, así como su respectiva descripción se envían en el procesador de presentaciones Microsoft Powerpoint 2000 o superior, donde cada figura o tabla se envía en diapositivas independientes. Además, los gráficos se pueden mandar en un archivo comprimido .zip.

PREPARACIÓN DEL MANUSCRITO

Página frontal

Las siguientes secciones deben aparecer en todos los tipos de manuscrito:

- *Título.* El título del manuscrito deberá ser conciso, específico y relevante.
- *Autores.* Se deberán proporcionar los nombres y apellidos de los autores sin títulos académicos.
- *Adscripción.* Se deberá utilizar el formato estándar Pubmed/MEDLINE para las adscripciones: información de departamento o institución, así como dirección que incluye ciudad, código postal, estado/provincia y país.
- *Autor de correspondencia.* Se deberá designar al menos un autor correspondiente, señalándole con un asterisco (*) en la lista de autores. Además, se deberá proporcionar correo electrónico y teléfono del autor de correspondencia.

Ejemplo de página frontal

Alteraciones subcelulares en la topología de la proteína conexina 43 en el miocardio ventricular inducidas por el ruido urbano.

Clara Herrera García¹, Javier López Martínez², Pedro García², Sofía Rodríguez Fernández^{3*}.

1. Departamento de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa, 09310 Ciudad de México, México.
2. Posgrado en Biología Experimental, Instituto de Medicina Experimental y Biología de Cuyo (IMBECU), CONICET, 855 5500 Mendoza, Argentina.
3. Departamento de Cirugía Cardiovascular, Hospital Universitario Miguel Servet, 50018 Zaragoza, España.

* Autor de correspondencia: SRF@salud.aragon.es, Tel. +34 976 12 34 56 (ext. 054).

Resumen y Palabras clave

En cualquier tipo de publicación, con excepción de las revisiones históricas y cartas al editor, se agrega un resumen de máximo 250 palabras, tanto en español como en inglés. El resumen deberá ser de un solo párrafo y debe seguir el estilo de los resúmenes estructurados, pero sin encabezados. Para artículos de investigación y revisiones sistemáticas: Antecedentes, Materiales y métodos, Resultados y Conclusión. Para artículos de revisión bibliográfica: Antecedentes, Desarrollo breve del tema y Conclusión. Para reportes de caso: Antecedentes, Descripción breve del caso y Conclusiones. Los resúmenes no deberán incluir citas bibliográficas.

Deberán agregarse de 3 a 5 palabras clave después del resumen. Recomendamos que las palabras clave sean específicas del artículo, pero razonablemente comunes dentro de la disciplina temática.

Texto

Los diferentes tipos de publicaciones deben tener las secciones listadas:

- *Artículos de investigación.* El manuscrito incluye secciones de Resumen y Palabras clave (español e inglés), Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión, Conclusiones (opcional), Referencias (más recientes y relevantes en el campo) y Agradecimientos (opcional).
- *Artículos de revisión.* El manuscrito incluye secciones de Resumen y Palabras clave (español e inglés), Desarrollo del tema (estructura libre), Conclusiones y Referencias (relevantes en el campo).
- *Artículos de revisión sistemática.* El manuscrito incluye secciones de Resumen y Palabras clave (español e inglés), Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión, Conclusiones (opcional) y Referencias (consultadas en la revisión).
- *Reportes de caso.* El manuscrito incluye secciones de Resumen y Palabras Clave (español e inglés), Introducción, Descripción detallada del caso (estructura libre), Discusión, Conclusiones, Referencias (más recientes y relevantes en el campo) y Agradecimientos (opcional).

NOTA. Con el fin de proteger la privacidad de los pacientes, es requisito presentar una copia del consentimiento informado, con la firma de los pacientes, el documento debe incluir la autorización para el uso de imágenes, y el tipo de datos personales que serán incluidos (lugar de nacimiento, lugar de residencia, profesión, escolaridad, etc.).

- *Revisiones históricas y Cartas al editor.* Las secciones que componen al manuscrito son libres.

En todos los casos, los valores numéricos de pesos y medidas deben utilizarse en el Sistema Métrico Decimal, con las abreviaturas correspondientes.

Las abreviaturas deben definirse en su primera mención, escribiendo el término completo seguido de la abreviatura entre paréntesis. A partir de ese momento, se utiliza solo la abreviatura. Es recomendable emplear únicamente abreviaturas comunes o necesarias para evitar confusiones.

Citas bibliográficas dentro del texto:

Todas las citas dentro del texto deben aparecer entre paréntesis, indicando el apellido del autor y el año de publicación. Si hay más de un autor, se utiliza “et al.” después del primer apellido.

Ejemplo: (Autor, 2024)

Ejemplo: (Autor et al., 2024)

Referencias bibliográficas:

Las referencias bibliográficas en estilo APA (7ª edición), deben organizarse en orden alfabético.

-Fuentes en Línea

Autor, A. A. (Año). Título del documento. URL o DOI (si está disponible).

Ejemplo: Organización Mundial de la Salud. (2022). Enfermedades cardiovasculares. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))

-Formatos Específicos

Para referenciar documentos, informes, tesis, y otras fuentes, consultar las pautas específicas del estilo APA (7ª edición).

-Libros:

Apellido, Inicial del nombre. (Año). *Título del libro en cursiva*. Editorial.

Ejemplo: Arteaga, M., García, M.I. (2021). *Desarrollo del sistema cardiovascular*. Médica Panamericana.

-Capítulos de Libros:

Apellido, Inicial del nombre. (Año). Título del capítulo. En Inicial del nombre Apellido del editor (Ed.), *Título del libro en cursiva* (pp. páginas del capítulo). Editorial.

Ejemplo: Arteaga, M., García, M.I., Sánchez, C. (2021). Desarrollo del sistema cardiovascular. En M Arteaga, MI García (Ed.), *Embriología humana y biología del desarrollo* (pp. 333-390). Médica Panamericana.

-Artículos de Revistas:

Apellido, Inicial del nombre. (Año). Título del artículo. *Revista en cursiva*, volumen(número), páginas. <https://doi.org/xxxx>

Ejemplo: Cohn, J. N., Ferrari, R., & Sharpe, N. (2000). Cardiac remodeling--concepts and clinical implications: a consensus paper from an international forum on cardiac remodeling. Behalf of an International Forum on Cardiac Remodeling. *Journal of the American College of Cardiology*, 35(3), 569–582. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(99\)00630-0](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(99)00630-0)

PREPARACIÓN DE GRÁFICOS

Figuras

Las imágenes originales (fotografías, microfotografías, esquemas, ilustraciones, etc.) deben proporcionarse con una resolución suficientemente alta (resolución 300 ppp o superior) en formato TIFF, PNG o JPG. Se recomienda ampliamente que las etiquetas (texto, flechas, líneas, etc.) en las imágenes no obstruyan el contenido de las imágenes.

En caso de reproducción de figuras de otros trabajos deben enviarse junto con las ilustraciones, un permiso de los editores de la revista, libro o web donde se publicaron originalmente dichas ilustraciones.

Tablas

Las tablas deberán llevar un título informativo en la parte superior y las abreviaturas con su definición en la parte inferior. Se recomienda utilizar tablas con cuadrícula simple.

Pies de figura y encabezados de tabla

Tanto los pies de figura como los encabezados de tabla deberán numerarse conforme su orden de aparición en el texto. En el texto, las citas de las Figuras y Tablas deberán colocarse entre paréntesis “()” y en negritas; por ejemplo **(Figura 1)**, **(Tabla 1)**.

CONTACTO

Correo electrónico: revistapanamericanademorfologi@gmail.com

Sitio web: <https://sociedadmexicanadeanatomia.com/1233-2/>



Editorial de la Sociedad
Mexicana de Anatomía A.C.

Re vis ta

Panamericana
de Morfología

Mesa Directiva 2023-24 · Año académico Dr. Miguel Ángel Herrera Enríquez

Editorial Archivos Mexicanos de Anatomía desde 1960