

ANALES DE RADIOLOGÍA MÉXICO. SMRI

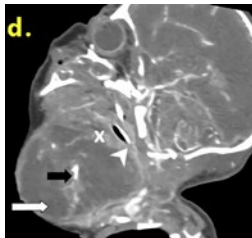
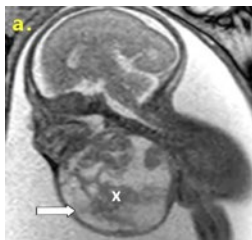
Revista incluida en / Journal indexed in:
CONAHCYT, IMBIOMED, DOAJ, LATINDEX Catálogo 2.0, ASCI, MIAR,
EBSCO, MedicLatina, Academic Search Ultimate



Órgano Oficial de la
Sociedad Mexicana de
Radiología e Imagen, A.C.

VOLUMEN 23 - NÚMERO 2 / Abril-Junio 2024 – eISSN: 2604-2053

www.analesderadiologiamexico.com



Artículos originales

System for medical image visualization: SYFANMI

Alberto Jaramillo-Núñez, Mónica Pérez-Mesa, Bolivia T. Cuevas-Otahola, Jesús A. Arriaga-Hernández, and Bárbara Sánchez-Rinza

95

Asociación de hallazgos ultrasonográficos abdominales en recién nacidos pretérmino con enterocolitis necrosante

Irma N. Ferrusquía-Jiménez, Guadalupe Gómez-Rodríguez, Deyanira Carballo-Magdalena, Roberto T. Jiménez-López y Ma. Guadalupe León-Verdín

108

TC convencional vs. TC con software atenuante de radiación ¿Qué uso le damos a esta herramienta en la práctica diaria y qué resultados nos ha brindado?

Giovanni A. Salgado-Álvarez, Sara A. Reyes-Díaz, Héctor R. Ordaz-Álvarez, Manely Lara-Reyes, Peter Grube-Pagola y Alfredo Rivera-Secchi

118

Artículos de revisión

Mapeo vascular para hemodiálisis y valoración de fistula arteriovenosa por ultrasonido Doppler. Lo que el médico radiólogo debe saber

Diana L. Pérez-Sánchez, América Hernández-Salgado, Sergio Criales-Vera y Hugo Torres-Rodríguez

125

Raíces nerviosas conjuntas: hallazgos por resonancia magnética en pacientes con lumbalgia

Diana M. Gracia-Ramírez, Víctor H. Ramos-Pacheco y Norma A. Rodríguez-Delgado

138

Casos clínicos

Síndrome de Percherón. Reporte de un caso y revisión bibliográfica

Omar A. Duque-Montoya y Agustín I. Rodríguez-Blas

147

Leucoencefalopatía tóxica aguda por piretroide: reporte de caso

Francisca A. Villalobos-Reyes, Javier Antúnez-Leyva, Alejandro Becerril-Mondragón e Isaac Maya-González

153

Imagenología en teratomas fetales de cabeza y cuello: reporte de dos casos

Alejandro Canelo-López, Cristian García-Bruce, Fernando Viletin-Solís, Ismael Aracena-Valdés, Cristian Acuña-Gatica y Florencia de Barbieri-Magnone

159

Reporte de caso: síndrome de Boerhaave, hallazgos radiológicos y la importancia del manejo diagnóstico-terapéutico oportuno en las primeras 24 horas

Brenda A. Domínguez-Ruiz, José L. Ríos-Reina, Rubén Uriostegui-Flores, Samuel Kleinfinger-Marcuschamer, David Lasky-Marcovich, María P. Rodríguez-Reséndiz y José L. Pérez-Hernández

166



PERMANER
www.permayer.com

ANALES DE RADIOLOGÍA MÉXICO. SMRI

Revista incluida en / Journal indexed in:
CONAHCYT, IMBIOMED, DOAJ, LATINDEX Catálogo 2.0, ASCI, MIAR,
EBSCO, MedicLatina, Academic Search Ultimate



Órgano Oficial de la
Sociedad Mexicana de
Radiología e Imagen, A.C.

VOLUMEN 23 - NÚMERO 2 / Abril-Junio 2024 - eISSN:

2604-2053

www.analesderadiologiamexico.com

CONSEJO EDITORIAL / EDITORIAL BOARD

EDITOR / EDITOR IN CHIEF

Dr. Oscar Quiroz Castro

Hospital Ángeles Pedregal,
Ciudad de México, México

CO-EDITOR / CO-EDITOR

Dr. Benjamin Conde Castro

Jefe de Investigación en Imagenología, Salud Digna,
Ciudad de México, México

EDITORES HONORARIOS / HONORARY EDITORS

Dra. Guadalupe Guerrero Avendaño

Hospital General de México "Dr. Eduardo Liceaga",
Ciudad de México, México

Dr. Gonzalo Salgado Salgado

Gabinete privado,
Ciudad de México, México

COMITÉ EDITORIAL NACIONAL / EDITORIAL NATIONAL COMMITTEE

Dr. Luis Felipe Alva López

Médica Sur,
Ciudad de México, México

Dr. Raúl Barreda Escalante

Barreda y Asociados,
Ciudad de México, México

Dr. Bernardo Boleaga Durán

Gabinete Privado, Mérida,
Yucatán, México

Dr. Arturo Castillo Lima

Nuevo Sanatorio Durango,
Ciudad de México, México

Dr. Benjamin Conde Castro

Jefe de Investigación en Imagenología,
Salud Digna,
Ciudad de México, México

Dr. José Luis Criales Cortés

CT Scanner del Sur, Ciudad de México,
México

Dr. Sergio Andrés Criales Vera

Instituto Nacional de Cardiología
"Dr. Ignacio Chávez",
Ciudad de México, México
CT Scanner Lomas Altas,
Ciudad de México, México

Dra. Susana Elizalde Velásquez

Hospital Teletón, Querétaro,
Querétaro, México

Dr. Guillermo Elizondo Riojas

Hospital Universitario
"Dr. José Eleuterio González"
Monterrey, Nuevo León, México

Dra. Ma. Del Carmen Lara Tamburino

CT Scanner del Sur,
Ciudad de México, México

Dr. Ernesto Fernando Martín Biasotti

Instituto de Oftalmología FAP Conde de
Valenciana, Ciudad de México, México

Dra. Aloha Meave González

Instituto Nacional de Cardiología "Dr.
Ignacio Chávez",
Ciudad de México, México

Dr. Gaspar Alberto Motta Ramírez

Médico Radiólogo Independiente,
Naucalpan, Estado de México, México

Dr. Héctor Murrieta González

Hospital ABC,
Ciudad de México, México

Dra. Hilda Palafox Vázquez

Gabinete Privado,
Ciudad de México, México

Dr. José A. Pérez Mendizábal

Hospital Ángeles Lomas,
Ciudad de México, México

Dr. Gerardo M. Perdigón Castañeda

Hospital General "Dr. Manuel Gea González",
Ciudad de México, México

Dr. Miguel Stoopen Rometti

Centro de Diagnóstico por Imagen C.T.
Scanner Lomas Altas, Ciudad de México,
México

Dr. Marco Antonio Zenteno Caste-

COMITÉ EDITORIAL INTERNACIONAL / INTERNATIONAL EDITORIAL COMMITTEE

Dr. Francisco Arredondo Mendoza

Práctica Privada,
Ciudad de Guatemala, Guatemala

Dr. William Bradley

University of California, San Diego,
California, Estados Unidos

Dr. Carlos R. Giménez

Thibodaux Regional Medical Center, Thibodaux,
Los Angeles, Estado Unidos

Dr. Enrique Palacios

Tulane University School of Medicine,
Nueva Orleans, Estados Unidos

Dr. Francisco Quiroz y Ferrari

Medical College of Wisconsin Froedtert Memorial Lutheran Hospital Wisconsin,
Estados Unidos

Dr. Rafael Rojas Jasso

Harvard Medical School Beth Israel
Deaconess Medical Center Massachusetts,
Estados Unidos

Dr. Pablo R. Ros

Stony Brook University Stony Brook,
New York, Estados Unidos

Dr. Eric Stern

University of Washington,
Seattle, Estados Unidos

System for medical image visualization: SYFANMI

Sistema para la visualización de imágenes médicas: SIPANIME

Alberto Jaramillo-Núñez¹, Mónica Pérez-Mesa², Bolivia T. Cuevas-Otahola³,
Jesús A. Arriaga-Hernández^{3*}, and Bárbara Sánchez-Rinza⁴

¹Department of Optics, Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), San Andrés Cholula, Puebla; ²Centro de Tecnologías de la Información, Universidad de la Sierra Sur (UNISIS), Miahuatlán de Porfirio Díaz, Oaxaca; ³Mathematics Academy, Facultad de Ciencias de la Electrónica Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (FCE-BUAP), Puebla, Puebla; ⁴Academia de Computación, Facultad de Ciencias de la Computación, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (FCC-BUAP), Puebla, Puebla. Mexico

ABSTRACT

Introduction: We present a user-friendly and robust system for the analysis of medical images, developed in Lazarus, called SYFANMI, which is also available in Spanish as SIPANIME (Sistema para la Visualización de Imágenes Médicas). SYFANMI highlights the medical anomalies in images to support the specialist in decision-making and increase the diagnostic efficiency in bone early metastatic disease, osteoporosis, degenerative bone diseases, structural changes, etc. **Objective:** We aim for SYFANMI to be considered a computer-aided design (CAD) tool for the detection of bone anomalies (bone metastasis), supporting the expert during the clinical/medical analysis. **Materials and methods:** Development of SYFANMI as the integration of several functions (pixels switch-off, image transform, intensity profile, false color, histogram, segmentation, etc.) in Lazarus is to determine bone anomalies in radiography, mammography, echography, bone scan in several formats such as jpg, jpeg, bmp, and png. **Results:** We tested the use feasibility of the software as a support in the visualization of bone anomalies and early metastatic disease in medical images, allowing the specialist to verify the absence, presence, and/or progress of bone diseases. **Conclusions:** We successfully showed the use of SYFANMI as a low-cost multi-format CAD with the capability of adding new functions according to the place where it is used (medical center, low-resource oncological unit) focusing on the search and follow-up of bone metastasis.

Keywords: SYFANMI. Free Software. Medical image processing. Bone metastatic disease.

*Correspondence:

Jesús Arriaga-Hernández
E-mail: jesus.arriagahdz@correo.buap.mx

Received in original form: 30-05-2023

Accepted in final form: 09-02-2024

DOI: 10.24875/ARM.23000044

RESUMEN

Introducción: Presentamos un sistema robusto y fácil de usar para el análisis de imágenes médicas denominado SIPANIME, el cual se desarrolló en Lazarus. SIPANIME destaca las anomalías médicas en imágenes para apoyar al especialista en la toma de decisiones y aumentar la eficiencia diagnóstica en enfermedad metastásica ósea temprana, osteoporosis, enfermedades óseas degenerativas, cambios estructurales, etc. **Objetivo:** Pretendemos que SIPANIME sea considerado como una herramienta de Diseño Asistido por Computador (CAD) para la detección de anomalías óseas (metástasis óseas), apoyando al experto durante el análisis clínico/médico. **Materiales y métodos:** SIPANIME es la integración de varias funciones (apagado de píxeles, transformación de imagen, perfil de intensidad, color falso, histograma, segmentación, etc.) en Lazarus para determinar anomalías óseas en radiografía, mamografía, ecografía, gammagrafía ósea, etc. en varios formatos como jpg, jpeg, bmp y png. **Resultados:** Probamos la factibilidad de uso del software como apoyo en la visualización de anomalías óseas y enfermedad metastásica temprana, permitiendo al especialista verificar la ausencia, presencia y/o evolución de enfermedades óseas. **Conclusiones:** Mostramos exitosamente el uso de SIPANIME como un CAD multiformato de bajo costo con capacidad de agregar nuevas funciones de acuerdo al lugar donde se utilice (centro médico, unidad oncológica de bajos recursos) enfocándose en la búsqueda y seguimiento de metástasis óseas.

Palabras clave: SIPANIME. Software libre. Procesamiento de imágenes médicas. Metástasis óseas.

INTRODUCTION

Researchers in several areas related to medicine have developed detection techniques to optimize and support medical work¹⁻³. Such models and techniques had an impetus with the emergence of the software tools BONENAVI⁴ and EXINI⁵ (the most popular and widely used tools to date) for the detection of bone metastasis by means of medical image analysis. These tools, however, have a high cost for many medical institutions, low-resource hospitals, and oncological centers. The latter motivated our team to develop low-cost techniques, both financially and technically, to be used in low-resource medical centers. We

recall that software developers often have two main limitations: (1) the computer industry and (2) the development of open-source software. The commercial systems illustrate the first limitation by creating software as raw material to solve a specific task for a single user. Any updates, being adjustments of the options or functions contained in the original tool/system, result in financial profits for the developers and the complete group involved with the software tool. On the other hand, the open-source system has the advantage and capability to be adapted to the user's needs without involving teams or elements belonging to an industry or enterprise, easing the addition of options to increase the functionality between the user and the developer^{6,7}.

Our proposal consists of an open and free source code^{6,7}, compiled and developed in Lazarus⁸, which ensures we meet our goal to reconstruct a free open source computer-aided design (CAD) tool⁹ focused on the early bone metastatic disease detection in bone gamma-grams^{10,11}. Our proposal contains algorithms to support the user (diagnostic expert, oncologist, etc.) in the image analysis, providing support instead of performing a diagnosis. Our software tool is intended to support the specialist in the decision-making process, to provide a more reliable prognosis, a more accurate treatment, and to improve patient life quality¹². The system is capable of analyzing the following image types: radiographs, mammography, echography and gammagrams.

Our proposal has the capability to support the experts in the search for secondary changes in bone metastatic disease or other pathologies such as osteoporosis, microcalcifications, mass detections, and architecture distortions, among others. We integrate into a single system or software tool (SYFANMI) elements from artificial vision, digital image processing (DIP)^{3,13}, in addition to functions/algorithms developed specifically for this proposal, to be applied in the visualization and analysis of medical images, to provide support in the decision-making by the expert in a specific area such as radiology, imaging, and oncology. SYFANMI offers the experts the possibility to process the images based on the object under study, using the available functions, including those devoted to Region of Interest (ROI) segmentation, according to the study or oncologic analysis¹².

To describe the SYFANMI operation, this work is structured as follows: in the first section, we include an explanation of the system, as well as the target audience for SYFANMI. In section two, we present the main functions included in the system and its applications, showing some results. In the third section, we present a brief analysis and results discussion. In the fourth and final section, we show the work conclusions.

MATERIALS AND METHODS

Our software proposal was developed in Lazarus⁸, an open-source, free multi-platform system, used in the development of applications. Lazarus Integrated Development Environment is based on object-oriented programming in the Pascal programming language. Our goal is to support specialists in the analysis of medical images, finding features that could be unnoticed during the observation by any user and during the diagnosis. Our software facilitates early detection of pathologies such as bone, breast, and lung cancer, as well as bone metastatic disease, with the capability to open/read medical images such as radiographs, mammography, echography, and bone scans stored in several formats such as jpg, jpeg, BMP, and png. If the images are not in digital form, radiographs, mammography or ultrasound images can also be used in analog (physical) form. Before using the software, the image can be digitized in any of the previously mentioned formats through the photographic process carried out in the laboratory with suitable environment and illumination conditions. For digitizing purposes, a negatoscope and a special charge-coupled device (CCD) camera

(Brand Pixelink, model PL-B686MU with bit depth of 8 and 10 bits) are used. Three photographic objects are available for digitizing different size areas of the acetate, from 4 × 4 mm per side to 100 × 100 mm with the same resolution of 3,000 × 2,200 pixels for each size. From the values of 2,200 pixels and 4 mm, we digitized 1 micron of the acetate in each image pixel, which gives us an excellent photographic resolution. In the second case, each image pixel has an area of 45 microns in the acetate.

The routines described in this work are used to search for anomalies through our proposal, including techniques of segmentation to obtain the ROI; filtering to reduce the noise contained in the image; thresholding to obtain the gray tone intervals and false color to highlight the found anomalies. In general, for improved visualization of the findings, we use DIP techniques.

Descriptions of functions

MENU FUNCTION

Our software proposal, SYFANMI¹ has the potential to be a CAD⁹ tool, with toolbars, title, menus, and status, as well as a work area, as seen in Fig. 1. Several options are available in the menu bar such as File, Edit, See, Filters, Patient, Tools, and Help. Each menu contains several options devoted to open, and save image files, exit the system, select an image to be segmented, visualize a real-size image or fitted to the component size, apply a mean, median, or Gaussian filter, and store relevant patients' data such as names, exam type or observations



FIGURE 1. Main system interface.

performed by the specialist (henceforth referred to as user). We will describe in this work the options of the Tools menu, which include pixels switch-off, image transform, and intensity profile. We also include the options calculator and histogram in the Tools menu.

SEGMENTATION FUNCTION

Medical images can generally cover a complete human body or parts, as in the case of bone gammagrams and radiographs. It is not always desirable to upload large files to the program since it is computationally time-consuming. Hence, we apply a segmentation procedure to the image to obtain a smaller file, ensuring that the final image contains only the desired ROI. The latter is the first function, chosen from the system, from the Edit menu option. After the image is uploaded, the ROI is selected with the cursor, and the option to Cut is selected (Fig. 2).

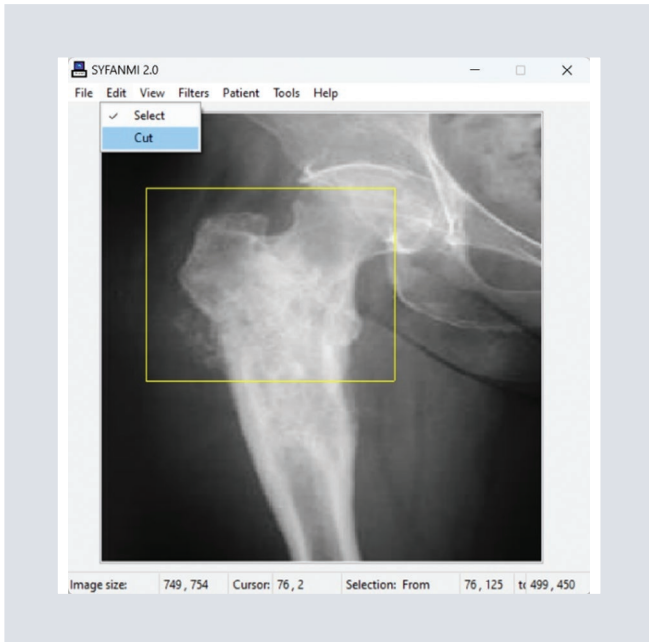


FIGURE 2. Selection of the Cut function, segmentation.

FILTERS FUNCTION

All medical images have a certain degree of noise (errors that hinder the data visualization), as well as in the case of digitized images with the photographic process (the latter include color, which in several cases is not perceived at first sight, due to the photographic sensors, unless a CCD in gray tones is used). It is possible to remove this noise, but in the majority of cases, it is only possible to reduce that noise. To this aim, there are functions available in the filters menu that allows the user to select: mean, median, and gaussian⁵ to filter out the predominant noise. The user should know which is the predominant type of noise in the uploaded image to ensure a correct filter selection.

HISTOGRAM FUNCTION

The histogram function has a single application: displaying the image gray tone histogram

to determine the minimum and maximum values of the histogram. Such values are important in SYFANMI¹ since they are used in several functions, such as the pixels switch-off, false color, and also, with a certain experience, to determine from a simple observation of a gammagram histogram if an ROI contains metastatic disease and its progress. To access the histogram function, the Tools option in the menu bar should be selected, which will display a window with several options available in histogram. After selecting an option, a histogram will be displayed corresponding to the uploaded ROI or image (Fig. 3).

In addition to the histogram of a gray-tone (GT) image, the histograms of a color image can be displayed by filtering with a color selection. In the RGB components, for instance, that histogram can be displayed either separately or simultaneously, as in the case of another color protocol. We emphasize that SYFANMI will always show the histograms as frequency vs. GT (gray tones), even in the case of the same medical image, we should bear in mind that 256 gray tones are considered once again (considering zero as the minimum tone and 255 as the maximum) for the segmentation since it can be performed over a previously segmented image to delimit the ideal ROI.

PIXELS SWITCH-OFF FUNCTION

This option “sets to zero” (pixel = 0) those pixels with a gray tone value above or below a certain value, according to the performed analysis, and given a certain threshold value provided by the user (Fig. 4).

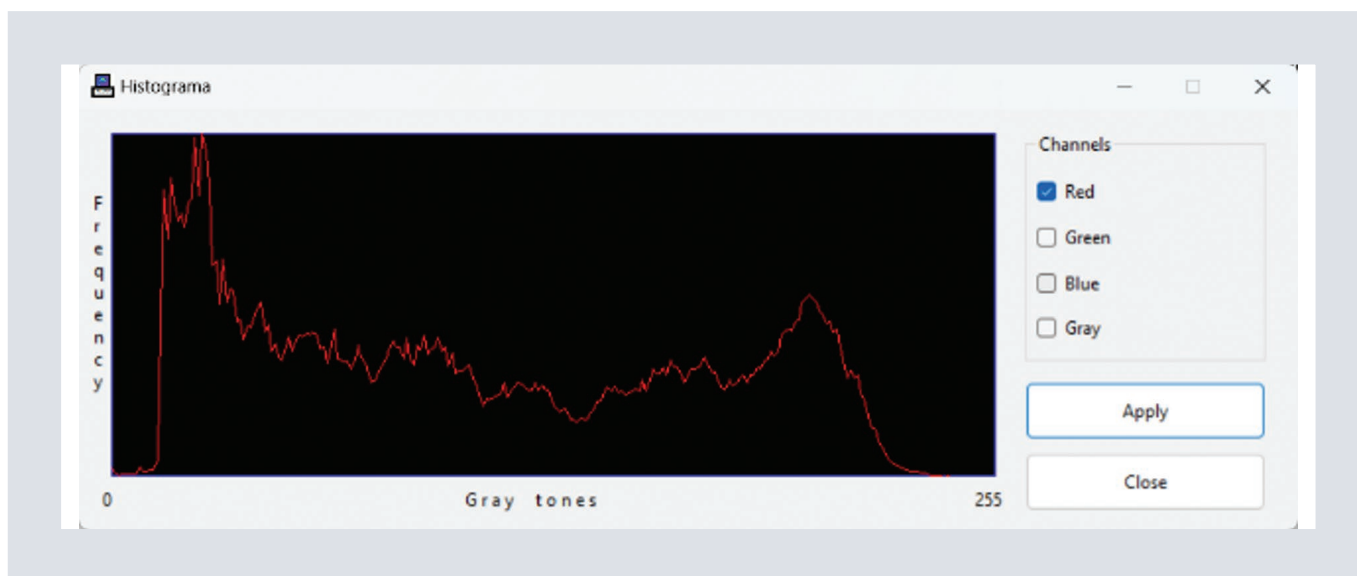


FIGURE 3. Image histogram (not shown).

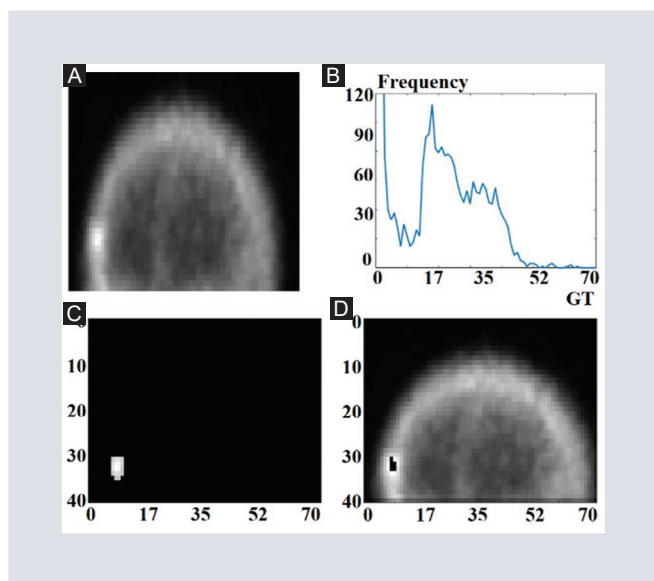


FIGURE 4. Use of the pixels switch-off function. **A:** initial image with an ongoing metastatic disease. **B:** histogram. **C:** gray tone image with values below 45 switched off. **D:** gray tone image with values above 55 switched off.

This procedure can be applied to a single image or two images, as in the case of a follow-up, to visualize differences between the images. The active pixels (not forced to zero) are analyzed with the aim of determining the gray tone values possibly indicating a bone anomaly,

which could be followed up with SYFANMI¹ to track the progress of metastasis. To access this option, we place the cursor in the Tools menu and select the pixels switch-off option (in Fig. 5 we show the turn-off dialog box). SYFANMI allows the observation of several images for follow-up purposes. In this case, we show an active image in the main window that will show up in the dialog box, with the option to open another image in its place if the user requires it, giving the opportunity to choose between one or two images. If the user chooses one, the changes obtained from the threshold application will be shown in the upper part of the dialog box. The Save Image R option is also available to store the final image in a file. In Fig. 4, in addition to observing the pixel switch-off operation, we are segmenting in the first place a skull in a gammagram, diagnosed with early metastasis. We refine the segmentation up to the middle and filter the last ROI to increase the contrast, looking for its threshold value by means of the histogram (Fig. 4B). From the latter, we illustrate the process to determine the zone with metastasis in A-D in the lower-left part of the figure.

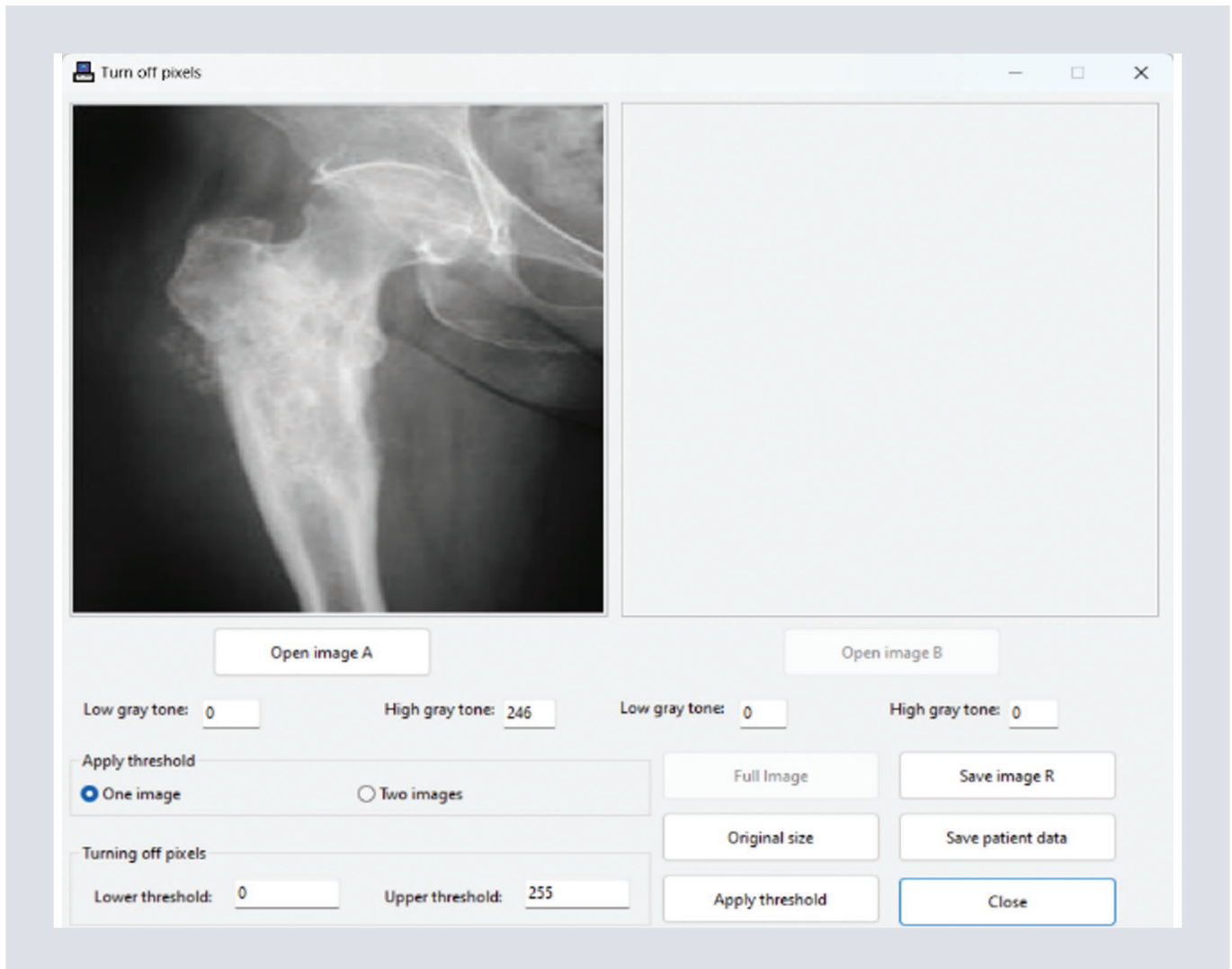


FIGURE 5. Dialog box of the pixels switch-off (turn-off) function.

If two images are used, we select the option two images in the apply threshold menu, where the button open image B will be activated, opening the second image. A particular application of the system when handling two images from the same patient at different times is the comparison to determine the progress of the bone disease, allowing the verification of the effectiveness or failure of the treatment supplied to the patient in the case of an existing pathology. In the absence of anomalies or disease progress, both images will switch off simultaneously with a certain maximum value. If one of the images switches off first, it will indicate the presence of

an anomaly and will serve as a warning sign to the expert, as we emphasize in Jaramillo-Núñez et al.¹⁰. If a lower threshold value is not required, it can be set to zero, and if an upper threshold is not required, it can be set to 255 which is the highest and most common gray tone except in tomographies.

IMAGE TRANSFORMS FUNCTION

Analyzing the radiographs of a humeral body, we notice that it is possible to characterize the progress of bone degradation by

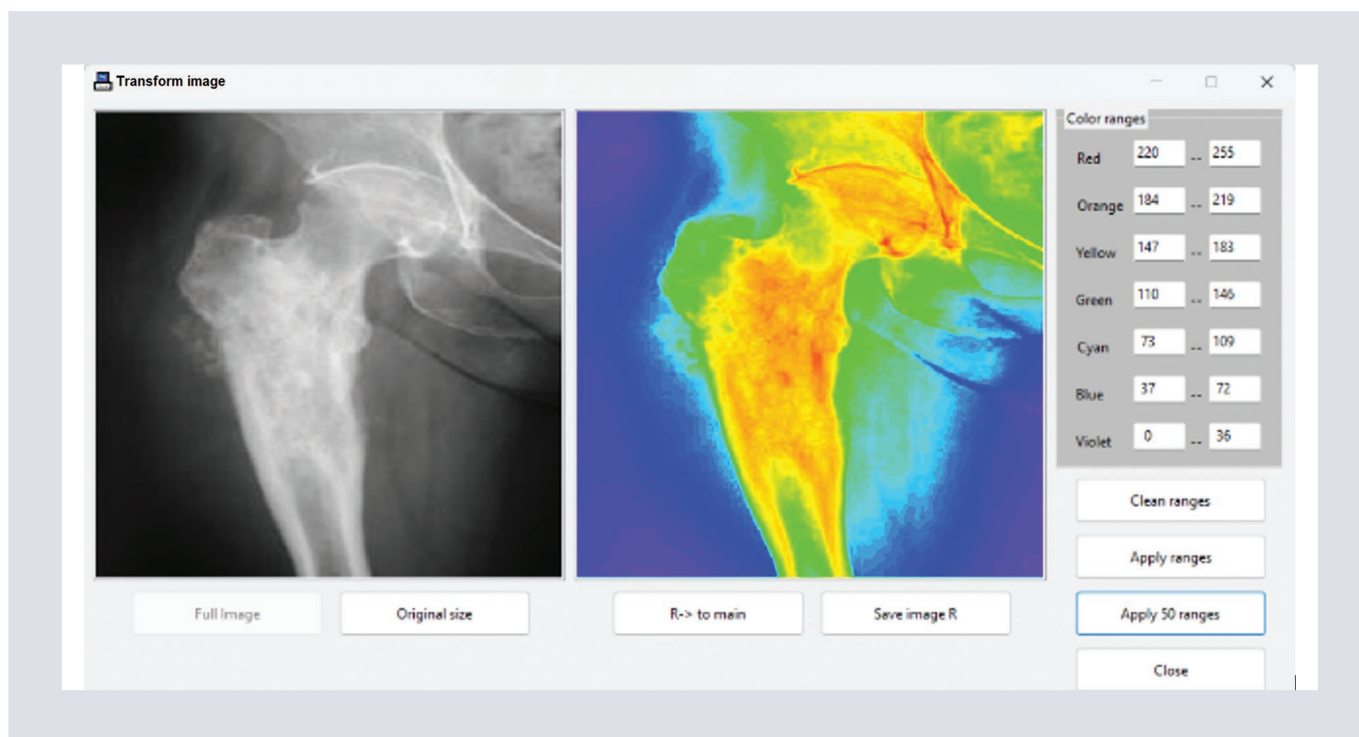


FIGURE 6. Dialog box of the image transform option.

simply visualizing the images in color^{12,13}. Hence, in SYFANMI¹, the function image transform is available which assigns a false color to a gray-tone image following several criteria. To access this option, we locate the Tools menu and select the image transform option. The active image in the main window will be displayed in the dialog box.

When the image gray tone interval is small (for example, 0-100), seven color ranges are used in the transformation (Fig. 6). The seven colors have gray tone ranges predetermined by the system, easing its modification by the user with the given criteria. The most common criterion for the range choice is the use of minima and maxima of the image gray tone histogram. The option apply 50 ranges is also available which is used when the gray tone interval is large (for example, in tomographies). The previous seven colors are

considered a base and blurred into 50 tones. We also mention the save image R option which saves the resulting image.

This function has been successfully used to detect early bone metastatic disease¹¹⁻¹³ in bone scans, since the gray tone image transformation into color allows distinguishing between healthy and infiltrated cases, easing the detection of the anomalies in the image (Fig. 7). We are currently exploring the possibility to apply this function to other diseases such as osteoporosis.

INTENSITY PROFILE FUNCTION

The intensity profile function is used to analyze a small image area row by row. This application was included considering that in a small bone area, with a size of a few

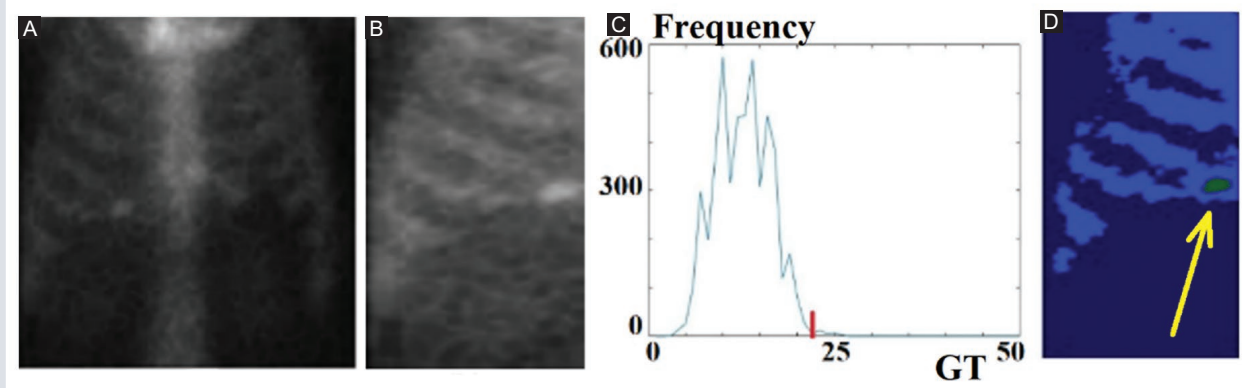


FIGURE 7. Procedure to assign a false color to early metastatic disease. **A:** thorax gammagram. **B:** segmented image corresponding to figure A. **C:** image histogram of figure B. **D:** false color assignation using the minimum value shown in red in the histogram, to detect early metastasis (green zone highlighted with the yellow arrow), show the dimensions and location of the metastatic disease in blue.

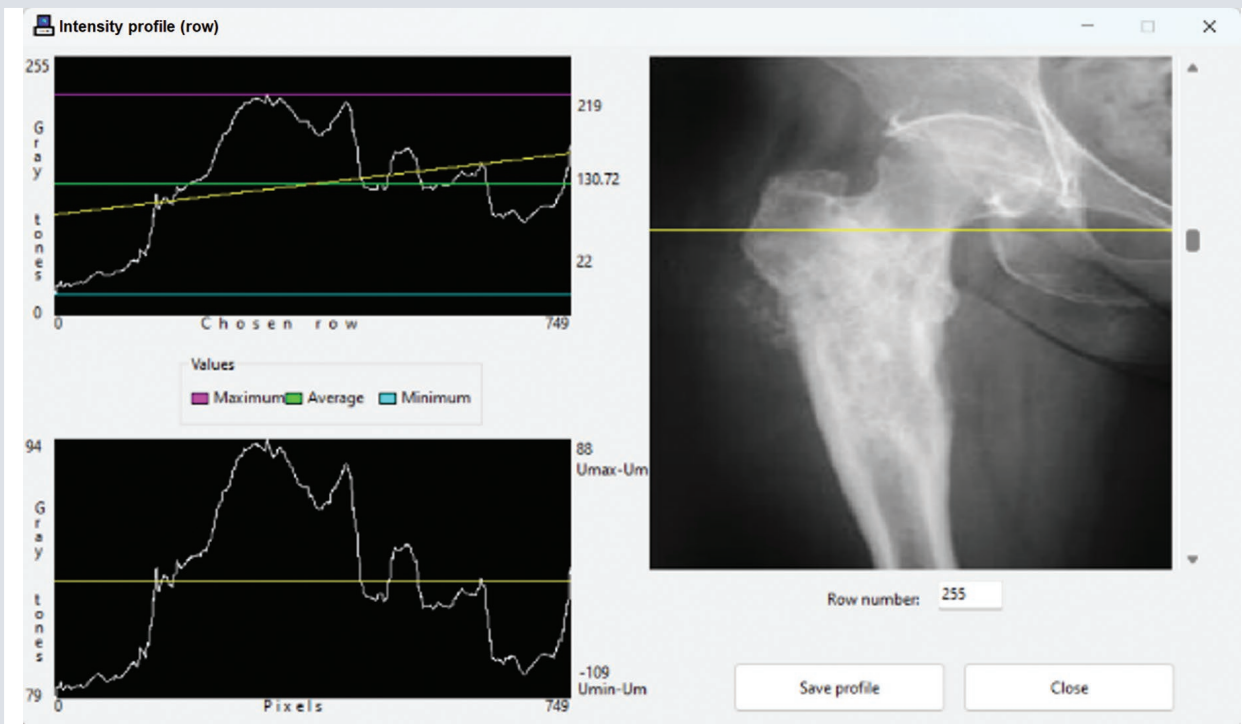


FIGURE 8. Intensity distribution (gray tones) in row 656 in the image displayed in the right panel.

centimeters, the majority of bones display a nearly constant gray tone. When mild bone degradation caused by a disease is present within the region, it can be detected by

observing the graph discontinuities when the region is displayed line by line. It is also possible to quantitatively compute bone demineralization from the obtained graphs. The

intensity profile function shows the bidimensional intensity distribution of the selected file in an image as shown in Fig. 8. The user has the freedom to use this function if necessary to identify the changes or bone degradations by means of the graphs or to find some details that were not observed during the image visualization in color due to the tone ranges contained in a single color. This option is particularly useful in bone degradation as in the detection of osteoporosis and verification of a bone anomaly progress, early metastatic disease, and others^{10,11,12}. This is the most effective technique for analyzing an image to find bone degradation, even in mild cases, but it is a time-consuming process if the row number is large.

This function is in the Tools menu associated with the Profile Intensity option, and it is linked to the dialog box shown in Fig. 8. In the upper left panel, we show the intensity profile of the selected row in the image on the right side (yellow line). We use these lines to show the minimum, mean, and maximum values (blue, green, and pink, respectively) and the linear fit to the data (in yellow). If the users intend only to determine the presence of a bone anomaly, they can use the graph in the upper part and observe the difference in height of the ridges and valleys. If the users want to quantify the degradation to determine the disease progress, the second graph needs to be used. In this graph, we show the interval width to illustrate the bone degradation in line 656 of the image.

The data provided in the second graph are the same as in the top panel graph, removing the yellow line slope in the top panel to obtain a line matching the horizontal line in the graph

which eases the calculations. This function also offers the save profile option which allows the user to save the profile of the examined and numbered row to a patient's file.

An application of the function is shown^{14,15} where an analysis by lines in an image of a humeral head, obtained from a photographic process of flat radiography, helps the user quantify the observed bone degradation due to early metastatic disease. The first graph (a) in Fig. 9 shows a row with early metastasis, and the second graph (b) shows an ongoing metastasis. The obtained bone degradation in graph (a) is of the order of 11%, which is a significant advance since only degradations of the order of 30-75% can be observed visually in flat radiographic images¹⁶. By plotting the intensity distribution along the image rows, we can observe qualitatively if the bone has an anomaly using the following criterion: if the graph line is "smooth" (non-discontinuous), the bone is healthy, but if the graph line is discontinuous, it shows an anomaly.

The advantages of using this option as a support tool in the detection of mild bone degradation include:

- Bone loss can be observed from a graph
- Bone density increase or decrease can be quantified
- The row where the degradation is present can be known with accuracy.

RESULTS AND DISCUSSION

New and improved developments advance according to the technology, providing benefits for health and patients' welfare, by means of cutting-edge algorithms, more efficient to support

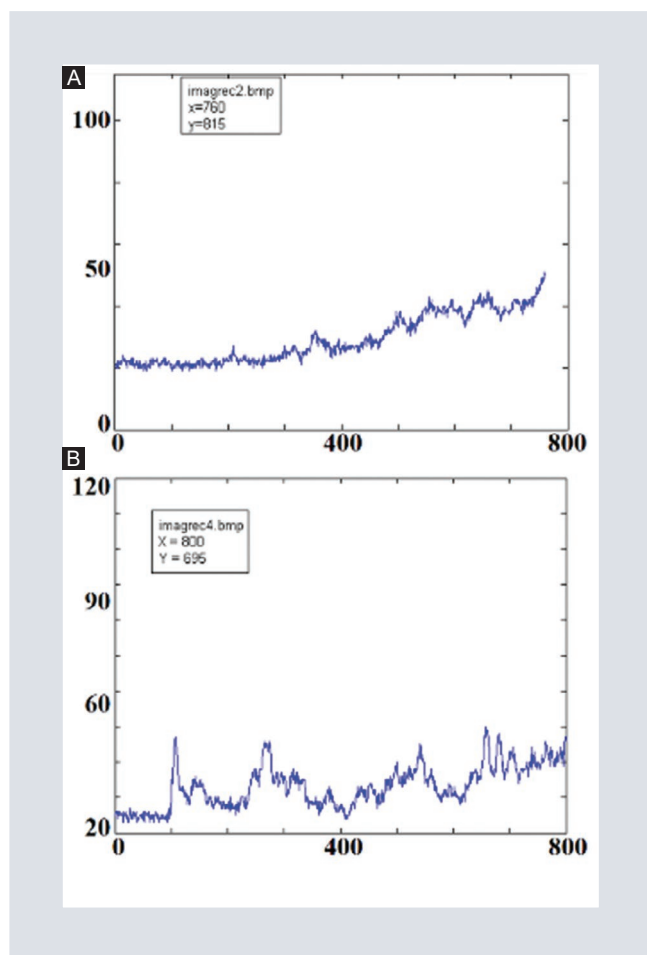


FIGURE 9. Intensity distribution in a row of a humeral head image. **A:** of early metastatic disease. **B:** ongoing metastasis.

experts. Considering this, we developed SYFANMI¹, as a robust, friendly software tool, with the potential to add new routines according to the user's needs. SYFANMI is the result from the feedback provided by specialists in several areas related to medical images visualization.

The following routines are the most suitable to search for early bone metastasis: Intensity Profile. Since the search is carried out row by row, we suggest constraining it to small areas of a few centimeters to decrease the computation time. This function is applicable in radiographs, which are the first diagnostic tests often recommended for patients due to their

low cost. It is discouraged in the case of asymptomatic patients, where the approximated target location is not clear. The second routine is the Image Transform function, which can be used in asymptomatic patients as well as in metastatic disease since a larger area can be visualized. This function has been successfully used to detect bone metastatic disease⁹, and we are currently exploring the possibility to apply this function to other diseases such as osteoporosis. This application was included because the human eye is capable of resolving in the best-case scenario 32 gray tones out of 256¹⁰, hindering the user to observe possible bone anomalies in an early stage. This function will ease the image analysis, considering the human eye's capabilities to resolve a larger number of colors rather than gray tones. In the case of radiotherapy associated with metastatic disease, it is crucial to determine the location and extension of the disease to avoid damaging healthy tissue, as in the case of radiotherapy administered to the skull. The pixels switch-off routines and image transform can be useful in these cases.

A relevant feature of the histogram function is its potential to determine the presence of metastatic disease with little expertise and without carrying out the whole process. To this aim, it is necessary to observe the histogram's right edge. In the case of Figs. 4B and C, we observe small ripples on the right side. Depending on its extension and height, it is possible to infer if these ripples indicate early, ongoing or advanced metastasis.

The previously mentioned functions were tested separately and the results are published in references^{10,11,12-15,17,18}, where we emphasize the collaboration with the Centro Medico Nacional La

Raza (CDMX). In such a center, 150 bone scans were obtained following the ethical protocols established by the IMSS, from which 35 were thoroughly analyzed for these functions¹⁷ and the results were compared with their corresponding medical diagnosis. The results were not in agreement since SYFANMI showed a higher presence of metastasis, mostly from the early stages. However, the required follow-up was not performed for those metastatic cases. Subsequently, for the rest of the gammagrams, we validated several functions by reviewing the gammagrams and diagnosis, ROI with metastasis, non-cancerous anomalies, and healthy ROI that could display false positives^{12,14,17,18}. In those research works several tables summarizing these functions separately can be found, in the context of the study of bone scans. In the case of another radiologic image, the medical protocols should be considered to carry out medical imaging taking into account the tissue absorption of the chemical substances (if any) required for the study, according to the underlying physics and the individual's biology^{11,12,17}.

CONCLUSIONS

We described the use of SYFANMI, which contains functions for the analysis and digital processing of medical images such as radiography, mammography, echography, and bone scans. It is common that medical images have a DICOM format, however, there are currently commercial software tools devoted to opening/reading this format. The current SYFANMI version does not have a function to open DICOM format images; however, we are working to integrate such a function as soon as possible.

The objective of SYFANMI¹ is to support experts in the decision-making process of cancer detection and treatment to reduce diagnosis times. Our software tool does not provide a diagnosis itself, but it helps the expert give a final diagnosis. SYFANMI¹ also has several menu bars to ensure a friendlier user experience. The menu options provide tools for the analysis of medical images to support the detection of anomalies/abnormalities which can be unnoticed at first sight by the expert. Using the free open-source software tools^{6,7} in the Lazarus platform⁸ allows for specialist and developer feedback to optimize the existing functions and include new ones very efficiently. We are aware that there are in the literature several platforms to build SYFANMI as a Windows executable file. However, Lazarus allows us to reach low-resource medical centers since the SYFANMI executable does not require complex drivers of recent Windows versions, with the capability to be easily executed in Windows XP, requiring minimal graphics features, making SYFANMI a friendly and accessible software tool for low-resources medical centers.

Since we intend to donate our software tool to health institutions that require it, we strongly believe that the images to be analyzed in the future with SYFANMI will be provided by medical centers, and for this reason, we, the developers, do not take the responsibility for the ethical protocols followed or not during the image acquisition. However, the software user should sign an agreement to avoid filtering information regarding the obtained results.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) and

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) for their collaboration and support during this research in the same way to Mtra. Mónica Pérez-Mesa for her support.

FUNDING

The authors had no funding.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare that they have no conflicts of interest.

RESPONSABILIDADES ÉTICAS

Protection of human and animal subjects.

The authors declare that no experiments were performed on humans or animals for this study.

Confidentiality of data. The authors declare that they have followed the protocols of their work center on the publication of patient data.

Right to privacy and informed consent. The authors have obtained the written informed consent of the patients or subjects mentioned in the article. The corresponding author is in possession of this document.

Use of artificial intelligence for generating text. The authors declare that they have not used any type of generative artificial intelligence for the writing of this manuscript, nor

for the creation of images, graphics, tables, or their corresponding captions.

REFERENCES

1. Ríos Briones NI, Saldívar Rodríguez D. Imagenología 2011. México: Manual Moderno; 2011. Available from: <https://tienda.manualmoderno.com/imagenologia-9786074487206-9786074487565.html>
2. National Cancer Institute (NCI). Significado de los Cambios en Los Senos: Guía Para la Salud de la Mujer. USA: Department of Health and Services, National Institute of Health; 2022. Available from: <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/deteccion/significado-cambios-seno.pdf>
3. The WHO (World Health Organization-Organización Mundial de la Salud). Cáncer. Centro de Prensa; 2017. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cancer> [Last accessed on 2023 May 29].
4. Horikoshi H, Kikuchi A, Onoguchi M, Sjostrand K, Edenbrandt L. Computer-aided diagnosis system for bone scintigrams from Japanese patients: importance of training database. *Ann Nucl Med.* 2020;34:200-11.
5. EXINI Diagnostics Park AB 2023. Available from: <https://exini.com> [Last accessed on 2023 May 29].
6. Stallman R, Gay J, Free Software Foundation. Free Software, Free Society: selected Essays of Richard M. Stallman; 2002. Available from: <https://www.gnu.org> [Last accessed on 2023 May 29].
7. Elliott MS, Scacchi W. Mobilization of software developers: the free software movement. *Inf Tech People.* 2008;1:4-33.
8. Lazarus; 1993. Available from: <https://www.lazarus-ide.org/index.php> [Last accessed on 2023 May 29].
9. Koizumi M, Motegi K, Koyama M, Ishiyama M, Togawa T, Makino T, et al. Diagnostic performance of a computer-assisted diagnostic system: sensitivity of BONENAVI for bone scintigraphy in patients with disseminated skeletal metastasis is not so high. *Ann Nucl Med.* 2020;34:200-11.
10. Jaramillo Núñez A, Gómez Conde JC. Método para incrementar la sensibilidad diagnóstica del gammagrama óseo. *Ann Radiol Méx.* 2015;1:11-19.
11. Bourner R. Fundamentals of Digital Imaging in Medicine. Germany: Springer-Verlag; 2010.
12. Jaramillo Núñez A, Arriaga Hernández A, Cuevas Otaola B, Pérez Meza M, Sánchez Rinza B. Diagnostic software proposal for bone scan follow-up using false color based on the gammagrams analysis from gray tone histograms. *Biomed Phys Eng Express.* 2021;7:035002.
13. Pérez Meza M, Jaramillo Núñez A, Cuevas Otaola B, Arriaga-Hernández JA, Sánchez Rinza BE. Determination of early bone metastasis on bone scans using the gray levels histogram. *Rev Mex Ing Biom.* 2021;2:6-14.
14. Pérez-Meza M, Jaramillo-Núñez A, Sánchez-Rinza BE. Visualizando gammagramas óseos en colores. *Rev Mex Ing Biomed.* 2018;3:255-37.
15. Jaramillo-Núñez A, Sánchez-Rinza BE, Pérez-Meza M. Noticeable bone degradation on a plain radiography: a case. *Rev Mex Ing Biomed.* 2018;2:182-9.
16. Even-Sapir E. Imaging of malignant bone involvement by morphologic, scintigraphic, and hybrid modalities. *J Nucl Med.* 2005;8:1356-67.
17. Zapote Hernández B. Concordancia Diagnostica Entre el Análisis Visual y Por Software en la Detección de Metástasis Ósea por Gammagrafía Ósea en Cáncer de Próstata [Tesis de Doctorado no Publicada]. Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de México; 2016. Available from: https://ru.dgb.unam.mx/handle/dgb_unam/tes01000741703
18. Zapote-Hernández B, Cruz-Santiago JC, González-Vargas E, Jaramillo-Núñez A. Concordancia diagnóstica entre los métodos visual e informático en la detección de metástasis por gammagrafía ósea en cáncer de próstata. *An Rad Méx.* 2016;2:111-9.

Asociación de hallazgos ultrasonográficos abdominales en recién nacidos pretérmino con enterocolitis necrosante

Association of abdominal ultrasonographic findings in preterm newborns with necrotizing enterocolitis

Irma N. Ferrusquía-Jiménez^{1,2}, Guadalupe Gómez-Rodríguez^{1,3*}, Deyanira Carballo-Magdaleno¹, Roberto T. Jiménez-López^{1,3} y Ma. Guadalupe León-Verdín²

¹Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales, Hospital de Gineco-Pediatría, Unidad Médica Alta Especialidad No. 48, Centro Médico Nacional del Bajío, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS); ²Departamento de Investigación Clínica, Universidad de Guanajuato, División Ciencias de la Salud Campus León; ³Servicio de Auxiliares de Diagnósticos e Imagenología, Hospital de Gineco-Pediatría, Unidad Médica Alta Especialidad No. 48, Centro Médico Nacional del Bajío, IMSS. León, Gto., México

RESUMEN

Objetivo: Conocer la asociación de hallazgos del ultrasonido abdominal en recién nacidos pretérmino con enterocolitis necrosante (ECN). **Método:** Estudio transversal, analítico, pacientes con ECN. Se realizó ultrasonido abdominal: líquido libre, pared intestino grueso más de 2.5 mm, pared intestino delgado menos de 1.1 mm, gas en vena porta, neumatosis intestinal, disminución y/o ausencia de peristalsis, aumento y/o ausencia de perfusión sanguínea intestinal. Se utilizó chi cuadrada, U de Mann-Whitney para asociación hallazgos ecográficos y ECN, alfa < 0.05, programa SPSS v.23. **Resultados:** 37 pacientes. Estadio IA: pared de intestino delgado menor de 1.1 mm fueron 15 (40%) pacientes, líquido libre 13 (35%), peristalsis disminuida 11 (29%), ausencia de peristalsis en algunas zonas 8 (21%). Estadio IB: líquido libre y perfusión sanguínea aumentada 2 (5%). Estadio IIA: peristalsis disminuida 7 (18%), pared de intestino delgado menor de 1.1 mm 4(10%), líquido libre 3(8.%), neumatosis 2 (5%), perfusión sanguínea ausente 1 (2%). Estadio IIIA: 1(2%) líquido libre, adelgazamiento de pared de intestino delgado menor de 1.1 mm, ausencia de peristalsis, perfusión sanguínea ausente. **Conclusión:** Existe asociación de los hallazgos ultrasonográficos en pacientes con ECN. El más frecuente fue adelgazamiento de la pared intestinal de intestino delgado, líquido libre y peristalsis disminuida, sería útil como método diagnóstico para toma de decisiones médico quirúrgico.

Palabras clave: Enterocolitis necrosante. Pretérmino. Ultrasonido abdominal.

*Correspondencia:

Guadalupe Gómez-Rodríguez

E-mail: lupitaneonato@gmail.com; guadalupe.gomez@imss.gob.mx

1665-2118/© 2023 Sociedad Mexicana de Radiología e Imagen, AC. Publicado por Permayer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Recibido: 27-03-2022

Aceptado: 05-04-2023

DOI: 10.24875/ARM.22000031

ABSTRACT

Objective: To know the association of abdominal ultrasound findings in preterm newborns with necrotizing enterocolitis. **Method:** Transverse, analytical study, patients with necrotizing enterocolitis abdominal ultrasound was performed: free fluid, large wall more than 2.5 mm, small bowel wall less than 1.1 mm, gas in portal vein, intestinal pneumatosis, decreased and/or absence of peristalsis, increase and/or absence of intestinal blood infusion. Chi square and Mann-Whitney U tests were used to establish association ultrasound findings and necrotizing enterocolitis, alpha level < 0.05, SPSS v.23.0 program. **Results:** 37 patients. IA stage: small intestine wall less than 1.1 mm with a total of 15 (40%), 13 (35%) decreased peristalsis 11 (29%), absence of peristalsis 8 (21.62%). IB stage: free liquid, increased blood infusion 2 (5%). IIA stage: peristalsis decreased 7 (18%), small intestine wall less than 1.1 mm 4 (10%), free liquid 3 (8%), pneumatosis 2 (5%), absent blood infusion 1 (2%). IIIA stage: 1 (2%) free liquid, thinning of small intestine wall less than 1.1 mm, absence of peristalsis and blood infusion. **Conclusion:** There is an association of ultrasonographic findings in patients with necrotizing enterocolitis. Most frequent finding: small bowel wall less than 1.1 mm, free fluid, decreased peristalsis. It would be important to implement it as a diagnostic method in all cases for medical and surgical decision-making.

Keywords: Abdominal ultrasound. Necrotizing enterocolitis. Preterm.

INTRODUCCIÓN

La enterocolitis necrosante (ECN) es la causa más frecuente de enfermedad gastrointestinal adquirida y emergencia quirúrgica en el neonato; afecta predominantemente a prematuros con muy bajo peso al nacer. Se reporta una incidencia del 5-15%. La patogénesis es multifactorial y aún no está claramente definida. En estadios iniciales, la ECN es difícil de diagnosticar, ya que los síntomas son inespecíficos y pueden observarse también en sepsis¹. Un 20-40% de los casos requiere cirugía. A pesar de los avances en los cuidados del prematuro con muy bajo peso, la mortalidad continúa siendo elevada y varía del 20 al 50%, dependiendo de la gravedad de la ECN y la edad gestacional del neonato². A pesar de la naturaleza compleja y multifactorial de la patogénesis de la ECN, tres factores

de riesgo principales han sido implicados en su desarrollo: prematuridad, colonización bacteriana del intestino y la fórmula de alimentación³.

La alimentación enteral con fórmula es el segundo factor de riesgo más importante de ECN, ya que más del 90% de los casos reportados ocurren después de haberla iniciado; ocasionalmente ocurre en neonatos que nunca han sido alimentados. Los mecanismos propuestos por los cuales la alimentación incrementa el riesgo de ECN incluyen: a) alteración de la microbiota; b) alteración en el flujo intestinal; c) estrés hiperosmolar; d) mala digestión de la proteína o lactosa de la leche, y e) activación de la respuesta inflamatoria⁴.

Su patogénesis es multifactorial y aunque no está claramente definida, se tiene la teoría de

que interacción de inmadurez intestinal, alteración de la microbiota, alimentación enteral e isquemia inician la lesión del tracto gastrointestinal y causan una respuesta aumentada del sistema inmunitario, sobre-reacción de las células epiteliales del intestino inmaduro y activación de receptores *toll-like* (TLR2 grampositivos y TLR4 gramnegativos), lo que ocasiona disrupción y apoptosis del enterocito, alteración de la integridad de la barrera epitelial, disminución de la capacidad de reparación de la mucosa y aumento de la permeabilidad intestinal, seguida de translocación bacteriana con entrada de lipopolisacáridos, factor activador de plaquetas (FAP) y gran cantidad de bacterias a la submucosa, lo que desencadena la liberación de varios mediadores proinflamatorios (factor de necrosis tumoral, interleucina [IL] 6, IL-8, IL-10, IL-12, IL-18, factor nuclear κ B, leucotrienos, tromboxanos) que producen inflamación transmural continua o discontinua del intestino delgado o grueso y disfunción microcirculatoria con liberación de ET1, lo que resulta en daño de la mucosa y del tejido epitelial con isquemia y necrosis^{1,5-7}.

Hasta el presente no hay marcadores bioquímicos específicos de la ECN, sin embargo entre los hallazgos podemos observar anemia, aumento o disminución de los leucocitos (a menudo con bandemia), trombocitopenia (la disminución rápida es un signo de progresión o mal pronóstico) y proteína C reactiva (PCR) positiva (la persistencia o incremento puede ser un signo de progresión). Otras alteraciones reportadas son la disminución de los monocitos (dato de progresión o mal pronóstico) y la aparición temprana y persistente de eosinofilia (predictor de mal pronóstico durante la convalecencia); hipoglucemia, hiperglucemia, hionatremia, acidosis metabólica y anormalidades de las pruebas de coagulación^{1,2,8,9}.

Para realizar diagnóstico también se utilizan estudios de gabinete. La radiografía de abdomen contribuye con información importante. Se debe realizar en dos posiciones, anteroposterior y lateral izquierda, seriadas para poder visualizar los hallazgos característicos y clasificar el estadio de la ECN^{1,2,8}.

Los signos radiográficos tempranos no son específicos y son similares a los observados en sepsis con íleo: niveles aire-líquido, dilatación de las asas del intestino, engrosamiento de la pared. El diagnóstico de ECN se realiza al observar signos radiológicos de neumatosis intestinal, gas en vena porta o asa intestinal fija. Si la enfermedad progresa, podemos también encontrar ascitis y neumoperitoneo^{9,10}.

Aunque las radiografías simples carecen de la sensibilidad y la especificidad para detectar isquemia intestinal o necrosis, los datos recientes sugieren que el ultrasonido puede ser de utilidad en este sentido^{11,12}.

El ultrasonido ofrece algunas ventajas potenciales sobre las películas simples, ya que puede mostrar el grosor de la pared intestinal y la ecogenicidad, las colecciones de fluidos focales, el peristaltismo y la ausencia de perfusión de la pared intestinal utilizando imágenes Doppler. Como se menciona en la fisiopatología, el daño endotelial causa modificaciones dentro del epitelio, lo que causa alteraciones del flujo sanguíneo ocasionando isquemia y necrosis, de ahí parte la importancia de conocer a nivel molecular la fisiopatología de esta enfermedad^{2,13}.

Se realizó ultrasonido abdominal en 51 neonatos en EE.UU. portadores de enterocolitis en sus diferentes estadios, los hallazgos en los

pacientes con ECN IA en la mayoría de los casos (80%) había aumentado la perfusión de la pared intestinal. El líquido abdominal libre se reveló en todas las etapas de ECN, y era anecoico homogéneo en todos los casos. En el estadio IB de Bell tuvo la tendencia a disminuir la perfusión y el engrosamiento de la pared intestinal (más de 2.5 mm). En el 16%, los neonatos con ECN escala de grises por ultrasonido indicó pared intestinal gruesa con neumatosis intestinal¹⁴.

Los pacientes con estadio IIA, los signos típicos fueron gas intramural y disminución del peristaltismo intestinal. La formación de gas intramural (o neumatosis intestinal) en esta fase es debida a la penetración de bacterias de la mucosa intestinal y sus productos del metabolismo. Continúa la isquemia de pared intestinal, que conduce a una disminución de la frecuencia de peristalsis. Neonatos con estadio IIA: la ecográfica en esta fase se caracteriza por una reducción del peristaltismo intestinal (en el 55.5% de los casos), y el adelgazamiento de la pared intestinal (menos de 1.1 mm). En el estadio IIIA el 71% de los casos presentaba ausencia de peristalsis y gas intramural. Ausencia de perfusión y adelgazamiento de la pared intestinal menor de 1 mm encontrado en el 86% de recién nacidos. Un grosor por debajo de 1.0 mm indica un adelgazamiento anormal resultante de isquemia o necrosis¹⁴.

La dilatación persistente de las asas intestinales y el gas venoso fue predictora de la intervención quirúrgica y en más del 80% de los pacientes con dilatación persistente del intestino, la intervención quirúrgica fue finalmente requerida¹⁵.

La ausencia de peristalsis se encontró en estadios avanzados de enterocolitis, es un signo que predispone a intervención quirúrgica sin presencia de neumoperitoneo.

El grosor de la pared no es un signo que predispone a intervención quirúrgica en ausencia de neumoperitoneo, encontrando grosor de la pared de 2.8 mm^{16,17}.

El ultrasonido abdominal es un método no invasivo que se puede realizar repetidamente, en cualquier momento, sin exposición a radiación y da una imagen más amplia de la progresión de la ECN¹⁴.

MÉTODO

El estudio fue aprobado por el Comité Local de Investigación y Ética en Investigación en Salud No. 1002 con número de registro R-2017-1002-045 y se realizó durante el periodo agosto de 2017-febrero de 2018, en la unidad de Cuidados Intensivos Neonatales de la Unidad Médica de Alta Especialidad, Hospital de Gineco-Pediatría N.º 48 del Instituto Mexicano del Seguro Social en León, Guanajuato.

Fue un estudio transversal analítico. Se incluyeron recién nacidos prematuros, con diagnóstico de ECN estadio I, II y III con base en los criterios de estadificación modificados por Bell, hospitalizados en el servicio de Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales (UCIN) y cunero patológico.

Se excluyeron los recién nacidos de término, con malformaciones congénitas mayores, pacientes cuyos expedientes estén incompletos

y los que retiraron su consentimiento informado firmado por los padres.

Se realizó un estudio transversal y analítico en la UCIN, cunero patológico donde se capturaron los pacientes con diagnóstico de ECN en todos los estadios de acuerdo con los criterios de estadificación modificados por Bell. Se censaron los servicios, identificando pacientes con ECN, y se solicitó el consentimiento informado a los padres, se llenó hoja de captura de datos y se realizó ultrasonido abdominal por parte del servicio de imagenología en turno vespertino en una sola ocasión, al captar al paciente con diagnóstico de ECN, en búsqueda de hallazgos ultrasonográficos en neonatos con ECN.

Se registraron características generales de los pacientes, entre las que se incluyeron datos demográficos, clínicos, antropométricos y estudios de imagen.

Datos demográficos: nombre del paciente, edad, número de seguro social, semanas de gestación.

Datos clínicos: se tomaron datos clínicos de ECN según los criterios de estadificación modificados por Bell para ECN (Tabla 1)¹⁸.

A diferencia de la radiografía, la ecografía permite valorar de forma objetiva los cambios evolutivos en la pared intestinal (engrosamiento e hiperemia seguido de adelgazamiento e isquemia) permitiendo anticiparse a la perforación¹⁹.

Se realizó ultrasonido abdominal en búsqueda de: líquido libre, engrosamiento de pared de intestino grueso más de 2.5 mm,

adelgazamiento de pared de intestino delgado menor de 1.1 mm, gas en vena porta, pneumatosis intestinal, peristalsis disminuida, ausencia de peristalsis en algunas zonas, flujo sanguíneo aumentado o ausencia de este.

Se consideró como normal el estudio aquellos pacientes en los cuales no se encontró ningún hallazgo en el ultrasonido abdominal. Como hallazgos anormales, aquellos que presentaron uno o varios criterios ya descritos en pacientes con ECN.

Datos antropométricos: estado nutricional, se verificó en expediente para poder confirmarlo.

Datos de estudios de gabinete: se realizó ultrasonido abdominal a todos los pacientes con ECN, se tomaron como referencia los criterios referidos en el estudio de Aliev et al.²⁰, se reportan las alteraciones ultrasonográficas encontradas en neonatos con ECN, el ultrasonido abdominal se realizó en turno vespertino por médico radiólogo adscrito a esta unidad.

Análisis de resultados: para las variables cualitativas se usó el test de chi cuadrado o de Fisher. Para las variables cuantitativas y para establecer asociación entre los hallazgos ecográficos y ECN, el test no paramétrico U de Mann-Whitney. Todos los resultados se consideraron significativos para un nivel alfa < 0.05. Los análisis se llevaron a cabo con el programa SPSS v.23.0.

RESULTADOS

En este estudio se incluyeron 37 pacientes con ECN según los criterios de estadificación

TABLA 1. Criterios de Estadificación Modificados por Bell para enterocolitis necrotizante

Estadio	Signos sistémicos	Signos abdominales	Signos radiográficos	Tratamiento
IA Sospechado	Temperatura inestable, apnea, bradicardia, letargia	Retención gástrica, distensión abdominal, emesis, hem positivo en heces	Normal o dilatación intestinal, íleo leve	Nada por boca, antibióticos por 3 días
IB Sospechado	Igual que arriba	Heces francamente sanguinolentas	Igual que arriba	Igual que IA
IIA Definido, levemente enfermo	Igual que arriba	Igual que arriba, más ausencia de ruidos intestinales con o sin dolor abdominal	Dilatación intestinal, íleo, neumatosis intestinal	Nada por boca, antibióticos por 7 a 10 días
IIB Definido, moderadamente enfermo	Igual que arriba, más acidosis metabólica leve y trombocitopenia	Igual que arriba, más ausencia de sonidos intestinales, dolor definido, con o sin inflamación abdominal o masa en el cuadrante inferior derecho	Igual que IIA, más ascitis	Nada por boca, antibióticos por 14 días
IIIA Avanzado, severamente enfermo, intestino intacto	Igual que IIB, más hipotensión, bradicardia, apnea severa, acidosis respiratoria y metabólica combinada, CID y neutropenia	Igual que arriba, más signos de peritonitis, dolor marcado y distensión abdominal	Igual que IIA, más ascitis	Nada por boca, antibióticos por 14 días, resucitación con fluidos, soporte inotrópico, asistencia respiratoria, paracentesis
IIIB Avanzado, severamente enfermo, intestino perforado	Igual que IIIA	Igual que IIIA	Igual que arriba, más neumoperitoneo	Igual que IIA, más cirugía

CID: coagulación intravascular diseminada.
Adaptada de Caplan et al, 2020¹⁸.

modificados por Bell para ECN en todos los estadios, 28 (75.6%) pacientes con estadio IA, 1 (2.7%) paciente en estadio IB, 6 (16.21%) pacientes con estadio IIA, 1 (2.7%) paciente en estadio IIB y 1 (2.7%) paciente en estadio IIIA.

Las características demográficas de nuestra población estudiada (Tabla 2) fueron recién nacidos prematuros de sexo masculino 21 (56.75%) y femenino 16 (43.24%), la edad promedio de días de vida extrauterina de 12.08 ± 8.07 , talla promedio de 39.4 ± 4.6 , peso promedio $1,493.21 \pm 524$, edad gestacional promedio de 32.1 ± 2.8 ,

pacientes gemelares 5 (15.5%), Apgar al 1.º minuto 7-8, Apgar a los 5 minutos 8-9, vía de nacimiento vaginal 7 (20%) y por cesárea 30 (80%). Se encontró en el estadio IA el hallazgo más frecuente la pared de intestino delgado menor de 1.1 mm con un total de 15 (40.5%) pacientes, en segundo lugar líquido libre con 13 pacientes (35.1%), tercer lugar con 11 pacientes (29.7%) con peristalsis disminuida y por último ausencia de peristalsis en algunas zonas con 8 pacientes (21.6%). (Tabla 3).

En el estadio IB se encontraron solo dos hallazgos, los cuales fueron con un paciente

TABLA 2. Características generales de población estudiada

Variable	n (%)
Sexo (M/F), n (%)	21/16 (56.75/43.24)
Peso (g), media ± DE	1,493.21 ± 524
Talla (cm), media ± DE	39.4 ± 4.6
Edad gestacional (semanas), media ± DE	32.1 ± 2.8
Edad (días), media ± DE	12.08 ± 8.07
Pacientes gemelares	5 (15.5%)
Apgar 1. ^{er} minuto	7-8
Apgar 5 minutos	8-9
Vía de nacimiento	
Vaginal	7 (20%)
Abdominal	30 (80%)

DE: desviación estándar; M/F: masculino/femenino; N: número.

cada uno, con un porcentaje del 2.7% para líquido libre y perfusión sanguínea aumentada (Tabla 2).

En el estadio IIA se encontraron 7 pacientes para peristalsis disminuida y ausencia de esta en algunas zonas con una frecuencia del 18.9%, en segundo lugar se encontraron 4 pacientes con pared de intestino delgado menor de 1.1 mm (10.8%), en cuarto lugar el líquido libre estuvo presente en 3 pacientes (8.1%), en quinto lugar 2 pacientes con neumatosis (5.4%) y en último lugar un paciente con perfusión sanguínea ausente (2.7%).

En el estadio IIB no se encontraron hallazgos en ultrasonido y solo se presentó un paciente en este estadio de Bell.

En el estadio IIIA se encontró un paciente para líquido libre, adelgazamiento de pared de intestino delgado menor del 1.1 mm, peristalsis disminuida, ausencia de peristalsis en

algunas zonas, y perfusión sanguínea ausente con un porcentaje para cada uno del 2.7% (Tabla 3).

No se detectaron hallazgos en ultrasonido en 5 pacientes (13.5%) en el estadio IA y en 1 paciente (2.7%) en estadio IIB de Bell.

En la muestra captada se encontró como hallazgo más frecuente la pared de intestino delgado menor de 1.1 mm con un total de 20 pacientes (54%), seguido de peristalsis disminuida en 19 pacientes (51.35%), líquido libre abdominal anecoico con 18 pacientes (48.6%), ausencia de peristalsis en algunas áreas en 16 pacientes (43.2%), la neumatosis y ausencia de perfusión intestinal se encontraron en 2 pacientes (5.4%), solo en un paciente se encontró engrosamiento de intestino grueso más de 2.5 mm y perfusión sanguínea intestinal aumentada (2.7%). No se encontró en ningún paciente con gas venoso portal intrahepático (Tabla 4).

DISCUSIÓN

De los nueve hallazgos intestinales ultrasonográficos incluidos en esta revisión, se encontró como hallazgo más frecuente: la pared de intestino delgado por debajo de 1.1 mm con un porcentaje de 54%, después se presentó la peristalsis disminuida y ausencia de peristalsis en algunas zonas con un 51.3%, el líquido libre abdominal es el 3.^{er} hallazgo más frecuente, con una frecuencia del 48.6%, estos hallazgos pueden ser insinuados a partir de radiografías seriales, el ultrasonido intestinal es más capaz de caracterizar estos hallazgos con mayor detalle. En el estudio de Aliev et al.¹⁴ se reportan las alteraciones

TABLA 3. Asociación de hallazgos de ultrasonido en pacientes con enterocolitis necrosante

Hallazgos del ultrasonido	Estadios de enterocolitis necrosante					
	IA	IB	IIA	IIB	IIIA	IIIB
Líquido libre abdominal anecoico	13 (35%)	1 (2%)	3 (8%)	0	1 (2%)	0
Pared intestinal intestino grueso más de 2.5 mm	1 (2%)	0	0	0	0	0
Pared intestinal de intestino delgado menos de 1.1 mm	15 (40%)	0	4 (10%)	0	1 (2%)	0
Gas en vena porta	0	0	0	0	0	0
Neumatosis intestinal	0	0	2 (5.4%)	0	0	0
Peristalsis disminuida	11 (29%)	0	7 (18%)	0	1 (2%)	0
Ausencia de peristalsis en algunas áreas	8 (21%)	0	7 (18%)	0	1 (2%)	0
Perfusión sanguínea intestinal aumentada	0	1 (2%)	0	0	0	0
Ausencia de perfusión sanguínea intestinal	0	0	1 (2%)	0	1 (2%)	0

TABLA 4. Frecuencia y porcentaje de hallazgos de ultrasonido en prematuros con enterocolitis necrosante.

Hallazgo de ultrasonido	Sí, n (%)	No, n (%)
Líquido libre abdominal anecoico	18 (48.6%)	19 (51.3%)
Pared intestinal intestino grueso más de 2.5 mm	1 (2.7%)	36 (97.29%)
Pared intestinal de intestino delgado menos de 1.1 mm	20 (54%)	17 (45.9%)
Gas en vena porta	0 (0%)	37 (100%)
Neumatosis intestinal	2 (5.4%)	35 (94.59%)
Peristalsis disminuida	19 (51.35%)	18 (48.64%)
Ausencia de peristalsis en algunas áreas	16 (43.24%)	21 (56.75%)
Perfusión sanguínea intestinal aumentada	1 (2.7%)	36 (97.29%)
Ausencia de perfusión sanguínea intestinal	2 (5.4%)	35 (94.59%)

ultrasonográficas encontradas en neonatos con ECN, siendo las más frecuentes líquido libre abdominal con una proporción de 53.5%, así como engrosamiento de la pared intestinal en el 46.5% del total de sujetos estudiados,

incluyendo todos los estadios de enterocolitis. Berman et al., al igual que Markel et al., nombrados en la *Revista Nacional de Pediatría* en el artículo de revisión y actualización de ECN, describen como hallazgos frecuentes en ultrasonido la colección focal de líquido, líquido libre ecogénico, incremento de la densidad ecogénica de la pared intestinal y aumento del espesor de la pared intestinal, que fueron estadísticamente significativos en predecir resultados desfavorables; comparando nuestro estudio se encontró la colección de líquido libre como 3.^{er} hallazgo más frecuente^{1,2}.

La ecografía también es superior a la radiografía para caracterizar el líquido en el abdomen, consistentemente en otros estudios encontraron que el líquido intraperitoneal anecoico libre puede ser un hallazgo normal en los recién nacidos¹⁷, mientras que el líquido ascítico con ecos o tabiques sugiere más pus o contenido intestinal que indica perforación^{21,22}. En este estudio la colección de líquido libre se encontró en los tres estadios de ECN.

En un metaanálisis²⁰ reciente reportaron que el engrosamiento y adelgazamiento de la pared intestinal, el aumento de la ecogenicidad de la pared intestinal, la ausencia de perfusión y la ausencia de peristaltismo se asociaron con la cirugía o la muerte de los recién nacidos con ECN. Se cree que estos hallazgos de la pared intestinal representan un continuo de cambios que refleja el empeoramiento de la gravedad de la ECN²³. En las etapas iniciales, el grosor de la pared intestinal, la ecogenicidad y la perfusión aumentan debido a la inflamación intestinal continua y al edema de la mucosa. A medida que avanza la ECN, el adelgazamiento de la pared intestinal, la ausencia de perfusión y la ausencia de peristaltismo se vuelven más predominantes y son altamente sugestivos de perforación intestinal inminente.

El engrosamiento de la pared intestinal de intestino grueso más de 2.5 mm a comparación del estudio de Aliev et al.¹⁴ no fue un hallazgo frecuente, ubicándolo en el 5.º lugar en frecuencia junto con aumento de perfusión sanguínea intestinal.

Los hallazgos menos frecuentes fueron neumatosis intestinal, perfusión intestinal ausente o aumentada y gas en vena porta; este resultado fue debido a que solo un paciente presentó ECN estadio III y nuestro tamaño de muestra fue pequeño.

En nuestro estudio nos enfrentamos a varias limitaciones, como fue la falta de personal de camillería para el traslado de los pacientes a la unidad de ultrasonido. Segundo, el seguimiento de los pacientes durante la estancia hospitalaria, por lo que desconocemos su evolución e intervenciones.

Podemos destacar de nuestro estudio que, dado que no hay mucha evidencia del uso de ultrasonido en pacientes con ECN, la información aquí recolectada nos da un panorama de que sí hay asociación en un paciente con enterocolitis y el ultrasonido, además de identificar cuáles son los hallazgos más frecuentes para futuras intervenciones médicas y quirúrgicas oportunas, evitando así secuelas intestinales que ponen en riesgo la vida.

CONCLUSIÓN

Existe una asociación de los hallazgos ultrasonográficos en pacientes con ECN. Se encontró como hallazgo más frecuente el adelgazamiento de la pared intestinal de intestino delgado, peristalsis disminuida, ausencia de peristalsis en algunas zonas y líquido libre. Sería importante implementarlo como método diagnóstico en todos los casos para toma de decisiones en tratamiento médico y quirúrgico.

FINANCIAMIENTO

El costo total del estudio fue parte del protocolo diagnóstico y terapéutico de los pacientes incluidos en dicho estudio. No se recibió patrocinio de ningún tipo para llevar a cabo este artículo.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al personal de enfermería, técnicos radiólogos y residentes de

pediatría de la Unidad Médica de Alta Especialidad No. 48 del Instituto Mexicano del Seguro Social, León Guanajuato México, por su incondicional apoyo en esta investigación.

RESPONSABILIDADES ÉTICAS

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

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

Uso de inteligencia artificial para generar textos. Los autores declaran que no han utilizado ningún tipo de inteligencia artificial generativa en la redacción de este manuscrito ni para la creación de figuras, gráficos, tablas o sus correspondientes pies o leyendas.

BIBLIOGRAFÍA

- Berman L, Moss RL. Necrotizing enterocolitis: an update. *Semin Fetal Neonatal Med.* 2011;16(3):145-150.
- Markel TA, Engelstad H, Poindexter BB. Predicting disease severity of necrotizing enterocolitis. How to identify infants for future novel therapies. *J Clin Neonatol.* 2014;3(1):1-9.
- Hackam DJ, Afrazi A, Good M, Sodhi CP. Innate immune signaling in the pathogenesis of necrotizing enterocolitis. *Clin Dev Immunol.* 2013;4:1-10.
- Caplan MS. Necrotizing enterocolitis in preterm infants is related to enteral feeding, but the mechanisms remain uncertain and have changed over time. *Curr Pediatr Rep.* 2014;2:241-7.
- Neu J, Walker A. Necrotizing enterocolitis. *N Engl J Med.* 2011;364:255-64.
- Kim JH. Necrotizing enterocolitis the road to zero. *Semin Fetal Neonatal Med.* 2014;19:39-44.
- Chen AC, Chung MY, Chang JH, Lin HC. Pathogenesis implication for necrotizing enterocolitis. Prevention in preterm very low birth weight infants. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 2014;58(1):7-11.
- Choi YY. Necrotizing enterocolitis in newborns: update in pathophysiology and newly emerging therapeutic strategies. *Korean J Pediatr.* 2014;57:505-13.
- Walsh MC, Kliegman RM. Necrotizing enterocolitis treatment based on staging criteria. *Pediatr Clin North Am.* 1986;33(1):179-201.
- Neu J. Necrotizing enterocolitis: the mystery goes on. *Neonatology.* 2014;106:289-95.
- Braccini G, Lamacchia M, Boraschi P, Bertelotti L, Marrucci A, Goletti O, et al. Ultrasound versus plain film in the detection of pneumoperitoneum. *Abdom Imaging.* 1996;21:404-12.
- Dekhkonaev AA, Aliev MM, Adylova GS, Yuldashev RZ. Ultrasonographic predictors of early complications of necrotizing enterocolitis. *Pediatrics.* 2015;3:62-8.
- Silva CT, Daneman A, Navarro OM, Faingold R, Epelman M. Comparison of accuracy of radiographs and ultrasound for the detection of free intraperitoneal gas in neonates with necrotizing enterocolitis. *Pediatr Radiol.* 2007;37(Suppl 1):S52.
- Aliev MM, Dekhqonboev AA, Yuldashev RZ. Advantages of abdominal ultrasound in the management of infants with necrotizing enterocolitis. *Pediatr Surg Int.* 2017;33:213-26.
- Coursey CA, Hollingsworth CL, Gaca AM, Maxfield C, DeLong D, Bisset G. Radiologists' agreement when using a 10-point scale to report abdominal radiographic findings of necrotizing enterocolitis in neonates and infants. *Am J Roentgenol.* 2008;191:190-7.
- Dilli D, Suna Oguz S, Erol R, Ozkan-Ulu H, Dumanlı H, Dilmen U. Does abdominal sonography provide additional information over abdominal plain radiography for diagnosis of necrotizing enterocolitis in neonates. *Pediatr Surg Int.* 2011;27:321-7.
- Faingold R, Daneman A, Tomlinson G, Babyn PS, Manson DE, Mohanta A, et al. Necrotizing enterocolitis: assessment of bowel viability with color Doppler US1. *Radiology.* 2005;235:587-94.
- Caplan MS, Jilling T. New concepts in necrotizing enterocolitis. *Curr Opin Pediatr.* 2001;13(2):111-5.
- Oulego-Erroz I, Terroba-Seara S, Alonso-Quintela P, Jimenez-Gonzalez A, Ardela-Diaz E. Bedside ultrasound in the early diagnosis of necrotizing enterocolitis: A strategy to improve the prognosis. *An Pediatr (Barc).* 2020;93(6):411-3.
- Cuna AC, Reddy N, Robinson AL, Chan SS. Bowel ultrasound for predicting surgical management of necrotizing enterocolitis: a systematic review and meta-analysis. *Pediatric Radiology.* 2018;48:658-66.
- Miller SF, Seibert JJ, Kinder DL, Wilson AR. Use of ultrasound in the detection of occult bowel perforation in neonates. *J Ultrasound Med.* 1993;12:531-5.
- Azarow K, Connolly B, Babyn P, Shemie SD, Ein S, Pearl R. Multidisciplinary evaluation of the distended abdomen in critically ill infants and children: the role of bedside sonography. *Pediatr Surg Int.* 1998;13:355-9.
- Epelman M, Daneman A, Navarro OM, Morag I, Moore AM, Kim JH, et al. Necrotizing enterocolitis: review of state-of-the-art imaging findings with pathologic correlation. *Radiographics.* 2007;27:285-305.

TC convencional vs. TC con *software* atenuante de radiación ¿Qué uso le damos a esta herramienta en la práctica diaria y qué resultados nos ha brindado?

Conventional CT vs. CT with a radiation attenuation software, how are we making use of this tool in the daily practice? And what results have been obtained?

Giovanni A. Salgado-Álvarez¹, Sara A. Reyes-Díaz¹, Héctor R. Ordaz-Álvarez¹, Manely Lara-Reyes¹, Peter Grube-Pagola¹ y Alfredo Rivera-Secchi^{2*}

¹Instituto de Investigaciones Médico-Biológicas, Universidad Veracruzana; ²Servicio de Radiología e Imagen, Hospital de Alta Especialidad de Veracruz. Veracruz, Ver., México

RESUMEN

Introducción: Los daños potenciales de la radiación han motivado la creación de programas de optimización de dosis, sin embargo, su desempeño en la práctica ha sido poco estudiado en México. **Objetivo:** Comparar las dosis efectivas calculadas en un tomógrafo convencional, contra uno con optimizador de dosis. **Método:** Estudio observacional, analítico, comparativo y transversal. Se recabaron los registros de DLP de un tomógrafo convencional (T1) y de un tomógrafo con el *software* iDose[®] (T2) del Hospital de Alta Especialidad de Veracruz en los años 2018-2020. **Resultados:** Se registraron 658 pacientes; 323 (49%) procedían del T1, 335 (51%) del T2. La edad promedio fue de 35.2 ± 23.8 . Se recabaron 400 (60.8%) registros de hombres, 258 (39.2%) de mujeres. La dosis efectiva promedio del T1 fue de $2.42 \text{ mSv} \pm 1.2$ y para el T2 de $2.4 \text{ mSv} \pm 0.94$. Se utilizó el programa iDose[®] en 169 pacientes, representando un 25.6% de los registros del T2, y un 29.7% de la muestra total. El uso de iDose[®] resultó con un OR: 0.684 (IC95%: 0.48-0.97). **Conclusión:** El uso de programas de optimización de dosis es factor protector contra niveles elevados de radiación. Es conveniente promover su uso en los centros de radiología e imagen.

Palabras clave: Protección radiológica. Tomografía. Bioaseguramiento. Diagnóstico por imagen.

*Correspondencia:

Alfredo Rivera-Secchi

E-mail: alfrivera@uv.mx

Recibido: 25-01-2023

Aceptado: 19-05-2023

DOI: 10.24875/ARM.23000007

1665-2118/© 2023 Sociedad Mexicana de Radiología e Imagen, AC. Publicado por Permalyer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

ABSTRACT

Introduction: The potential damage of radiation has encouraged the creation of dose optimization programs; however, its performance has been poorly assessed in Mexico. **Objective:** To compare the effective dose calculated in a conventional tomograph against a different equipment with a dose optimizer. **Method:** Observational, analytical, comparative and cross-sectional study. DLP records were collected from a conventional scanner (T1) and from another with the software iDose® (T2) of the High Specialty Hospital of Veracruz in the period 2018-2020. **Results:** 658 patients were recorded; 323 (49%) were obtained from T1, 335 (51%) from T2. The mean age was 35.2 ± 23.8 . 400 (60.8%) represented men, 258 (39.2%) for women. The average effective dose was $2.42 \text{ mSv} \pm 1.2$ and $2.4 \text{ mSv} \pm 0.94$ for T1 and T2 respectively. The iDose® program was applied on 169 patients, namely 25.6% of the T2 records, and 29.7% of the total sample. The use of iDose® resulted in an OR: 0.684 (95%CI: 0.48-0.97). **Conclusion:** The employment of dose optimization programs is a protective factor against high radiation levels. It is advisable to promote the utilization of these systems in imaging centres.

Keywords: Radiation protection. Tomography. Biosecurity. Diagnostic imaging.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Desde la implementación de la tomografía computarizada (TC) con fines de diagnóstico médico, su uso ha ido en aumento. Según un estudio llevado a cabo en EE.UU., las exploraciones con TC ocupan casi el 50% de la contribución a la dosis absorbida por la población. Sin embargo, es a partir del año 2000 que inicia el interés por la reducción de los daños potenciales que pudieran surgir de la radiación ionizante¹⁻³.

Estudios recientes confirman un pequeño pero significativo incremento de casos de cáncer inducidos por la radiación generada por la TC, siendo los niños más sensibles que los adultos⁴⁻⁶, en ambos casos el daño es directamente proporcional a la dosis³. En consecuencia, se ha implementado el concepto de ALARA (*As Low As Reasonable Achievable*) en cuanto a las dosis de energía ionizante necesarias para uso clínico^{2,7-9}.

A la fecha no es posible cuantificar de manera precisa la radiación que recibe un individuo^{1,4}, por lo cual se ha recurrido a diferentes métodos de estimación de dosis, siendo particularmente útil el cálculo de la dosis efectiva^{3-5,10-13}. Esta se define como la «cantidad relacionada con el riesgo de inducción de cáncer o efectos genéticos por irradiación», de acuerdo con la Sociedad Española de Radiología Médica (SERAM)⁷. Con esta variable se puede contrastar el impacto biológico que tiene la radiación emitida por un estudio de imagen, contra el impacto propio de la energía radioactiva recibida de manera natural desde el medio ambiente en un lapso de tiempo ($\approx 3 \text{ mSv/año}$)^{7,14}.

La dosis efectiva puede ser calculada por simulaciones Monte Carlo (método de referencia) o mediante la fórmula: $\text{DLP} \cdot \text{Factor K}$. Cabe resaltar que la variación entre ambos métodos es mínima cuando se trata de TC de cráneo^{4,5,10}.

En los últimos años ha habido un aumento en el interés de la adición de programas de atenuación de dosis efectiva en equipos para TC, a fin de optimizar su uso. El propósito es controlar la calidad de imagen requerida y la dosis de radiación, adaptando el tubo de corriente a la forma del paciente, tamaño y atenuación. De ser optimizada correctamente, se puede reducir la radiación del paciente alrededor de un 20 a 40%, mientras se sigue produciendo una imagen de calidad suficiente para una confiable evaluación y diagnóstico¹⁵⁻¹⁷. Aunque la efectividad de estos programas ha sido demostrada en múltiples estudios realizados por sus desarrolladores y otros grupos^{18,19}, en México son limitados los estudios que evalúen los resultados de su aplicación en la práctica médica real.

Por otro lado, aunque en nuestro país los límites de dosis efectiva están bien establecidos por la NOM-229-SSA1-2002, son pocos los trabajos de investigación con registros de este valor que permitan visualizar el apego a esta legislación en la práctica real^{8,17}.

El objetivo de este estudio yace en observar, analizar y comparar los valores de dosis efectiva en dos tomógrafos, de los cuales uno tiene a su disposición un programa de atenuación de dosis (iDose®). Así como evaluar el desempeño de este programa en cuanto a la protección contra dosis de radiación elevadas y el apego de los resultados a las normas oficiales vigentes en México.

MÉTODO

Se realizó un estudio observacional, analítico, comparativo, de tipo transversal, con los registros de los pacientes que fueron sometidos a

estudios de TC de cráneo en el Hospital de Alta Especialidad de la ciudad de Veracruz (HAEV) entre los años 2018 y 2020. Los datos fueron recolectados de dos equipos diferentes: un tomógrafo Philips Ingenuity MD64 sin programa de optimización de dosis (T1) y un tomógrafo Philips Ingenuity MD64 equipado con el programa de optimización de dosis iDose® versión 1 desarrollado por Philips® (T2). Fueron incluidos todos los registros de TC de cráneo que incluyeran: DLP, fecha, edad y sexo, que especificaran si se utilizó el programa iDose® o no. Se excluyeron aquellos pacientes cuyo registro incluía tomografías de otras áreas anatómicas, pacientes que no cumplieran con su registro técnico completo, así como registros cuya imagen no tuviesen calidad suficiente o utilidad clínica de acuerdo con el criterio de dos evaluadores independientes especialistas en radiología e imagen. Se calculó la dosis efectiva, multiplicando el DLP de cada paciente por el factor K correspondiente para su grupo de edad de acuerdo con la Asociación Americana de Físicos en Medicina (AAPM), es decir: 0.011 para neonatos, 0.0067 para ≤ 1 año de edad, 0.0040 para ≤ 5 años, 0.0032 para ≤ 10 años, 0.021 para mayores de 10 años y adultos.

En cuanto al análisis estadístico, las variables nominales y ordinales fueron descritas con frecuencias y porcentajes, las variables continuas y discretas con medidas de tendencia central y dispersión. Se utilizó U de Mann-Whitney, chi cuadrada (χ^2) y se determinaron los *odds ratios* (OR) con intervalo de confianza del 95% (IC95%). El análisis de resultados se realizó con el programa IBM SPSS® Statistics versión 22.0. El presente estudio no implicó riesgo alguno para los pacientes, dado que solo se utilizaron registros electrónicos. Se

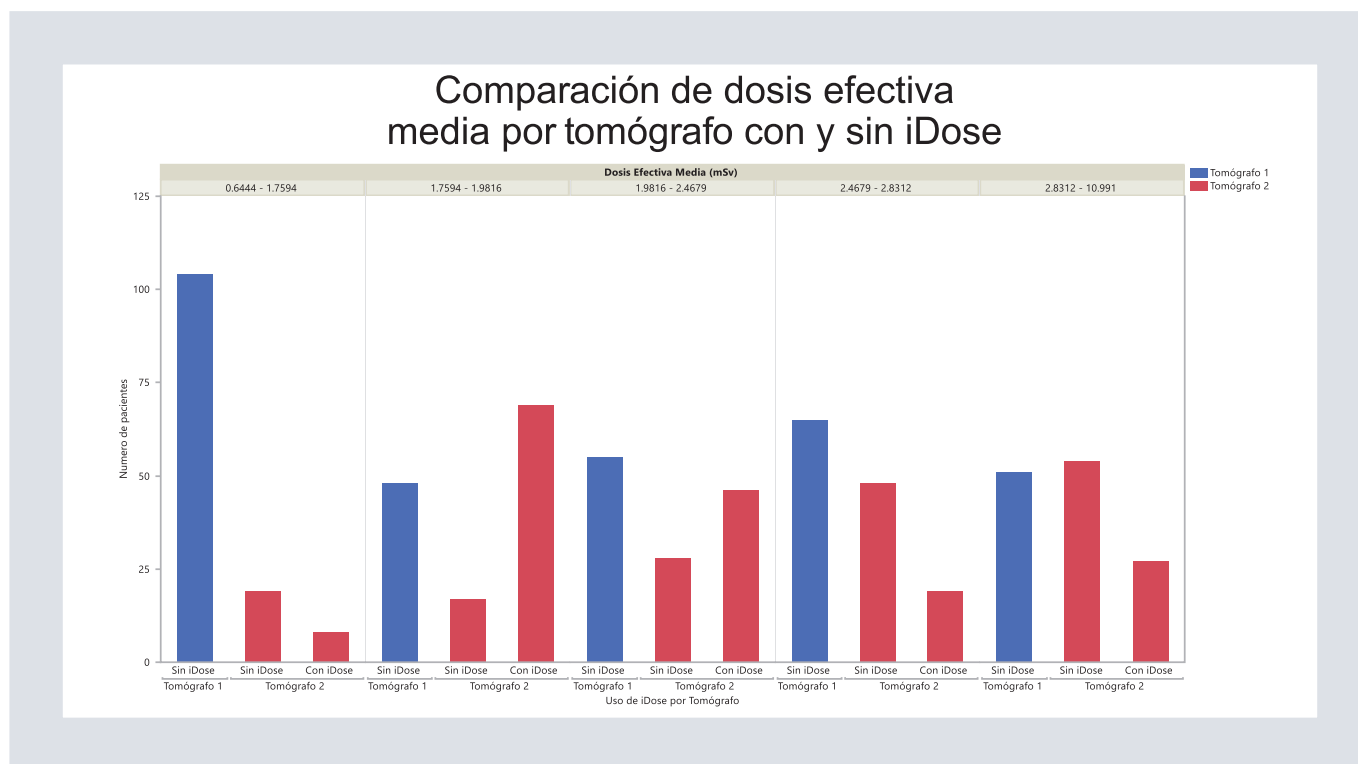


FIGURA 1. Cantidad de sujetos que fueron expuestos a distintos niveles de radiación, en referencia a tomógrafo 1 y tomógrafo 2. mSv: mili-Sievert.

tomó en cuenta la declaración de Helsinki que establece los principios éticos y buenas prácticas médicas, así como el artículo 16 del Reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación para la salud, que protege la privacidad de los individuos participantes en la investigación.

RESULTADOS

Se obtuvieron 686 registros de pacientes correspondientes al periodo entre 06-07-2018 y 30-05-2020, tras la discriminación por criterios de exclusión obtuvimos 658 registros para la muestra de estudio; de los cuales, 323 (49%) procedían del T1 y 335 (51%) del T2. De estos, 400 (60.8%) fueron hombres y 258 (39.2%) fueron mujeres. La edad promedio

fue de 35.2 ± 23.8 . El grupo etario que recibió mayor dosis efectiva en el T1 fue el de 11 a 20 años, y para el T2 de 91 a 101 años. Se utilizó el programa iDose® en 169 pacientes, representando un 50.4% de los registros del T2, y un 25.6% de la muestra total. Se valoró la cantidad de sujetos expuestos a diferentes niveles de dosis efectiva, teniendo en consideración si fue utilizado el programa iDose® (Fig. 1). La dosis efectiva media fue para el T1 de $2.421 \text{ mSv} \pm 1.2$. Para el T2 se obtuvo una media de $2.4 \text{ mSv} \pm 0.941$, significando un valor promedio de 2.45 ± 1.08 para la muestra en general.

Previa evaluación de la distribución muestral por el método de Kolmogorov-Smirnov, se aplicó la prueba U de Mann-Whitney, resultando en $p > 0.05$. Posteriormente, se realizó un análisis χ^2 comparando dos variables:

el uso o no del programa de reducción de dosis iDose[®] y el valor de dosis efectiva mayor o menor que 2 mSv (límite máximo de la dosis efectiva típica de una TC de cráneo según la AAPM) (Tabla 1). Se obtuvo una χ^2 de 4.469 y un valor de $p < 0.05$. Al calcular la OR respecto al uso de iDose[®] resultó en 0.684 (IC95%: 0.48-0.97).

DISCUSIÓN

En la actualidad se han desarrollado diversos sistemas para reducir la dosis de radiación para evitar la presentación de efectos estocásticos, así como conceptos como la «dosis efectiva», el cual ha sido práctico para el desarrollo de investigación en materia de bioseguridad. Existen investigaciones previas como la de García-Escobedo et al. que se han enfocado a la medición de este valor en equipos de imagen a fin de conocer su impacto. Al igual que en el estudio citado, nuestros datos indican que los valores de dosis efectiva son mayores que los valores típicos mencionados por la AAPM en su reporte n.º 96 para una tomografía de cráneo en la mayoría de los grupos de edad (límite:1-2 mSv)^{13,14,17,20}.

Así mismo, se puede apreciar en la figura 1 la disminución de la gráfica «con iDose[®]» en las últimas dos columnas, que representan los estratos más elevados de dosis efectiva. Por otro lado, aunque en nuestro análisis se observa poca diferencia de medianas entre tomógrafos (U de Mann-Whitney), al estudiar la correlación de variables se evidencia una relación significativa entre el uso de iDose[®] y los niveles de dosis efectiva, teniendo una χ^2 de 4.4 con $p < 0.05$. Al analizar la tabla 1 se puede observar que el porcentaje de pacientes

TABLA 1. Uso de iDose[®] vs. dosis efectiva. Se muestra la distribución de los pacientes de acuerdo con el uso o ausencia del programa iDose[®] (columnas), así como su relación superior o inferior al umbral de dosis efectiva de una tomografía computarizada típica (2 mSv, de acuerdo con la Asociación Americana de Físicos en Medicina)

Relación de la radiación obtenida con el límite máximo (2mSV)	¿Se utilizó iDose [®] ?		
	Sí	No	Total
Mayor			
Recuento	88	300	388
% dentro de iDose [®] Sí o No	52.1%	61.3%	59.0%
Menor			
Recuento	81	189	270
% dentro de iDose [®] Sí o No	47.9%	38.7%	41.0%
Total			
Recuento	169	489	658
% dentro de iDose [®] Sí o No	100.0%	100.0%	100.0%

mSv: mili-Sievert.

que usaron iDose[®] y obtuvieron un valor bajo de dosis efectiva es casi la mitad (47.9%), mientras que para los que no usaron iDose[®] el porcentaje de individuos que recibieron dosis menores que las típicas fue del 38.7%. El resto recibió valores mayores de dosis efectiva. Es decir, de la totalidad de pacientes que reciban una TC de cráneo, el 47.9% tendrá valores menores al típico si se somete a iDose[®]. Además, el cálculo del OR: 0.684 (IC95%: 0.48-0.97) refleja al iDose[®] como factor protector contra valores de radiación mayores a los típicos (> 2 mSv), coincidiendo con la literatura internacional^{18,19,21}.

Aunado a los esfuerzos por reducir los efectos dañinos del uso de la TC, en México de acuerdo con la NOM-229-SSA1-2002 los límites anuales de dosis efectiva en público general son de 5 mSv, para efectos estocásticos^{9,14}. Al comparar los datos de dosis efectiva de ambos hospitales, se observa que la media es menor del límite nacional⁹. Sin embargo, los

datos recabados fueron analizados de manera conjunta y con un modelo de estudio transversal; es decir, se sabe el promedio de dosis efectiva que recibe un paciente en una sola exposición a TC. No obstante, para garantizar la seguridad de los individuos expuestos y confirmar el cumplimiento de la norma es conveniente realizar análisis con temporalidad longitudinal, ya que nuestro estudio no contempla a los pacientes que se sometieron a TC en más de una ocasión al año.

CONCLUSIÓN

Existe una relación estadísticamente significativa entre el uso de programa de optimización de dosis (iDose®) y los valores de dosis efectiva. El uso de estos programas es un factor protector contra niveles elevados de radiación. Es conveniente promover y protocolizar el uso de estos sistemas en los centros donde se cuente con ellos. En cuanto a la adherencia a las normas mexicanas vigentes, aunque nuestro estudio muestra aparentemente un apego adecuado, parece conveniente realizar estudios de temporalidad longitudinal para confirmar su cumplimiento.

FINANCIAMIENTO

La presente investigación no ha recibido ayudas específicas provenientes de agencias del sector público, sector comercial o entidades sin ánimo de lucro.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

RESPONSABILIDADES ÉTICAS

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

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Uso de inteligencia artificial para generar textos. Los autores declaran que no han utilizado ningún tipo de inteligencia artificial generativa en la redacción de este manuscrito ni para la creación de figuras, gráficos, tablas o sus correspondientes pies o leyendas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Andisco D, Blanco S, Buzzi AE. Dosimetría en tomografía computada. *Rev Argent Radiol.* 2014;78:156-60.
2. Renedo de la Hoz S. Riesgos de la radiación en imágenes pediátricas. *Neumol Pediatr.* 2015;10:54-7.
3. Sánchez CC. Dosis de radiación efectiva en pacientes sometidos a tomografía computarizada de cráneo atendidos en el Servicio de Radiología de la Clínica Vesalio. Enero a agosto del 2016. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina, Escuela Académico Profesional de Tecnología Médica; 2017.
4. Granados LD. Métodos de estimación de dosis a pacientes en tomografía computarizada. Universidad de Valladolid, Facultad de Ciencias; 2016.
5. Parakh A, Kortesiemi M, Schindera ST. CT Radiation dose management: A comprehensive optimization process for improving patient safety. *Radiology.* 2016;280:663-73.
6. Balancini B. Conociendo acerca de la radiación en los niños. *Med Infant.* 2007;14:194-9.
7. Sociedad Española de Radiología Médica. Glosario de términos más usados en tomografía computarizada [Internet]. Sociedad Española de Radiología Médica [citado 27 dic 2022]. Disponible en: <https://seram.es/documentacion/guias-y-protocolos/glosario-de-terminos-mas-usados-en-tomografia-computarizada>
8. Diario Oficial de la Federación. NOM-229-SSA1-2002 [Internet]. México: Diario Oficial de la Federación [citado 27 dic 2022]. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4931612&fecha=15/09/2006#gsc.tab=0
9. Elizondo A, Martínez LE, Cárdenas SG, Rojas L, Velasco B, Elizondo G, et al. Effects of ionizing radiation in DNA: Defining the immediate and cumulative genetic damage induced by head computed tomography. *Int Res J Pub Environ Health.* 2022;9:148-55.

10. Christner JA, Kofler JM, McCollough CH. Estimating effective dose for ct using dose-length product compared with using organ doses: consequences of adopting international commission on radiological protection publication 103 or dual-energy scanning. *AJR Am J Roentgenol.* 2010;194:881-9. Corregido en: *AJR Am J Roentgenol.* 2010;194:1404.
11. Brady SL, Mirro AE, Moore BM, Kaufman RA. How to appropriately calculate effective dose for CT using either size-specific dose estimates or dose-length product. *AJR Am J Roentgenol.* 2015;204:953-8.
12. Yépez GS. Simulaciones Monte Carlo para la estimación de dosis en pulmones asociadas a imágenes tomográficas obtenidas en el tomógrafo "Brilliance Big Bore" del hospital oncológico SOLCA - Quito. Facultad de Ciencias, Escuela Politécnica Nacional; 2017.
13. Kalender WA. Dose in x-ray computed tomography. *Phys Med Biol.* 2014;59:129-50.
14. García A, González C. Tomografía computada: grandes beneficios con gran responsabilidad. *Acta Médica Grupo Ángeles.* 2015;13:232-7.
15. Söderberg M, Gunnarsson M. Automatic exposure control in computed tomography, an evaluation of systems from different manufacturers. *Acta Radiol.* 2010;51:625-34.
16. Pearce MS, Salotti JA, Little MP, McHugh K, Lee C, Kim KP, et al. Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: A retrospective cohort study. *Lancet.* 2012;380:499-505.
17. Goenka AH, Dong F, Wildman B, Hulme K, Johnson P, Herts BR. CT radiation dose optimization and tracking program at a large quaternary-care health care system. *J Am Coll Radiol.* 2015;12:703-10.
18. Olsson ML, Norrgren K. An investigation of the iterative reconstruction method iDose4 on a Philips CT Brilliance 64 using a Catphan 600 phantom. En: Pelc NJ, Nishikawa RM, Whiting BR, editores. *SPIE Medical Imaging 2012. Conferencia en Medical Imaging - Physics of Medical Imaging; 2012, Feb 5-8. San Diego, CA, United States.*
19. Jensen K, Martinsen AC, Tingberg A, Aaløkken TM, Fosse E. Comparing five different iterative reconstruction algorithms for computed tomography in an ROC study. *Eur Radiol.* 2014;24:2989-3002.
20. American Association of Physicists in Medicine. The measurement, reporting, and management of radiation dose in CT. EE.UU.: Maryland; 2008. pp. 11-13.
21. Lee CI, Haims AH, Monico EP, Brink JA, Forman HP. Diagnostic CT scans: assessment of patient, physician, and radiologist awareness of radiation dose and possible risks. *Radiology.* 2004;231:393-8.

Mapeo vascular para hemodiálisis y valoración de fístula arteriovenosa por ultrasonido Doppler.

Lo que el médico radiólogo debe saber

Vascular mapping for hemodialysis and assessment of arteriovenous fistula by Doppler ultrasound. What the radiologist should know

Diana L. Pérez-Sánchez^{1,2*}, América Hernández-Salgado¹, Sergio Criales-Vera¹ y Hugo Torres-Rodríguez²

¹Servicio de Imagenología, CT Scanner; ²Servicio de Imagenología, Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. Ciudad de México, México

RESUMEN

La enfermedad renal crónica (ERC) es una patología cada vez más prevalente en la sociedad actual. La prevalencia de la ERC aumenta de forma progresiva con el envejecimiento, unido a otras enfermedades, como la diabetes tipo 2, la hipertensión arterial y la arteriosclerosis. En el paciente con enfermedad renal crónica avanzada es obligado el requerimiento de un acceso vascular para iniciar la hemodiálisis como tratamiento sustitutivo renal. El acceso vascular para hemodiálisis se convierte en el punto clave del tratamiento, ya que sin un acceso vascular funcionando no hay posibilidad de realizarlo. La creación de una fístula arteriovenosa (FAV) en la extremidad superior para hemodiálisis conecta las arterias y venas de la parte superior del cuerpo. Puede ser una conexión nativa o una conexión injertada con politetrafluoroetileno. Se prefiere la FAV nativa como el tipo de acceso vascular ideal, principalmente por su larga duración, mayor supervivencia y baja tasa de complicaciones. La FAV se puede realizar en cualquier extremidad superior sin complicaciones, pero el consejo general es elegir primero el brazo no dominante, para estimular y apoyar el movimiento del paciente en la extremidad dominante, y proporcionar la mayor comodidad posible durante las sesiones de hemodiálisis.

Palabras clave: Enfermedad renal crónica. Hemodiálisis. Fístula arteriovenosa (FAV). Ultrasonido.

*Correspondencia:

Diana L. Pérez-Sánchez

E-mail: dianadps103@gmail.com

Recibido: 17-04-2023

Aceptado: 30-06-2023

DOI: 10.24875/ARM.23000030

1665-2118/© 2023 Sociedad Mexicana de Radiología e Imagen, AC. Publicado por Permalyer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

ABSTRACT

Chronic kidney disease (CKD) is an increasingly prevalent pathology in today's society. The prevalence of CKD increases progressively with aging, together with other diseases such as type 2 diabetes, high blood pressure, and arteriosclerosis. In patients with advanced chronic kidney disease, vascular access is required to start hemodialysis as renal replacement therapy. Vascular access for hemodialysis becomes the key point of treatment since without functioning vascular access there is no possibility of performing it. Creation of an arteriovenous fistula (AVF) in the upper extremity for hemodialysis; connects the arteries and veins of the upper body. It can be a native connection or a polytetrafluoroethylene grafted connection. The native AVF is preferred as the ideal type of vascular access, mainly because of its long duration, longer survival, and low complication rate. AVF can be performed in any upper extremity without complications, but the general advice is to choose the non-dominant arm first, to encourage and support the patient's movement in the dominant extremity, and to provide as much comfort as possible during hemodialysis sessions.

Keywords: Chronic kidney disease. Hemodialysis. Arteriovenous fistula (AVF). Ultrasound.

INTRODUCCIÓN

Las pautas actuales de la Iniciativa de Calidad de Resultados de Diálisis (KDOQI) fomentan la colocación de fístulas arteriovenosas (FAV) en lugar de injertos debido a su menor tasa de complicaciones (como infección y trombosis) y mayor longevidad.

El ultrasonido Doppler es una técnica diagnóstica no invasiva, de bajo costo, rápida de utilizar a pie de cama del paciente, y que asocia elevada sensibilidad y especificidad en manos expertas. Por estos motivos ha ido aumentando su utilización en la evaluación preoperatoria del paciente candidato a FAV, en la maduración posquirúrgica y en el seguimiento periódico de la FAV prevalente^{1,2}.

CONCEPTOS BÁSICOS DEL ACCESO A HEMODIÁLISIS

La hemodiálisis es la línea de vida mediante la cual el paciente con enfermedad renal en etapa terminal elimina el exceso de líquido y disminuye el nivel de sustancias tóxicas séricas. Se accede a la circulación central y la sangre se filtra por difusión a través de una membrana semipermeable, denominada dializador.

El acceso directo a la circulación se logra mediante una FAV, un injerto o un catéter de diálisis venoso central. Una FAV nativa es una anastomosis directa creada quirúrgicamente entre una arteria y una vena, que se coloca en el antebrazo o en la parte superior del brazo. Cuando no es posible la creación de una FAV, se puede tunelizar un injerto artificial

de politetrafluoroetileno u otro material en los tejidos blandos superficiales del antebrazo, la parte superior del brazo o la parte superior del muslo, con anastomosis arteriales y venosas creadas quirúrgicamente^{1,2}.

ANATOMÍA

Es imprescindible conocer la anatomía normal de los vasos explorados para la correcta localización de los sitios ideales para la FAV³ (Fig. 1).

Anatomía arterial

- Arteria subclavia: proporciona la vascularización de la extremidad superior. Rama de la aorta en el lado izquierdo y rama terminal del tronco braquiocefálico en el lado derecho. Sigue un trayecto por debajo de la clavícula a una estrecha distancia de esta.
- Arteria axilar: continuación de la arteria subclavia, abarca desde la salida por debajo de la clavícula hasta la línea axilar anterior. Se visualiza fácilmente en el hueco axilar con el brazo en hiperabducción.
- Arteria humeral o braquial: continuación de la arteria axilar en el brazo, se localiza relativamente profunda en cara interna del brazo. Se acompaña de dos venas humerales y del nervio mediano, en el surco entre los músculos bíceps y tríceps. Conforme se acerca a la fosa antecubital, pasa de una localización interna a localizarse en la cara anterior del brazo, bifurcándose a la altura del codo.
- Arteria radial: es una rama terminal de la anterior, transcurre por el borde externo del

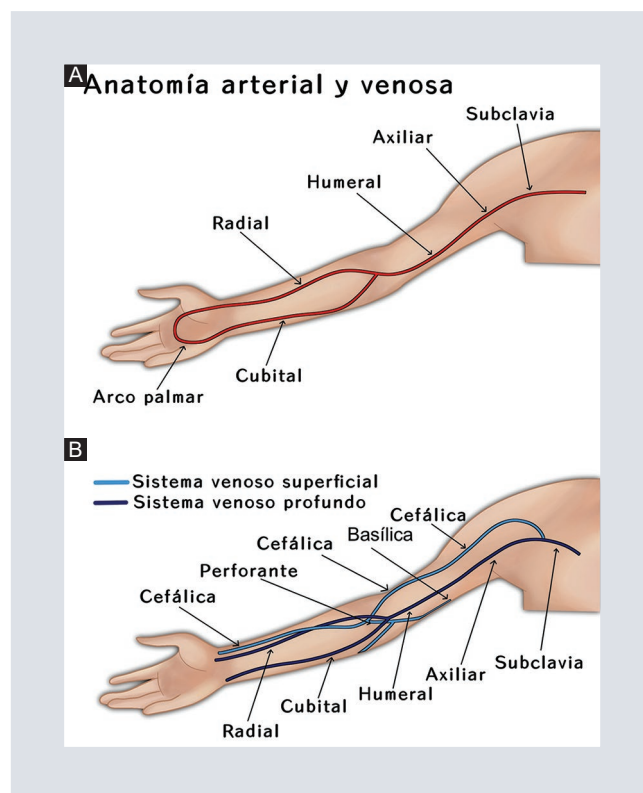


FIGURA 1. Anatomía vascular de las extremidades superiores. **A:** anatomía arterial. **B:** anatomía venosa (sistema superficial y profundo).

antebrazo, superficializándose de forma progresiva hasta su localización superficial en la muñeca.

- Arteria cubital: rama de la arteria humeral que desde la fosa antecubital sigue un trayecto en el borde interno del antebrazo, superficializándose progresivamente hasta la altura de la muñeca. Suele tener un origen común con la arteria interósea (tronco cubito-interóseo), una arteria profunda que sigue un trayecto profundo en relación con la membrana interósea.
- Arco palmar: es la anastomosis distal entre las arterias radial y cubital, de donde emergen las arterias digitales. Suele consistir en dos arcos, profundo y superficial. Se explora su funcionalidad mediante el Test de Allen.

Anatomía venosa

El drenaje venoso profundo, habitualmente poco desarrollado acompaña a las arterias principales, en número par, lo que provoca la imagen conocida como «orejas de Mickey Mouse»³.

El sistema venoso superficial suele estar más desarrollado que el profundo; consta de dos venas principales (Fig. 1):

- Vena cefálica: es la vena superficial más constante. Está situada en el lado externo de antebrazo y brazo, siendo superficial a lo largo de todo su trayecto, por lo que se trata de la mejor vena para su punción en hemodiálisis. A nivel de codo, en el área de la fosa antecubital, suele recibir una vena desde la vena perforante, llamada comunicante cefálica. Desemboca en el sistema venoso profundo a la altura de la vena axilar en el surco deltopectoral próximo al borde inferior de la clavícula.
- Vena basílica: está localizada en el borde interno del brazo y antebrazo. Se trata de una vena más profunda en el antebrazo que la anterior, lo que dificulta su canalización, y puede recibir una colateral proveniente de la vena perforante, llamada vena comunicante basílica. Proximalmente al codo se sitúa por debajo de la fascia superficial del brazo, por lo que para punccionarse habitualmente debe superficializarse previamente. Su drenaje en el sistema venoso profundo se localiza en el tercio medio/proximal de la vena humeral. Por su mayor profundidad y su menor longitud, es una vena menos apta para la punción en hemodiálisis que la vena cefálica³.

MAPEO VASCULAR POR ULTRASONIDO

La evaluación detallada de la anatomía arterial y venosa antes de la colocación del acceso de hemodiálisis mejora la caracterización de las arterias y venas adecuadas para la colocación de una FAV nativa, particularmente en el paciente con antecedentes de acceso fallido y/o colocación previa de catéteres centrales.

El mapeo vascular antes del acceso a hemodiálisis también puede cambiar el procedimiento quirúrgico porque la identificación de una vena eferente adecuada favorecería la colocación de una FAV en lugar de un injerto. Existe una mayor probabilidad de seleccionar los vasos más funcionales preoperatoriamente, con una posterior disminución de exploraciones quirúrgicas fallidas. El mapeo vascular puede aumentar la proporción de pacientes en diálisis con una fístula y disminuir el número de fracasos postoperatorios tempranos.

El ultrasonido puede determinar la posible causa de una FAV inmadura. También puede determinar si la FAV debe tratarse mediante un abordaje endovascular (angioplastia de una estenosis) o quirúrgico abierto (revisión de la FAV o ligadura de venas accesorias).

El ultrasonido también es útil en la evaluación de pacientes con un injerto de hemodiálisis para evaluar la presencia de una estenosis o robo vascular⁴ (Tabla 1).

TIPOS DE FÍSTULAS ARTERIOVENOSAS

- Autólogas: realizadas con los propios vasos del paciente.

TABLA 1. Mapeo vascular por ultrasonido

- Caracterización de arterias y venas, especialmente en pacientes con antecedentes de acceso fallido y/o colocación previa de catéteres centrales y/o enfermedad vascular periférica
- Orienta el procedimiento quirúrgico
- Menor número de exploraciones quirúrgicas fallidas
- Aumenta la proporción de pacientes en diálisis con fístula
- Disminuye el número de fracasos postoperatorios tempranos

- Protésicas: injerto entre vena y arteria.
- Autólogas preferidas sobre injerto.

TIPOS DE ANASTOMOSIS Y ACCESOS VASCULARES

El acceso para hemodiálisis o acceso vascular es una manera de acceder a su sangre para la hemodiálisis. Permite que la sangre viaje por tubos flexibles hacia la máquina de diálisis, en donde se limpia al pasar por un filtro especial denominado dializador (Tablas 2 y 3) (Fig. 2).

MAPEO VASCULAR ANTES DE LA COLOCACIÓN DEL ACCESO PARA HEMODIÁLISIS

Principios generales: se utiliza un transductor de ultrasonido de matriz lineal de alta frecuencia para evaluar los vasos (con frecuencias de 7 a 18 MHz)¹.

Las imágenes del plano transversal en escala de grises se utilizan para identificar arterias y venas y para evaluar su diámetro y grosor de pared. La compresión secuencial de la vena se usa para evaluar la compresibilidad, lo que indica permeabilidad o pérdida de compresibilidad debido a un trombo

TABLA 2. Tipos de anastomosis en fístulas arteriovenosas




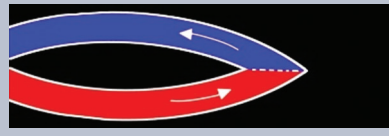
Tipos de anastomosis	
	Latero-lateral (L-L): lado de arteria al lado de la vena
	Latero-terminal (L-T): lado de la arteria a terminación de vena
	Término-lateral (T-L): terminación de arteria al lado de vena
	Término-terminal (T-T): terminación de arteria a terminación de vena

TABLA 3. Tipos de accesos vasculares

Tipo de FAV	Arteria	Vena
Vena cefálica del antebrazo	Radial	Cefálica
Transposición de la vena del antebrazo	Radial	Cubital, dorsal
Vena cefálica del brazo superior	Braquial	Cefálica
Transposición de vena basilíca	Braquial	Basilíca

FAV: fístula arterio-venosa.

agudo o crónico. Se mide la profundidad desde la superficie de la piel de la pared anterior de la vena cefálica. Las imágenes Doppler color y las formas de onda espectrales Doppler se obtienen en el plano longitudinal de los vasos seleccionados para un posible acceso vascular. Por lo general se evalúan ambos brazos, aunque el protocolo puede variar de acuerdo con cada institución.

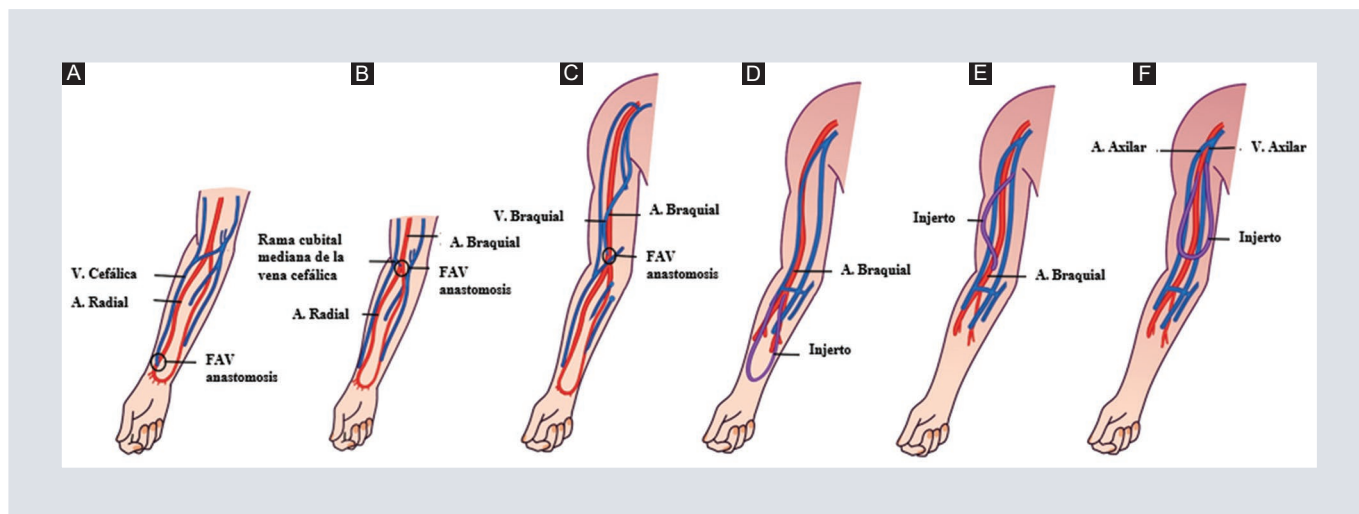


FIGURA 2. Tipos de accesos vasculares. Las tres FAV más frecuentes son: **A:** la fístula radiocefálica en la muñeca. **B:** la fístula braquiocefálica en la fosa antecubital. **C:** a transposición de la vena braquiobasílica. Los tres injertos más comunes son: **D:** el injerto de asa de antebrazo. **E:** el injerto recto de brazo superior. **F:** el injerto de asa axilar. A: arteria; FAV: fístula arteriovenosa; V: vena.

En primer lugar, se evalúan las venas y arterias del antebrazo para determinar si el paciente es candidato para una FAV del antebrazo, el tipo inicial más deseable de acceso para hemodiálisis. Las arterias deben valorarse en busca de engrosamiento, calcificación y estenosis de la íntima. Debe notarse la presencia de una calcificación concéntrica significativa porque la arteria puede estar demasiado calcificada para la creación exitosa de un acceso quirúrgico.

Un aspecto importante de la planificación de la FAV y la creación de un injerto de diálisis es la evaluación del tamaño de los vasos³.

Es importante tener en cuenta que el mapeo de los vasos de las extremidades superiores debe realizarse con el paciente sentado en posición vertical para que las venas del brazo dependan del corazón. Esta posición optimizará el diámetro de la vena, junto con la colocación de un torniquete. La temperatura

TABLA 4. Parámetros por valorar en las arterias

Parámetros en arterias

- Diámetro (mínimo 2 mm)
- Trayecto
- Estenosis
- Calcificación
- Engrosamiento de la íntima
- Patrón espectral y VPS
- Test de hiperemia

VPS: velocidad pico sistólica.

ambiente no debe ser fría y se pueden usar mantas o compresas tibias según sea necesario para inducir la vasodilatación^{5,6}.

La exploración arterial debe ser realizada antes de la exploración venosa.

Las arterias deben valorarse en busca de engrosamiento, calcificación y estenosis de la íntima. Debe notarse la presencia de una calcificación concéntrica significativa porque la arteria puede estar demasiado calcificada para la creación exitosa de un acceso quirúrgico.

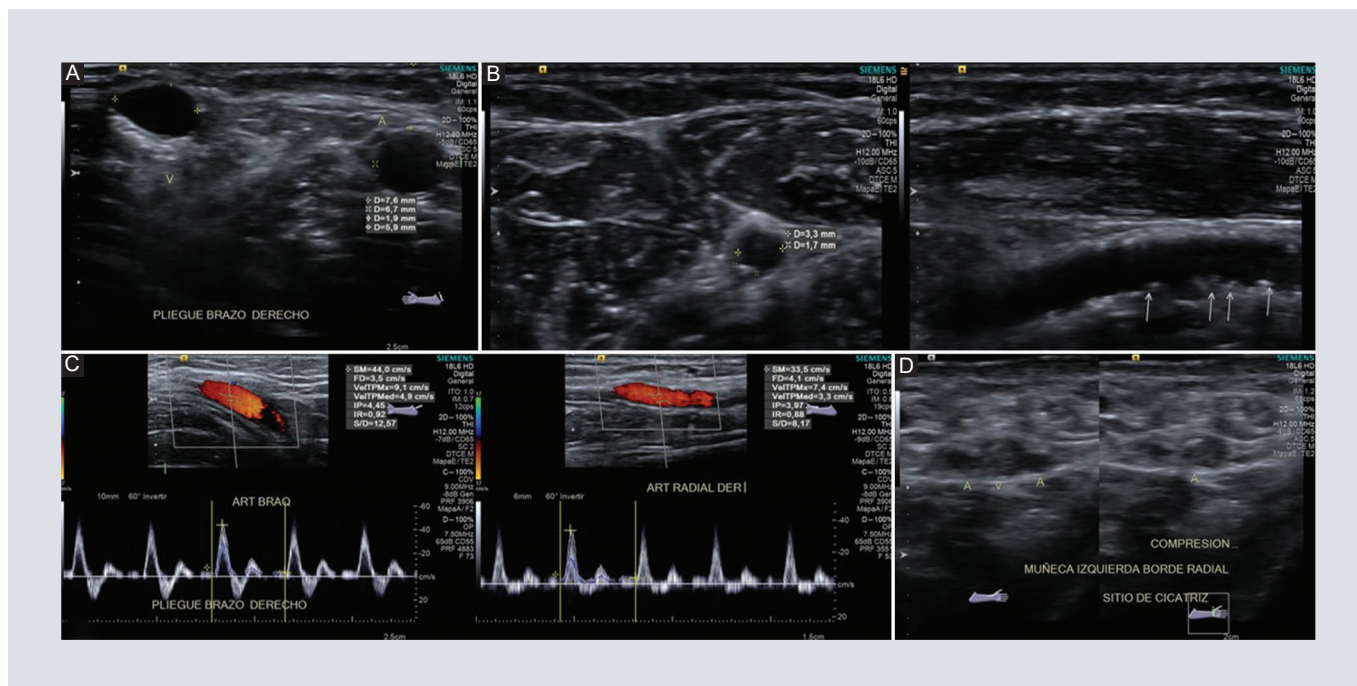


FIGURA 3. Mapeo vascular antes de la colocación del acceso para hemodiálisis. **A:** corte transversal de ultrasonido donde observamos el diámetro de la arteria braquial y cefálica. **B:** corte transversal y sagital de ultrasonido donde se muestra arteria cubital derecha a nivel del antebrazo con presencia de placas. **C:** corte sagital de ultrasonido con modo Doppler color y espectral de arteria braquial a nivel del pliegue y radial derechas, donde se observa el patrón de alta resistencia y velocidad picosistólica. **D:** corte transversal de ultrasonido donde se muestra sin compresión y con compresión de arterias y vena a nivel de la muñeca en borde radial.

A: arteria; V: vena.

Un aspecto importante de la planificación de la FAV y la creación de un injerto de diálisis es la evaluación del tamaño de los vasos^{5,6} (Tabla 4).

- Diámetro: se encontró que las fallas de las FAV inmediatas (el día de la cirugía) y tempranas (dentro de las primeras 8-12 semanas después de la cirugía) eran bastante frecuentes cuando se usaban arterias de pequeño calibre (1.5-1.6 mm) para crear la fístula (Fig. 3A).
- Trayecto: el curso del segmento vascular es importante por las futuras punciones.
- Estenosis: es poco frecuente en pacientes que no han sufrido intervencionismo o cirugías previas, pero en ocasiones se pueden diagnosticar estenosis significativas de arteria humeral o radial que, en función de la gravedad, pueden contraindicar la FAV distal a la región estenótica⁷.
- Calcificaciones: los cambios de la pared arterial son comunes en pacientes con insuficiencia renal crónica, diabetes y aterosclerosis. Son áreas hiperecogénicas (con o sin sombra acústica posterior) dentro de la pared arterial (Fig. 3B).
- Grosor de la íntima media: el grosor de la íntima-media se estima en una exploración longitudinal de la pared distal de la arteria.
- Patrón espectral y velocidad picosistólica: se asocia a mejor pronóstico una onda de flujo trifásica con VPS superior a 50 cm/s. La onda de flujo de peor pronóstico será aquella con morfología monofásica y VPS menor de 35 cm/s. Un flujo de arteria radial > 50 ml/min se ha asociado con mejor pronóstico de la FAV (Fig. 3C).
- Test de hiperemia: incremento fisiológico

del flujo sanguíneo a través de una arteria después de un periodo de isquemia. En esta prueba, la isquemia se induce haciendo que el paciente cierre el puño durante 2 min, y el aumento del flujo arterial (hiperemia reactiva) se observa inmediatamente después de que se vuelve a abrir la mano. Típicamente la onda de flujo pasará de ser trifásica con índice de resistencia (IR) de 1 a tener una morfología de baja resistencia sin inversión de la diástole. Cuando al abrir la mano el IR es < 0.7 es un dato de buen pronóstico. Una vez creada la FAV, la vena tiende a dilatarse como resultado del aumento del flujo sanguíneo. La capacidad de la vena para dilatarse (distensibilidad venosa) se puede evaluar durante el mapeo preoperatorio. El diámetro del vaso se mide antes y al menos 2 min después de la colocación de un torniquete (o un manguito de esfigmomanómetro inflado a una presión de 50 a 60 mmHg) y se evalúa el porcentaje de aumento.

Durante la exploración venosa se debe valorar lo siguiente:

- Diámetro: a mayor calibre venoso mejor pronóstico (Fig. 3A).
- Compresibilidad: mientras pasamos el transductor por encima de la vena debemos ir comprimiendo periódicamente esta a lo largo de todo el recorrido. Esta maniobra unida a la medida del calibre venoso nos permitirá detectar zonas de rigidez, fibrosis o estenosis de la vena que modifiquen la decisión sobre la mejor localización de la FAV (Fig. 3D).
- Fascicidad respiratoria: consiste en valorar la modificación de la onda de flujo en vena axilar o subclavia con la inspiración. En condiciones normales la VPS de la onda de flujo aumenta con la inspiración. La ausencia de modificación de la onda

TABLA 5. Parámetros por valorar en las venas

Parámetros en venas

- Diámetro
- Compresibilidad
- Profundidad de la piel
- Trayecto y colaterales
- Estenosis
- Fascicidad respiratoria

de flujo con la inspiración es un signo indirecto de estenosis central^{5,6} (Tabla 5).

EVALUACIÓN DE LA MADUREZ DE LA FAV

Definición clínica de una FAV madura: FAV con vena grande y fácilmente palpable que puede proporcionar acceso para dos agujas de calibre 15. Se puede utilizar para hemodiálisis a un flujo de 300 a 350 ml/min en seis a ocho sesiones de diálisis en 1 mes (Tabla 6).

En la escala de grises en el plano transversal se debe evaluar lo siguiente:

- Diámetro: Tamaño ≥ 6 mm de la vena de flujo (Fig. 4 A y C).
- Grosor de la pared (hiperplasia intimal): Es fundamental explorar detenidamente la vena postanastomótica, valorando la presencia de hiperplasia intimal.
- Medición de la VPS: La confirmación visual de una estenosis en la anastomosis AV es útil porque la VPS en la vena de drenaje puede estar significativamente elevada simplemente debido a la angulación aguda de la vena de drenaje en la anastomosis.

Medición a nivel de la anastomosis y 2 cm en dirección cefálica a la anastomosis en la

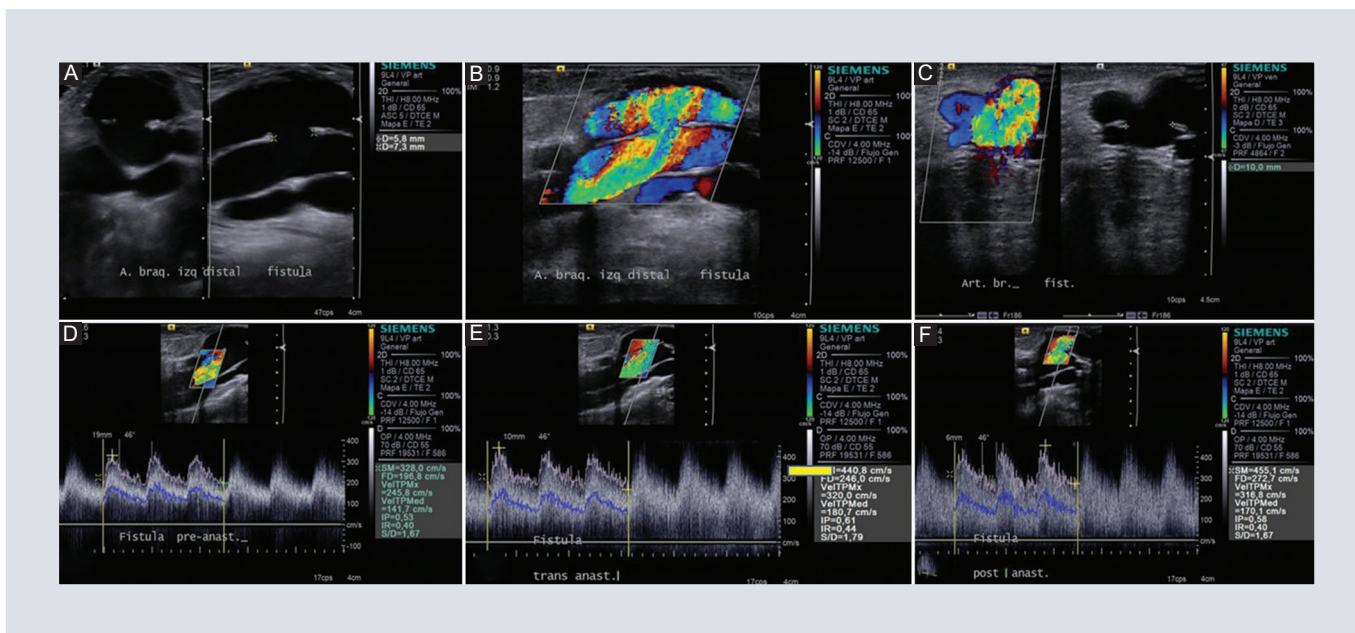


FIGURA 4. Evaluación de la madurez de la fístula arteriovenosa. **A:** corte transversal y longitudinal de ultrasonido a nivel de la arteria braquial izquierda distal (fístula). **B:** corte longitudinal de ultrasonido con modo Doppler color de arteria braquial izquierda distal (fístula). **C:** corte transversal de ultrasonido con modo Doppler color y escala de grises de arteria braquial izquierda distal (fístula). **D:** cortes longitudinales del lugar de la fístula para valoración del flujo con ultrasonido modo Doppler color y espectro: preanastomosis (velocidad máxima de 328.0 cm/s). **E:** anastomosis (velocidad máxima de 440.8 cm/s). **F:** postanastomosis (velocidad máxima de 455.1 cm/s). A: arteria; Anast: anastomosis; Br: braquial; Fist: fístula.

arteria aferente. Estenosis en la anastomosis AV cuando el cociente de VPS es ≥ 2.0 .

Se calcula una relación de VPS:

$$\text{VPS} = \frac{\text{VPS en la anastomosis}}{\text{VPS a 2 cm craneales de la anastomosis}}$$

La localización más frecuente de la estenosis de la FAV es la yuxta-anastomótica, definida como dentro de los 2 cm de la anastomosis, que abarca tanto la arteria de aferente como la vena de flujo^{7,8}. El flujo sanguíneo se mide en la parte media del flujo venoso de la FAV en ml/minuto (Tabla 4) (Fig. 4).

Técnica:

- Medición dentro de los 10 cm de la anastomosis, en un segmento recto de la vena de drenaje.



FIGURA 5. Cálculo del volumen de flujo de la fístula arteriovenosa. r: radio.

- Ángulo de 45 a 60 grados.
- Muestra en el centro del vaso con amplitud para tomar 50-70% del vaso.
- La escala de velocidad debe ajustarse de modo que la forma de onda espectral ocupe aproximadamente el 75% de la ventana espectral con la línea de base ajustada para evitar el *aliasing*².

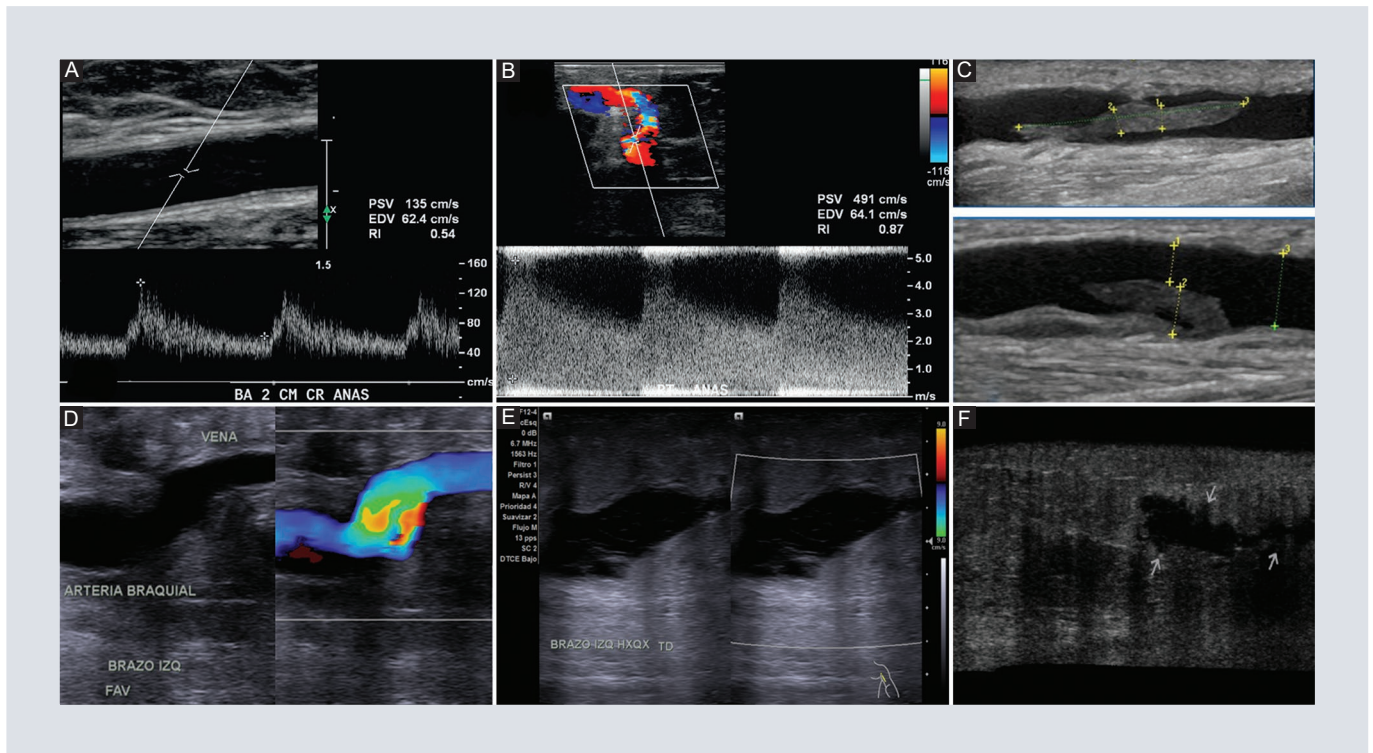


FIGURA 6. Complicaciones. Estenosis yuxtananastomótica. **A:** corte longitudinal de la arteria de alimentación a 2 cm cefálica de la anastomosis arteriovenosa donde se observa una forma de onda arterial normal con una velocidad picosistólica de 135 cm/s. **B:** ultrasonido Doppler color y espectral en área de *aliasing* se observa una velocidad picosistólica elevada de 491 cm/s, lo que produce una relación mucho mayor de 3:1. Trombo parcial. **C:** corte longitudinal de vena cefálica donde se observa trombo homogéneo. Hematoma. **D:** corte longitudinal de ultrasonido en escala de grises y Doppler color a nivel de la anastomosis entre arteria braquial y vena basilica (configuración término-lateral), note la imagen hipoeoica redondeada con localización superior a la anastomosis y avascular. Tras la angulación del transductor, la colección hipoeoica es más evidente. **E:** corte sagital escala de grises, muestra colección heterogénea de predominio hipoeoico con finos ecos internos; sin vascularidad al Doppler color. **F:** barrido extendido que evidencia la colección hipoeoica en tejido celular subcutáneo (flechas) asociada a edema de los tejidos blandos adyacentes, por sus características ecográficas sugiere hematoma. ANAS: anastomosis; BA: arteria braquial; CR: craneal; EDV: volumen telediastólico; FAV: fístula arteriovenosa; RI: índice resistivo; HXQX: herida quirúrgica; TD: tercio distal.

- Se deben utilizar al menos tres ciclos cardiacos para estimar la velocidad media promediada en el tiempo.
- La medida del diámetro interno debe colocarse perpendicular a la pared posterior del vaso.
- El equipo calcula el volumen de flujo sanguíneo como la velocidad promediada en el tiempo multiplicada por el área de la sección transversal del vaso (Fig. 5).
- La probabilidad de que la fístula sea adecuada es casi dos veces mayor con tasas de flujo sanguíneo ≥ 500 ml/min en

comparación con una fístula con tasas de flujo más bajas^{2,5}.

Fallo de maduración

Fístula arteriovenosa con: vena < 4 mm y/o flujo de < 500 ml/min será una FAV con fallo de maduración.

COMPLICACIONES

Entre las alteraciones que podemos encontrar⁹ (Figs. 6 y 7):

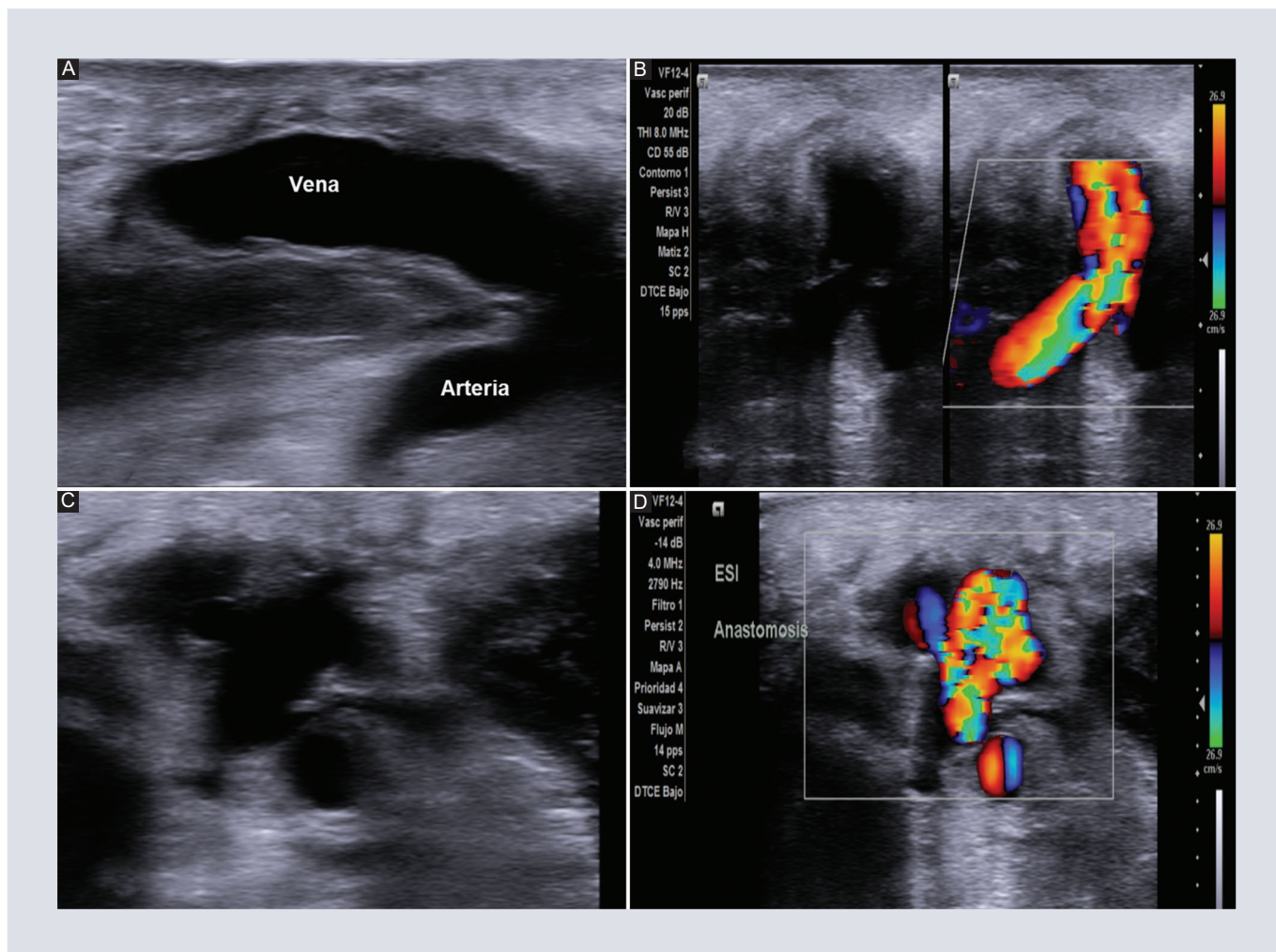


FIGURA 7. Paciente con dolor posterior a sesión de hemodiálisis. **A:** corte sagital de ultrasonido en escala de grises que muestra fístula con configuración término-terminal. **B:** con flujo permeable al modo Doppler color. **C:** ultrasonido corte transversal en escala de grises que muestra dos imágenes anecoicas de morfología sacular, una a cada lado de la pared de los vasos anastomosados. **D:** con la modalidad Doppler color evidencia el característico signo de Yin-Yang, descrito en los pseudoaneurismas. ESI: extremidad superior izquierda.

TABLA 6. Criterios de madurez de fistula arteriovenosa por ultrasonido

Regla de los 6

- Volumen de flujo > 600 ml/min
- Diámetro de la vena de flujo \geq 6 mm
- Profundidad de la vena de flujo \leq 6 mm
- Grosor de la íntima media \geq 0.13 mm

- Estenosis yuxtananastomótica: causa importante de falta de maduración de la fístula. Reducción > 50% del diámetro luminal de

la vena de flujo dentro de los 2 a 5 cm de la anastomosis arteriovenosa. Es la estenosis más frecuente observada en las fístulas radiocefálicas.

- Criterios principales: reducción > 50% luz del vaso, cociente de VPS estenosis/VPS preestenosis > 2.
- Criterios adicionales: luz permeable < 2 mm, flujo absoluto: < 500 ml/min (FAV) o < 600 ml/min (injerto), disminución temporal superior al 20-25% si

flujo < 1,000 ml/min, medida del flujo de acceso y el índice de resistencia (Fig. 6 A y B).

- Estenosis del arco cefálico: es la causa más frecuente de disfunción en una fístula braquiocefálica. El arco cefálico es la porción más central de la vena cefálica, ya que forma un arco a través del surco deltopectoral para unirse a la vena axilar. Una estenosis del flujo de salida causada por estenosis del arco cefálico conduce a la dilatación de la fístula aneurismática, que puede volverse anormalmente pulsátil y tensa.

Posteriormente pueden producirse flujos de acceso deficientes y trombosis de acceso.

- Trombosis parcial o completa: en el caso de zonas de trombosis reciente a raíz de una punción traumática, donde se objetiva un trombo homogéneo, aún no organizado, puede reabsorberse el trombo dejando de punzar en la zona afectada (Fig. 6C).
- Aneurisma: son dilataciones verdaderas del vaso, que conserva todas sus capas, a diferencia de los pseudoaneurismas, en los que existe una ruptura de la pared. La mayoría secundario al debilitamiento de la pared del vaso por las punciones repetidas. Valorar el grosor de la pared e intentar evitar punciones repetidas sobre las zonas de pared < 2 mm.
- Hematomas: es importante ver si el hematoma es compresivo sobre la FAV generando una zona de estenosis o si por el contrario se mantiene intacto el calibre del vaso (Fig. 6 D-F).
- Pseudoaneurismas: mediante el estudio Doppler debemos valorar si presenta flujo parcial o total o por el contrario se trata de un pseudoaneurisma totalmente trombosado (Fig. 7).

CONCLUSIONES

La evaluación morfológica y funcional mediante la utilización del ultrasonido unido a un modo Doppler color ha permitido el análisis para la creación de un acceso vascular en aquellos pacientes que requieren hemodiálisis, como lo es la FAV. Por medio de una evaluación preoperatoria se logra obtener un panorama amplio que permite realizar la selección de los pacientes potencialmente aptos, disminuyendo los procedimientos invasivos innecesarios, por lo cual el médico radiólogo, al estar familiarizado con los puntos clave a revisar contribuye a una exploración completa que permita al clínico una selección adecuada para evitar falla en el manejo terapéutico, además de detectar de manera oportuna las principales complicaciones que se llegan a presentar.

FINANCIAMIENTO

Los autores declaran no haber recibido financiamiento para este estudio.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores certifican no tener conflicto de intereses.

RESPONSABILIDADES ÉTICAS

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

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores han obtenido la aprobación del Comité de Ética para el análisis y publicación de datos clínicos obtenidos de forma rutinaria. El consentimiento informado de los pacientes no fue requerido por tratarse de un estudio observacional retrospectivo.

Uso de inteligencia artificial para generar textos. Los autores declaran que no han utilizado ningún tipo de inteligencia artificial generativa en la redacción de este manuscrito ni para la creación de figuras, gráficos, tablas o sus correspondientes pies o leyendas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Enfermedad renal crónica [Internet]. Nefrología al día [citado el 19 de abril de 2023]. Disponible en: <https://www.nefrologiaaldia.org/136>
2. Ultrasonido Doppler en el acceso vascular [Internet]. Nefrología al día [citado el 19 de abril de 2023]. Disponible en: <https://www.nefrologiaaldia.org/291>
3. Iglesias R, Vallespín J, Ibeas J, editores. Manual de ecografía para la exploración del acceso vascular. Suiza: Edtna/Erca; año de publicación.
4. Pellerito J, Polak JF. Introducción a la ultrasonografía vascular: consulta de expertos: en línea e impresa. Filadelfia, PA: Elsevier, División de Ciencias de la Salud; 2019.
5. Zamboli P, Fiorini F, D'Amelio A, Fatuzzo P, Granata A. Ultrasonido Doppler color y fístulas arteriovenosas para hemodiálisis. *J Ultrasonido*. 2014;17(4):253-63.
6. Pajek J, Malovrh M. Preoperative ultrasound still valuable for radio-cephalic arteriovenous fistula creation? *J Vasc Access*. 2017;18(1_suppl):S5-S9.
7. Quencer KB, Arici M. Fístulas arteriovenosas y sus sitios característicos de estenosis. *AJR Am J Roentgenol*. 2015;205(4):726-34.
8. Jaber A, Muradali D, Marticorena RM, Dacouris N, Boutin A, Mulligan AM, et al. Fístulas arteriovenosas para hemodiálisis: aplicación de ecografía de alta frecuencia para evaluar la morfología de la pared de la vena para la preparación para la canulación. *Radiología*. 2011;261(2):616-24.
9. Salahi H, Fazlzadeh A, Mehdizadeh A, Razmkon A, Malek-Hosseini SA. Complications of arteriovenous fistula in dialysis patients. *Transplant Proc*. 2006;38(5):1261-4.

Raíces nerviosas conjuntas: hallazgos por resonancia magnética en pacientes con lumbalgia

Conjoint nerve roots: MRI finding in patients with low back pain

Diana M. Gracia-Ramírez^{1*}, Víctor H. Ramos-Pacheco^{1,2} y Norma A. Rodríguez-Delgado²

¹Departamento de Radiología e Imagen, Hospital General de México Dr. Eduardo Liceaga; ²Centro Integral de Interpretación para el Diagnóstico (CIID) del Laboratorio Médico Polanco. Ciudad de México, México

RESUMEN

Objetivo: Identificar la presencia de raíces lumbares conjuntas como hallazgo en pacientes referidos a estudio de resonancia magnética con diagnóstico de lumbalgia. **Método:** Estudio retrospectivo en pacientes con lumbalgia sometidos a resonancia magnética, entre el 1 de enero y el 31 de diciembre del año 2021, en el Centro Integral de Interpretación para el Diagnóstico (CIID) de Laboratorio Médico Polanco. **Resultados:** Se incluyeron 919 casos, encontrando raíces nerviosas conjuntas en 10 (1.088%) pacientes entre 21 y 75 años, todos en el nivel L5-S1 con presentación indistinta de sexo y de lateralidad. Los signos encontrados en todos los casos, 100% con signo de paralelo, 70% con signo de la esquina y 50% signo de la media luna grasa, así como asociaciones de presentación entre estos. **Conclusión:** El diagnóstico de la raíz nerviosa conjunta es una serendipia que no puede diferenciarse mediante alguna característica sociodemográfica o clínica, ya que la lumbalgia es el principal síntoma, pero no es un síntoma exclusivo.

Palabras clave: Resonancia magnética. Raíces conjuntas. Lumbalgia.

ABSTRACT

Objective: To identify the presence of joint lumbar roots as a finding in patients referred for a magnetic resonance imaging (MRI) study with a diagnosis of low back pain. **Method:** Retrospective study in patients with low back pain who underwent MRI, between January 1 and December 31, 2021, at the Centro Integral de Interpretación para el Diagnóstico (CIID) of the Polanco Medical Laboratory. **Results:** Nine hundred nineteen cases were included, finding joint nerve roots in 10 (1.088%) patients between 21 and 75 years old,

*Correspondencia:

Diana M. Gracia-Ramírez

E-mail: diana.g.2906@hotmail.com

1665-2118/© 2022 Sociedad Mexicana de Radiología e Imagen, AC. Publicado por Permanyer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Recibido: 20-08-2022

Aceptado: 19-12-2022

DOI: 10.24875/ARM.22000058

all at the L5-S1 level with indistinct presentation of gender and laterality. The signs found in all cases, 100% with a parallel sign, 70% with a corner sign and 50% with a fat crescent sign, as well as presentation associations between them. **Conclusion:** The diagnosis of the joint nerve root is a serendipity that cannot be differentiated by some sociodemographic characteristic and even some imaging data. Being that the main symptom is low back pain, it does not work as a pathognomonic indicator of the disease either.

Keywords: Magnetic resonance imaging. Joint roots. Low back pain.

INTRODUCCIÓN

Las raíces nerviosas conjuntas representan un reto diagnóstico e importante diferencial entre las consideraciones causales de dolor lumbar¹. Consisten en la agrupación de dos raíces nerviosas adyacentes contenidas en una envoltura dural común, localizada en diferentes partes de su trayecto habitual². Son el tipo de anomalías más común de las raíces nerviosas; de origen congénito, asociado a la migración aberrante de las raíces nerviosas durante el periodo embrionario, sin una causa clara establecida; la incidencia según la literatura es variable, teniendo en cuenta el diagnóstico clínico, imagenológico e intraoperatorio^{3,4}. Los hallazgos realizados mediante estudios imagenológicos (tomografía computarizada [TC], resonancia magnética [RM] y melografía) varían la incidencia entre el 2 y el 17%, y en estudios cadavéricos entre el 14 y 30%, siendo la localización más común en segmento L5-S1 con predominio de lateralidad izquierda⁴⁻⁷.

La primera descripción de raíz nerviosa conjunta fue realizada por Zagnoni en 1949^{1-3,5,7}, en años siguientes varios autores reportaron hallazgos intraoperatorios escritos como raíces conjuntas^{1,2,4,7} y en 1962 Cannon et al.

propusieron la primera clasificación basada en hallazgos anatómicos, modificada posteriormente en 1983 por Neidre et al., quienes agregaron subdivisiones según la forma en que las raíces salían de la duramadre y siendo actualmente la más empleada (Tabla 1)^{1,5-9}.

La presentación clínica de estas anomalías comparte características con la sintomatología de una hernia discal lumbar, en la mayoría de los casos dejando a las raíces nerviosas conjuntas subdiagnosticadas^{4-7,10}. La asociación causal de la sintomatología se basa en la irritación radicular focal, dado el aumento de volumen de la anomalía y la consecutiva disminución de la movilidad, exacerbada por un traumatismo o un proceso inflamatorio de la raíz, siendo susceptible a generar síntomas compresivos por contacto con elementos óseos, así como la presencia concomitante con hipertrofia facetaria, estenosis del receso lateral o del agujero intervertebral^{1,6}.

El síntoma más común es la lumbalgia, la presentación es indistinta al sexo y la edad; sin embargo, en pacientes jóvenes se ha descrito la presencia de dolor lumbar agudo posterior al esfuerzo físico extenuante o levantamiento de cargas, asociado

TABLA 1. Clasificación de Cannon et al.

Tipo 1	A	Las dos raíces surgen de una vaina dural común
		El componente cefálico sale de la raíz conjunta en ángulo agudo y pasa por debajo de su respectivo pedículo
		El componente caudal viaja dentro del canal y emerge abajo del pedículo caudal
	B	La raíz cefálica sale en un ángulo de 90° desde la raíz nerviosa conjunta
Tipo 2	2A	Dos raíces nerviosas separadas salen a través de un mismo agujero, dejando al agujero adyacente desocupado, ya sea caudal o distal.
	2B	Algunas raicillas nerviosas pueden salir de una de las raíces nerviosas principales por encima del pedículo
Tipo 3		Las raíces nerviosas adyacentes están conectadas por un segmento anastomótico extradural de conexión vertical
Tipo 4		División extradural de la raíz

Adaptada de Scuderi et al.⁶

a irradiación caudal y posterior remisión con el reposo (claudicación), en pacientes mayores es más común el cuadro radicular crónico^{6,10}. Signos clínicos, como el signo de Lasegué, se han descrito como negativos en la mayoría de las revisiones de los años 80, sin embargo, esto se subestima actualmente por no lograr una asociación fuerte en revisiones más recientes^{1,5,6,10}.

El diagnóstico imagenológico de raíces nerviosas conjuntas se ha realizado a lo largo del tiempo mediante mielografía, TC y RM. Las radiografías de la columna lumbar y el sacro pueden ser normales o presentar lumbarización o sacralización, aplasia o hipoplasia de uno o más procesos articulares y ausencia de facetas articulares, presentes en el 5-10% de la población⁶. La RM se considera el método de referencia actual para la evaluación de la columna vertebral. Se utilizan principalmente secuencias T1, T2 y T2 con técnica de supresión grasa, en planos, sagital, coronal y axial; la visualización en el plano axial y sagital tiene limitaciones, y pueden diagnosticarse erróneamente como una hernia discal, la localización de las raíces conjuntas suele

observarse en un plano coronal con emergencia de la raíz en un ángulo de 90° y requiere extensión en plano axial adyacente para su evaluación anatómica, diferenciación con patología discal y la caracterización de su subtipo^{1,7-11}. También existe dificultad para la diferenciación de las raíces conjuntas, debido a la similitud de la intensidad de la señal entre las raicillas y las venas epidurales⁸. Las secuencias ponderadas en T1 y T2 muestran mejor resolución y diferenciación entre las raíces conjuntas y otros procesos ya mencionados que pueden generar sintomatología compresiva y en casos de presencia de tejido cicatricial se describe el uso de medio de contraste para mejor diferenciación^{1,9,11,12}. Aunque por RM tampoco hay hallazgos patognomónicos establecidos, varios autores han descrito signos con aproximación diagnóstica a los casos de raíces nerviosas conjuntas. Song et al. realizaron una descripción de tres signos, aún no estandarizados, donde su hallazgo genera una aproximación diagnóstica. El signo de la esquina muestra morfología asimétrica de la esquina anterolateral del saco dural, el signo de la media luna grasa donde se observa tejido adiposo extradural intermedio

entre el saco dural asimétrico y la raíz nerviosa conjunta, y el signo paralelo, con la visualización del curso paralelo de toda la raíz nerviosa a nivel del disco^{8,9,12}.

MÉTODO

Se realizó un estudio no experimental, observacional, descriptivo, retrospectivo y transversal. El presente estudio no requirió consentimiento informado al ser documental, la información fue resguardada según la Ley de Protección de Datos en Manos de Particulares y aprobado por el Centro Integral de Interpretación para el Diagnóstico (CIID) de Laboratorios Médico Polanco para el acceso a la información. Se incluyeron estudios de imagen lumbar de pacientes sometidos a estudios por RM en los Laboratorios Médicos Polanco en la CDMX y Área Metropolitana del Valle de México entre el 1 de enero y el 31 de diciembre del año 2021. Los datos del presente estudio fueron recolectados durante el desarrollo de una rotación académica, realizado por un médico residente de cuarto año de imagenología diagnóstica y terapéutica, en conjunto con dos médicos especialistas en imagenología diagnóstica y terapéutica con 7 y 10 años de experiencia respectivamente, uno de ellos con alta especialidad en RM.

Se consideraron pacientes cuyo motivo de realización haya sido lumbalgia en estudio, indistintamente de la edad o sexo, y que contara con secuencias T1, T2 y STIR en plano axial, coronal y sagital, secuencia Merge y secuencia de mielografía. Se incluyeron estudios de pacientes por lumbalgia entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de 2021,

excluyendo los casos de pacientes con antecedentes de cirugía neurológica u ortopédica de la zona lumbar, infección activa o tumores en la zona lumbar o con diagnóstico de artrosis facetaria severa.

Los estudios de imagen fueron recuperados de los servidores del Centro Integral de Interpretación para el Diagnóstico (CIID) de Laboratorios Médico Polanco; considerando que cada estudio fue evaluado de manera ciega e independiente por un médico residente de radiología de tercer año y por dos médicos especialistas en imagenología diagnóstica y terapéutica con 7 y 10 años de experiencia cada uno.

El análisis estadístico fue realizado empleando el programa IBM SPSS v27 (EE.UU.). La comparación entre grupos fue realizada por chi cuadrada de Pearson y t de Student para variables cuantitativas. Se consideró un resultado significativo cuando $p < 0.05$.

RESULTADOS

Durante el 2021 se realizaron 919 RM que cumplían con los criterios de selección, de los cuales el 52.3% ($n = 481$) eran mujeres y la edad media fue de 51.92 ± 12.55 años de edad. De esta población la incidencia de hallazgos de raíces nerviosas conjuntas fue del 1.088% ($n = 10$).

En la población que se encontró el hallazgo de raíces nerviosas conjuntas la distribución por sexo fue de cinco hombres y cinco mujeres; esta distribución no presenta diferencia significativa en comparación con lo que se presentó en la población en general

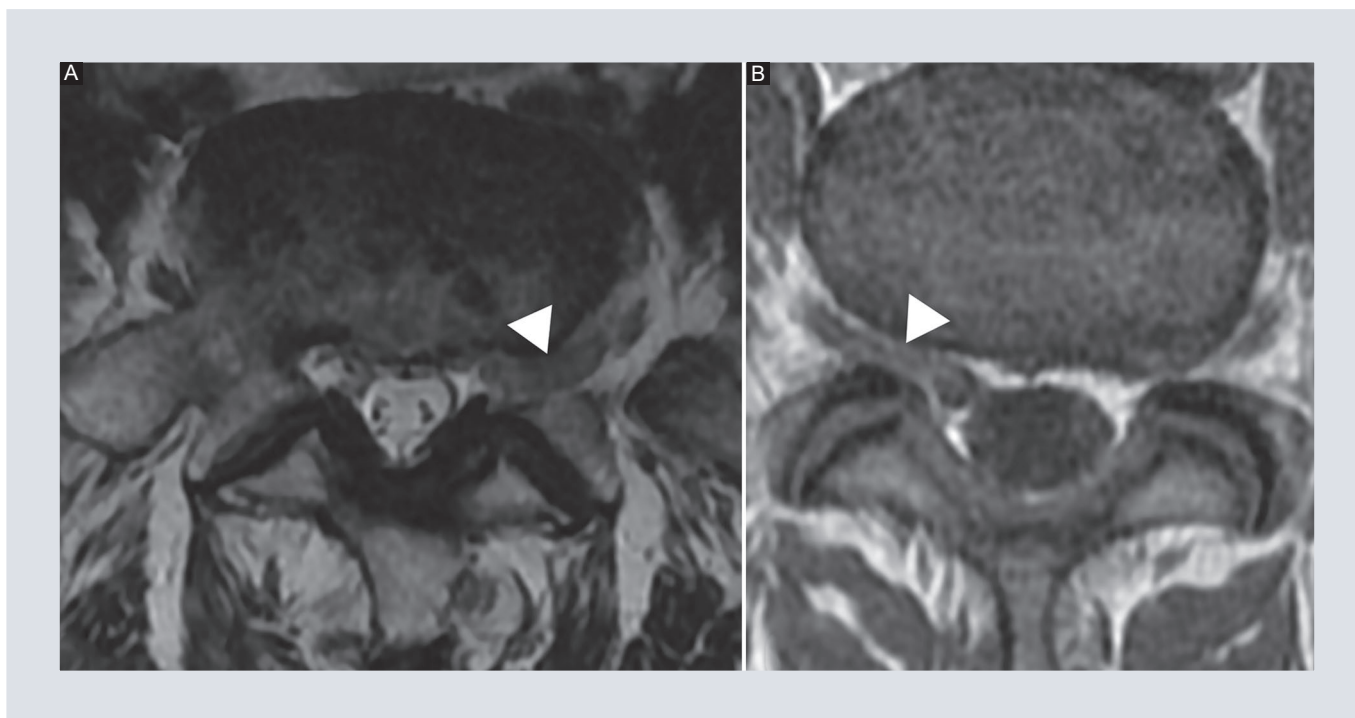


FIGURA 1. Imágenes de resonancia magnética de dos pacientes con raíz nerviosa conjunta en nivel L5-S1 donde se observa el signo del paralelo. **A:** imagen ponderada en T2, plano axial, la cabeza de flecha muestra el trayecto foraminal y extraforaminal paralelo de la raíz nerviosa izquierda. **B:** plano axial, ponderado en T1, la cabeza de flecha muestra el trayecto foraminal y extraforaminal paralelo de la raíz nerviosa derecha.

estudiada ($p = 0.882$, chi cuadrada). Mientras que la edad media de la población que presentó raíces nerviosas conjuntas fue de 49 ± 17.57 años de edad vs. la edad sin la raíz nerviosa conjunta (51.96 ± 12.5 años) no presentó diferencia significativa ($p = 0.4589$, t de Student).

Dentro de los pacientes en los que se encontró raíces nerviosas conjuntas el 100% presentó las raíces nerviosas conjuntas en el segmento L5-S1. En cuanto a la lateralidad identificada el 50% fue en el lado derecho y el 50% en el lado izquierdo.

Finalmente, se comprobó la presencia de los signos imagenológicos asociados a raíces nerviosas conjuntas (signo del paralelo, signo de

la esquina y signo de la medialuna grasa) mediante cortes axiales y coronales, su frecuencia por sexo y la comparación entre ellos, sin encontrar diferencias significativas (Figs. 1-6) (Tabla 2). Interesantemente, solo los que presentaron lateralidad derecha presentaban los tres signos en el análisis de imagen.

DISCUSIÓN

Si bien la incidencia que se observó de la raíz nerviosa conjunta es sumamente baja, aun en una población amplia de estudio, esto es similar a lo reportado en estudios de otras poblaciones o épocas^{13,14}, lo cual indica que al menos en los últimos 50 años la incidencia de esta anomalía anatómica no se ha modificado en nada.

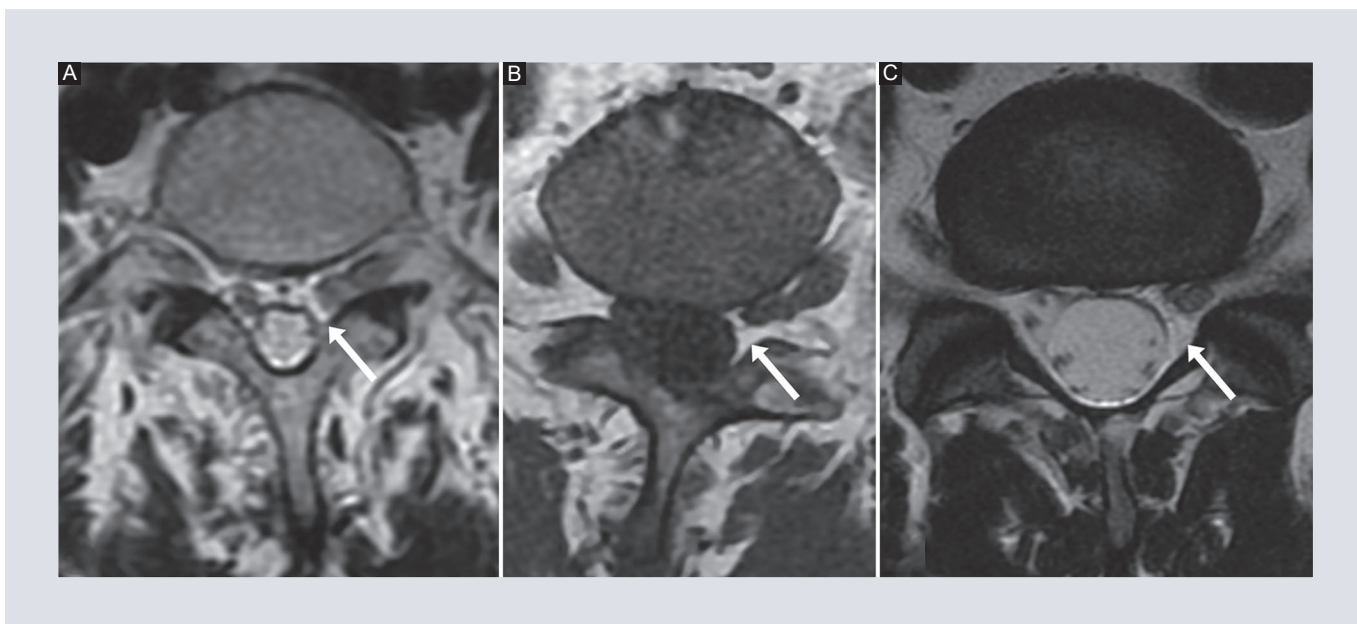


FIGURA 2. Imágenes de resonancia magnética en plano axial de tres pacientes con raíz nerviosa conjunta en nivel L5-S1 izquierdo, donde se observa el signo de medialuna grasa. **A-C:** imágenes ponderadas en T2. **B:** ponderado en T1, las flechas muestran el atrapamiento de grasa entre el saco dural asimétrico y la raíz nerviosa conjunta en cada caso.

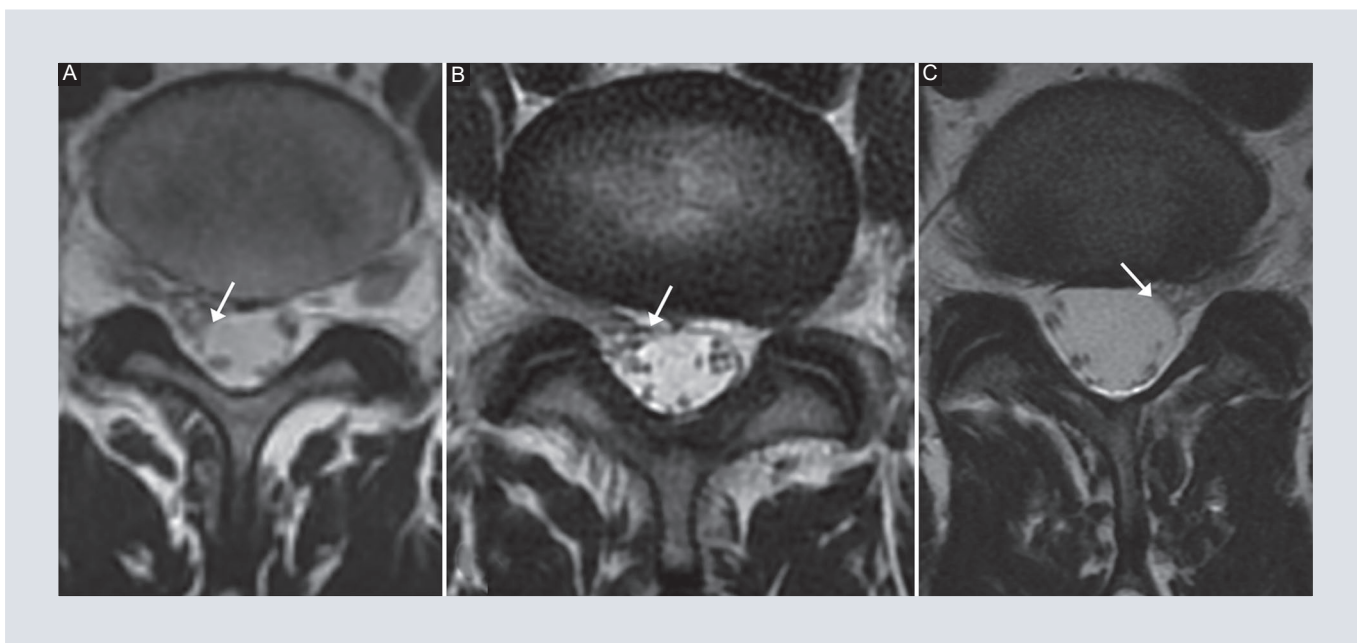


FIGURA 3. Imágenes de resonancia magnética de tres pacientes con raíz nerviosa conjunta en nivel L5-S1 donde se observa el signo de la esquina. Imágenes potenciadas en T2, plano axial. **A-B:** flechas muestran la asimetría de la esquina anterolateral del saco dural con menor concavidad derecha; **C:** izquierda.

Por otro lado, es importante señalar que el no encontrar ninguna diferencia o posible relación en cuanto a la lateralidad, sexo,

edad o signo de imagen señala que no existe una posible característica única que distinga o favorezca el distinguir la raíz nerviosa

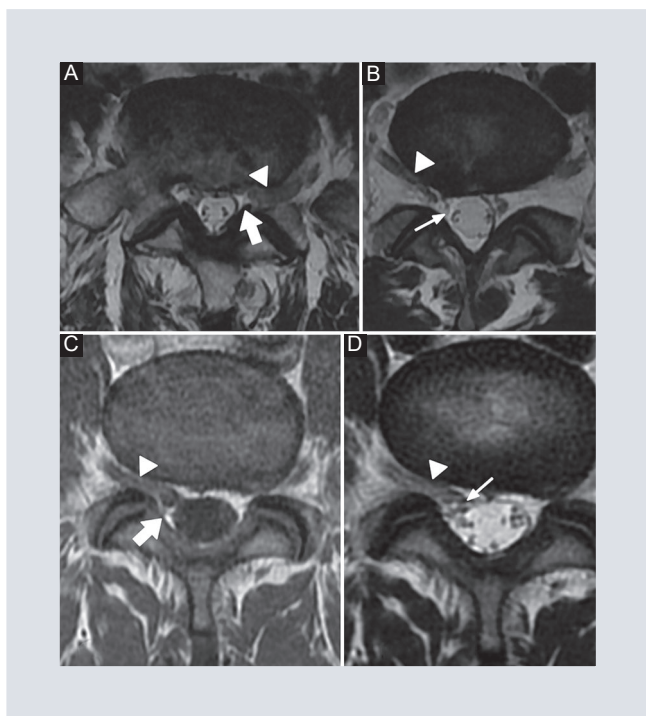


FIGURA 4. Imágenes de resonancia magnética, plano axial de cuatro pacientes con raíz conjunta L5-S1. **A, B y D:** potenciadas en T2. **C:** y potenciada en T1. Se observa la asociación de los diferentes signos: cabeza de flecha, signo del paralelo; flecha gruesa, signo de la media luna grasa, y flecha delgada, signo de la esquina.

TABLA 2. Signos identificados en los casos de raíces nerviosas conjuntas

	Hombres	Mujeres	p*
Signo			
Paralelo	5	5	
Medialuna grasa	3	2	0.527
Esquina	4	3	0.49
Cantidad de signos			
Un signo	1	2	
Dos signos	1	1	0.766
Tres signos	3	2	

*Valor de P calculado por chi cuadrada.

conjunta de otros padecimientos que induzcan lumbalgia. Esto puede soportar que la raíz nerviosa conjunta es una patología de etiología congénita sin algún inductor específico^{1,6,12,14}.

Esto último con la salvedad de que la alta incidencia de raíz nerviosa conjunta en L5-S1, tanto en el presente estudio como en otros, señala que debe haber un momento en el desarrollo embriológico que es determinante para la generación de la raíz nerviosa conjunta^{12,15-17}.

En la aproximación diagnóstica actual, se considera a la RM como el estudio de elección para el hallazgo de las raíces nerviosas conjuntas y su diferenciación con otros procesos ocupativos, esto teniendo en cuenta la ampliación necesaria de los cortes axiales a niveles adyacentes al área de afectación y la toma de plano coronal en T1 y T2 adicional y sistemático en pacientes que sugieran clínica radicular compresiva y la búsqueda intencionada de los datos directos e indirectos sugerentes de presencia de raíces conjuntas. Teniendo que el diagnóstico está dado mediante la caracterización del área de unión de las raíces y los signos de imagen típicos que permiten diferenciar de otros diagnósticos como la hernia discal^{12,18,19}.

Además debe tenerse en cuenta la variabilidad clínica mencionada, la falta de estandarización imagenológica (ya que en estudios de rutina, los planos axiales se realizan a nivel de los discos intervertebrales sin extensión completa del cuerpo vertebral, lo que dificulta la adecuada caracterización de la raíz conjunta), así como los hallazgos errados o no concluyentes que se relacionan directamente con la tasa de cirugías fallidas y/o hallazgos intraoperatorios de dichas anomalías, donde puede ocurrir una lesión dural, irritación o inflamación secundaria a la retracción forzada, causando déficit neurológico postoperatorio y



FIGURA 5. Imágenes de resonancia magnética consecutivas del mismo paciente, ponderadas en T2, plano coronal, a nivel del cuerpo de S1, donde se observa en la primera imagen el trayecto de la raíz nerviosa L5 derecha, segunda imagen el saco dural común, y tercera imagen el trayecto de la raíz S1 derecha, (flechas blancas), raíz conjunta L5-S1 derecha.

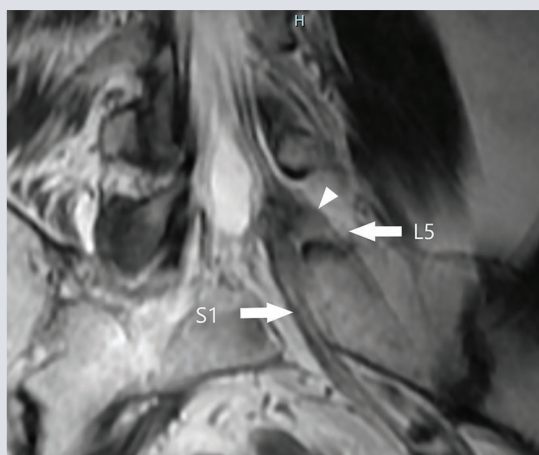


FIGURA 6. Imagen de resonancia magnética ponderada en T2, plano coronal, donde se observa un saco dural común (cabeza de flecha) y el trayecto de las raíces L5 y S1 izquierdas respectivamente (flechas blancas), raíz conjunta L5-S1 izquierda.

dolor neuropático, o incluso la presencia de una lesión neural iatrogénica.

CONCLUSIÓN

Las raíces nerviosas conjuntas son realmente un diagnóstico incidental en la población mexicana, cuyo hallazgo se da principalmente

en poblaciones que presenten el síntoma clínico principal que es la lumbalgia. Además, su diagnóstico es elusivo debido a que no se asocian características específicas para las raíces nerviosas conjuntas.

Por lo que se puede postular que la prevalencia de las raíces nerviosas conjuntas esté en torno al 1% en la población mexicana, sin que existan criterios clínicos o guías que favorezcan su diagnóstico. De ahí que su diagnóstico sea meramente una serendipia.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la jefatura del Servicio de Radiología e Imagen del Hospital General de México Dr. Eduardo Liceaga y al CIID del Laboratorio Médico Polanco, por su apoyo logístico para la obtención y análisis de los datos evaluados.

FINANCIAMIENTO

No existe financiamiento externo que deba ser reportado.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses en el presente trabajo. Con el presente trabajo, los autores no obtienen beneficio económico o personal de Laboratorios Médicos Polanco.

Los convenios académicos y de participación de los autores cumplen con la reglamentación que para ello aplica, y que estas son de concurrencia de las instituciones y no de los autores.

RESPONSABILIDADES ÉTICAS

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

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes. Además, los autores han reconocido y seguido las recomendaciones según las guías SAGER dependiendo del tipo y naturaleza del estudio.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Uso de inteligencia artificial para generar textos. Los autores declaran que no han utilizado ningún tipo de inteligencia artificial generativa en la redacción de este manuscrito ni para la creación de figuras, gráficos, tablas o sus correspondientes pies o leyendas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cannon BW, Hunter SE, Picaza JA. Nerve-root anomalies in lumbar-disc surgery. *J Neurosurg.* 1962;19:208-14.
2. Helms CA, Dorwart RH, Gray M. The CT appearance of conjoined nerve roots and differentiation from a herniated nucleus pulposus. *Radiology.* 1982;144(4):803-7.
3. Torricelli P, Spina V, Martinelli C. CT diagnosis of lumbosacral conjoined nerve roots. Findings in 19 cases. *Neuroradiology.* 1987;29(4):374-9. Erratum in: *Neuroradiology* 1987;29(6):584.
4. Maiuri F, Gambardella A. Anomalies of the lumbosacral nerve roots. *Neur Res.* 1989;11(3):130-5.
5. Böttcher J, Petrovitch A, Sörös P, Malich A, Hussein S, Kaiser WA. Conjoined lumbosacral nerve roots: current aspects of diagnosis. *Eur Spine J.* 2004;13(2):147-51.
6. Scuderi GJ, Vaccaro AR, Brusovanik GV, Kwon BK, Berta SC. Conjoined lumbar nerve roots: a frequently underappreciated congenital abnormality. *J Spinal Disord Tech.* 2004;17(2):86-93.
7. Artico M, Carloia S, Piacentini M, Ferretti G, Dazzi M, Franchitto S, et al. Conjoined lumbosacral nerve roots: observations on three cases and review of the literature. *Neurocirugia (Astur).* 2006;17(1):54-9.
8. Song SJ, Lee JW, Choi JY, Hong SH, Kim NR, Kim KJ, et al. Imaging features suggestive of a conjoined nerve root on routine axial MRI. *Skeletal Radiol.* 2008;37(2):133-8.
9. Taghipour M, Razmkon A, Hosseini K. Conjoined lumbosacral nerve roots: analysis of cases diagnosed intraoperatively. *J Spinal Disord Tech.* 2009;22(6):413-6.
10. Morishita Y, Ohta H, Matsumoto Y, Shiba K, Naito M. Intra-operative identification of conjoined lumbosacral nerve roots: a report of three cases. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2012;20(1):90-3.
11. Lotan R, Al-Rashdi A, Yee A, Finkelstein J. Clinical features of conjoined lumbosacral nerve roots versus lumbar intervertebral disc herniations. *Eur Spine J.* 2010;19(7):1094-8.
12. Trimba R, Spivak JM, Bendo JA. Conjoined nerve roots of the lumbar spine. *Spine J.* 2012;12(6):515-24.
13. White JG 3rd, Strait TA, Binkley JR, Hunter SE. Surgical treatment of 63 cases of conjoined nerve roots. *J Neurosurg.* 1982;56(1):114-7.
14. Chan AK, Mayer RR, Mummaneni PV, Chou D. Conjoined nerve root: case illustration. *J Neurosurg Spine.* 2020 Jan 24;1-2. doi: 10.3171/2019.12.SPINE191226. Online ahead of print.
15. Lotan R, Al-Rashdi A, Yee A, Finkelstein J. Clinical features of conjoined lumbosacral nerve roots versus lumbar intervertebral disc herniations. *Eur Spine J.* 2010;19(7):1094-8.
16. Sharma A, Singh V, Agrawal R, Mangale N, Deepak P, Savla J, et al. Conjoint nerve root an intraoperative challenge in minimally invasive tubular discectomy. *Asian Spine J.* 2021;15(4):545-9.
17. Yaman O, Ozer AF. Novel L5-S1 interbody fusion technique for root anomalies or abnormal root configurations of L5-S1 foramina. *J Craniovertebr Junction Spine.* 2018;9(3):163-6.
18. Haijiao W, Koti M, Smith FW, Wardlaw D. Diagnosis of lumbosacral nerve root anomalies by magnetic resonance imaging. *J Spinal Disord.* 2001;14(2):143-9.
19. Artico M, Carloia S, Piacentini M, Ferretti G, Dazzi M, Franchitto S, et al. Conjoined lumbosacral nerve roots: observations on three cases and review of the literature. *Neurocirugia (Astur).* 2006;17(1):54-9.

Síndrome de Percherón. Reporte de un caso y revisión bibliográfica

Percherón syndrome. A case report and bibliographic review

Omar A. Duque-Montoya* y Agustín I. Rodríguez-Blas

Servicio de Imagenología Diagnóstica y Terapéutica, Hospital Juárez de México, Ciudad de México, México

RESUMEN

Se describe el caso clínico de una paciente que inicia con deterioro neurológico agudo, por lo cual se sospecha evento vascular cerebral y es derivada a nuestro servicio para toma inicial de tomografía computarizada simple de cráneo, identificando infartos bitalámicos sincrónicos bilaterales, por lo cual se sugiere complemento con resonancia magnética nuclear, confirmando los hallazgos iniciales, para lo cual recibió manejo multidisciplinario.

Palabras clave: Infarto bitalámico. Síndrome de Percherón. Evento vascular isquémico.

ABSTRACT

A clinical case of a patient who debuted with acute neurological deterioration is described, which is why a cerebral vascular event is suspected and she is referred to our service for the initial taking of a simple computerized tomography of the skull, identifying bilateral thalamic infarcts; it is suggested a posterior complement with nuclear magnetic resonance, confirming the initial findings, for which he received multidisciplinary management.

Keywords: Bilateral thalamic infarct. Percherón syndrome. Ischemic vascular event.

*Correspondencia:

Omar A. Duque-Montoya

E-mail: omitard@hotmail.com

Recibido: 18-10-2020

Aceptado: 29-03-2023

DOI: 10.24875/ARM.20000186

1665-2118/© 2023 Sociedad Mexicana de Radiología e Imagen, AC. Publicado por Permanyer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

INTRODUCCIÓN

La primera descripción conocida de la irrigación talámica fue hecha en 1900 por Dejerine y Roussy, seguida por una descripción más completa realizada por Percherón con preparados de autopsia entre 1960 y 1964¹. Los tálamos son estructuras localizadas en la línea media entre los hemisferios cerebrales y el mesencéfalo, con dos porciones simétricas localizadas a ambos lados del III ventrículo que se comunican a través de la masa intermedia. Estas estructuras quedan divididas en varios núcleos por estrías de sustancia blanca, y están implicadas en la transmisión de estímulos motores y sensitivos hacia y desde el córtex cerebral, así como en la regulación de la consciencia, el sueño y el estado de alerta². La vascularización del tálamo es compleja, proviene de la arteria talámica polar, la arteria talámica paramediana (o de Percherón), el pedículo tálamo geniculado y la arteria coroidal posterior con sus dos ramas, posteromedial y posterolateral³.

La arteria paramediana o de Percherón, también es llamada arteria óptica interna de Duret o arteria tálamo-perforante de Foix y Hillerman. Se la conoce como arteria de Percherón porque fue él quien analizó en profundidad su origen, sus variantes y su territorio. Esta arteria se origina en la arteria cerebral posterior. Siendo en esta circunstancia que Percherón observó cuatro variantes de la anatomía neurovascular del tálamo y el mesencéfalo⁴ (Fig. 1):

- Variante I. Es la más común, en la cual cada arteria perforante surge de cada arteria cerebral posterior derecha e izquierda respectivamente (Fig. 1A).
- Variante II. Es asimétrica, las arterias perforantes derecha e izquierda nacen de una

misma arteria cerebral posterior sin preferencia de lado (45% de frecuencia), dividiéndose a su vez en:

- Tipo II A. Nacen independientemente en la misma arteria cerebral posterior (Fig. 1B).
- Tipo II B. Nacen en un tronco arterial común llamado arteria de Percherón, el cual surge del segmento P1 de una arteria cerebral posterior. Estas suministran el tálamo paramediano y el mesencéfalo rostral bilateralmente (Fig. 1C).
- Variante III. Es una variante en arcada con varias ramas perforantes surgiendo de un único arco arterial que une los segmentos P1 de ambas arterias cerebrales posteriores (Fig. 1D).

El síndrome de Percherón o infarto talámico bilateral sincrónico se considera una enfermedad infrecuente descrita en algunos reportes como solo el 0.6% de los episodios de accidente cerebrovascular⁵. Otros autores informan entre un 0.1 y un 0.3% de incidencia⁶. Descrita por Percherón en los años 60 con gran precisión, aunque ya había sido descrita por otros autores. Es una rara variante vascular en la cual una sola arteria dominante de tálamo se origina en el segmento P1 y se bifurca para suministrar a ambos tálamos paramedianos. Cuando existe afectación de esta arteria se produce un infarto talámico sincrónico bilateral, dando como resultado un síndrome clínico variable de difícil diagnóstico clínico.

PRESENTACIÓN DEL CASO

Se presenta el caso de una paciente de 77 años de edad con antecedente de hipertensión arterial y diabetes *mellitus* tipo 2 que ingresa

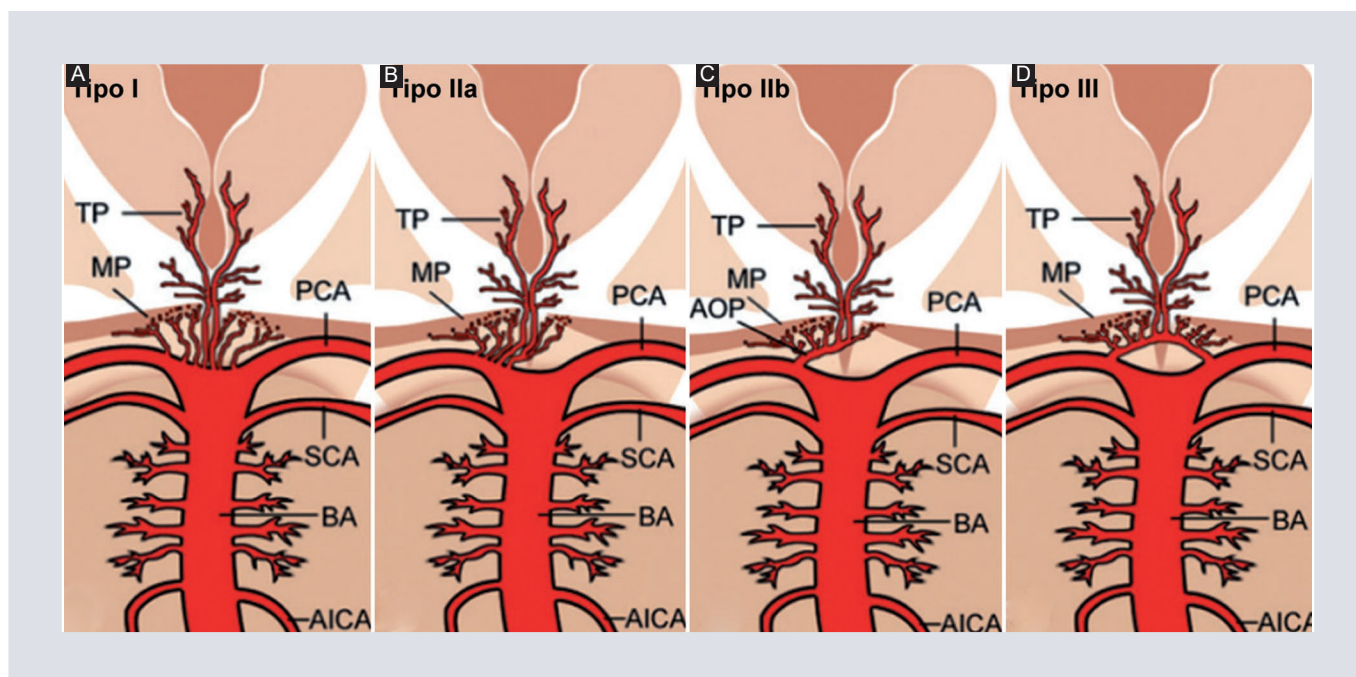


FIGURA 1. Esquema de Percherón sobre las cuatro variantes de la anatomía neurovascular del tálamo y el mesencéfalo **A:** variante I. **B:** variante IIa. **C:** variante IIb. **D:** variante III, la arteria de percherón (adaptada de Lamot et al., 2015⁴).

AICA: arteria cerebelosa anterior inferior; AOP: arteria de Percherón; BA: arteria basilar; MP: perforantes del mesencéfalo; PCA: arteria cerebral posterior; SCA: arteria cerebral superior; TP: tálamo-perforantes.

al servicio de urgencias de esta institución por un cuadro clínico de aproximadamente nueve días de adinamia, astenia e hiporexia asociado a deterioro de la marcha, desorientación en tiempo, apatía y somnolencia. A la exploración física no se observa déficit motor ni sensitivo, identificando alteración de la marcha con tendencia a la lateropulsión hacia la derecha. Además del protocolo básico de urgencias, hemograma, bioquímica, estudio de coagulación, radiografía simple de tórax y electrocardiograma que fueron normales, se le realiza tomografía computarizada (TC) craneal simple con equipo Philips de 64 canales mostrando en ambos tálamos lesiones hipodensas ovoideas, simétricas, bien definidas sin observar lesiones mesencefálicas asociadas (Fig. 2).

Cuatro días después se le realiza una resonancia magnética (RM) en un equipo GE de

1.5 teslas observando en ambos tálamos imágenes de morfología irregular de comportamiento hipointenso en T1, hiperintenso en T2 y FLAIR con restricción de señal a la difusión y coeficiente de difusión aparente (CDA) bajo en relación con lesiones isquémicas en estadio subagudo tardío sugerentes de obstrucción de la arteria de Percherón (Fig. 3). Resultan especialmente útiles para observar estas lesiones las secuencias FLAIR y difusión.

DISCUSIÓN

Cuando tiene lugar un evento vascular isquémico dependiente de la arteria de Percherón las manifestaciones neurológicas son variadas, pudiendo llegar incluso al coma. Principalmente suele existir afectación del lenguaje, así como alteración del estado de ánimo en

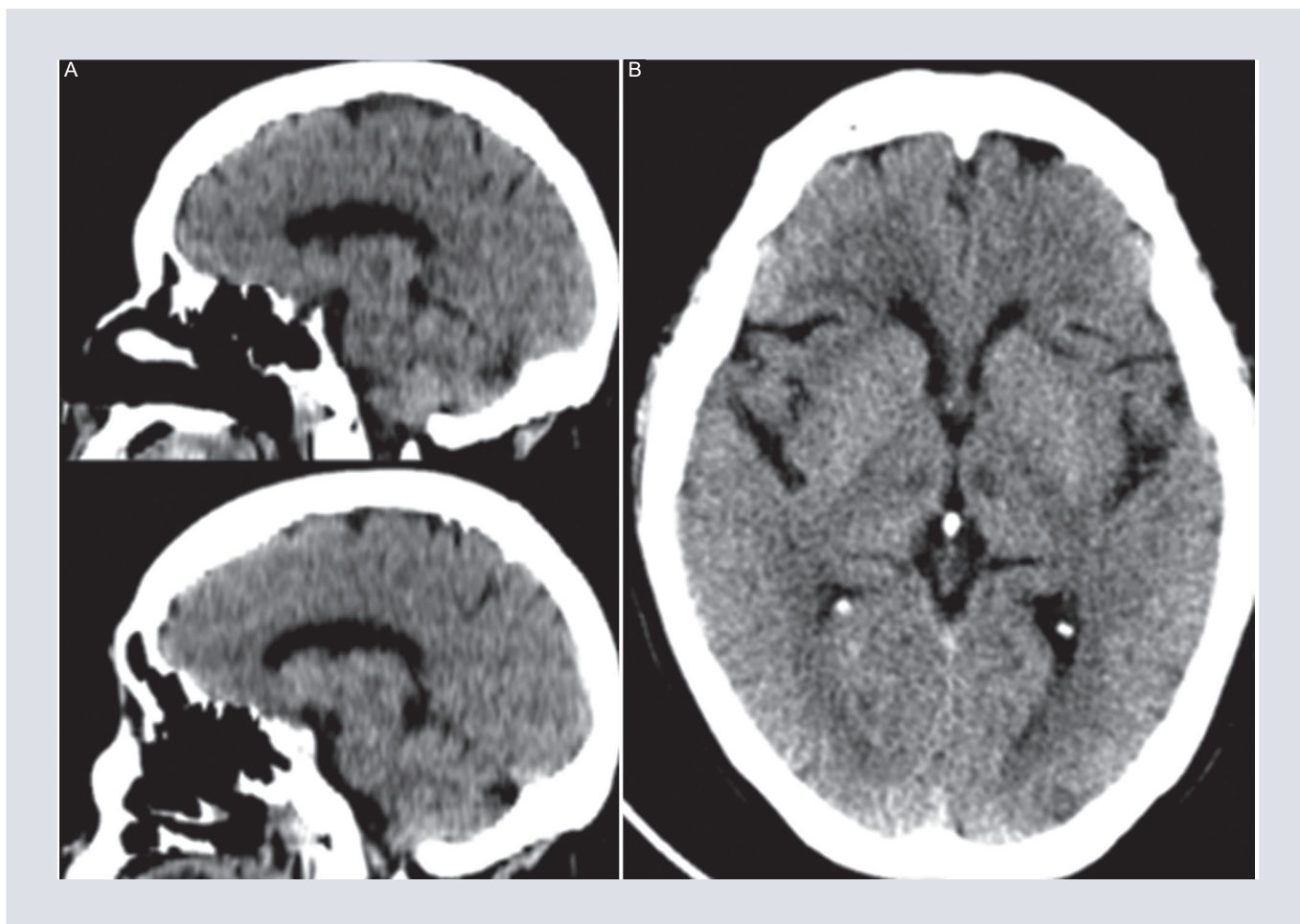


FIGURA 2. Tomografía computarizada. **A:** reconstrucciones sagitales. **B:** plano axial. Lesiones hipodensas bitalámicas (tomada de la base de datos del Servicio de Imagenología Hospital Juárez de México, con permiso).

forma de apatía y otras manifestaciones que forman parte de una tríada dada por trastornos del nivel de consciencia en ocasiones variables, oculomotores (se destaca la parálisis de la mirada vertical) y cognitivo-conductuales (dificultades de aprendizaje y memoria, confabulación, desorientación temporal, deterioro de la memoria autobiográfica, accesos de agitación y agresividad)⁷.

En la serie revisada por Guoliang et. estos encontraron que desafortunadamente las determinaciones de parálisis visual se hicieron tardíamente debido a falta del examen físico de los pacientes posiblemente por la pérdida de la

consciencia. En este estudio, observaron que en 4 de 9 pacientes con infartos bilaterales y 8 de 12 pacientes con infartos talámicos paramedianos unilaterales, la parálisis selectiva de la mirada no fue registrada. Se informó que el 39.2-60% de los pacientes con los infartos talámicos paramedianos tuvieron deterioro de la memoria⁸.

Los patrones radiológicos descritos en el infarto de la arteria de Percherón son: áreas hipodensas isquémicas bilaterales en el tálamo paramedial (simétrico o asimétrico), tálamo anterior (derecho, izquierdo o bilateral) y/o mesencéfalo⁹. En algunos casos, el paciente

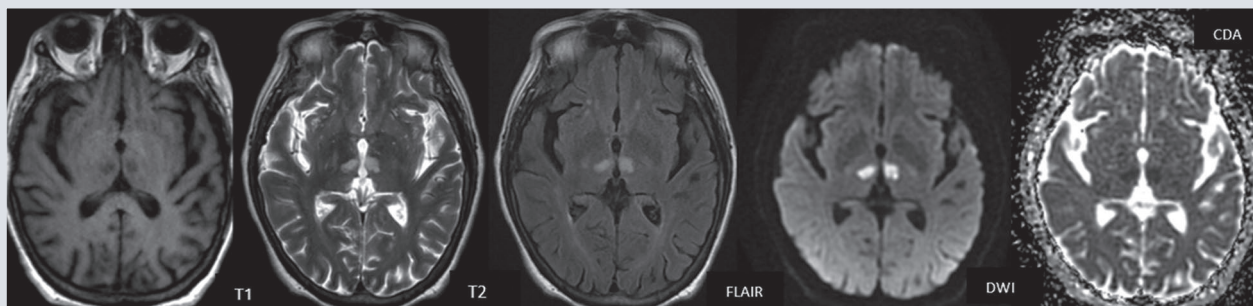


FIGURA 3. Resonancia magnética. Realizada a los cuatro días posteriores al ingreso. Cortes axiales T1, T2, FLAIR, difusión, CDA. Lesiones de comportamiento hipointenso en T1, hiperintenso en T2 y FLAIR con restricción de señal a la difusión y CDA bajo en relación con lesiones isquémicas en estadio subagudo tardío (tomada de la base de datos del Servicio de Imagenología Hospital Juárez de México, con permiso).

puede presentar hemiplejía, ataxia y alteración del movimiento oculomotor, lo que sugiere un infarto talámico bilateral (síndrome talamopeduncular)¹⁰.

Se han identificado cuatro patrones distintos de infarto de la arteria de Percherón¹¹:

- Patrón I: talámico paramediano bilateral con mesencéfalo rostral (43%).
- Patrón II: talámico paramediano bilateral sin mesencéfalo (38%).
- Patrón III: bilateral paramediano y anterior talámico con mesencéfalo (14%).
- Patrón IV: bilateral paramediano y talámico anterior sin mesencéfalo (5%).

Los criterios para su diagnóstico son fundamentalmente radiológicos: infarto sincrónico de ambos tálamos (siempre en la región paramediana bilateral y, ocasionalmente, anterior uni/bilateral) sin/con afectación mesencefálica rostral, documentado por RM cerebral con secuencias de difusión (idéntico índice de restricción) o TC craneal con contraste (similar índice de captación), y en un contexto clínico coherente. El diagnóstico arteriográfico es

muy difícil, dado el pequeño calibre de esta arteria, y poco fiable, ya que solo su presencia en fase hiperaguda tiene valor diferencial (su presencia en fases tardías, cuando ha podido producirse una recanalización, no descarta una oclusión previa, igual que su ausencia no es sinónimo de oclusión)¹².

CONCLUSIÓN

Nuestro caso confirma los hallazgos descritos por clínica e imagen y describe la necesidad de considerar el infarto bitalámico sincrónico en el diagnóstico diferencial en los pacientes con eventos vasculares cerebrales isquémicos que cursan con deterioro agudo de la consciencia, afectaciones oculares y cognitivas. La presentación clínica puede imitar el estado epiléptico no convulsivo, la hemorragia subaracnoidea, la encefalopatía metabólica o tóxica y la encefalitis. Reconocer esta afectación bilateral en los estudios de RM es fundamental para caracterizar el cuadro en donde la difusión se considera la modalidad de imagen de elección.

FINANCIAMIENTO

Los autores del trabajo declaran que no hubo fuentes de financiamiento para la realización del estudio.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores del trabajo declaran no tener ningún conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

- Percherón G. Les artères du thalamus humain. 1: artère et territoire thalamiques polaires de l'artère communicante postérieure. *Rev Neurol (Paris)*. 1976;132:297-307.
- Hegde AN, Mohan S, Lath N, Lim CC. Differential diagnosis for bilateral abnormalities of the basal ganglia and thalamus. *Radiographics*. 2011;31(1):5-30.
- Castaigne P, Lhermitte F, Buge A, Escourolle R, Hauw JJ, Lyon-Caen O. Paramedian thalamic and midbrain infarcts: clinical and neuropathological study. *Ann Neurol*. 1981;10:127-4.
- Lamot U, Ribaric I, Popovic KS. Artery of Percheron infarction: review of literature with a case report. *Radiol Oncol*. 2015;49(2):141-6.
- López-Serna R, González-Carmona P, López-Martínez M. Bilateral thalamic stroke due to occlusion of the artery of Percheron in a patient with patent foramen ovale: A case report. *J Med Case Rep*. 2009;3:7392.
- Villafuerte Espinoza M, Neyra Ontaneda D, Hernández Vizarreta J, Zúñiga Gamarra M. Demencia secundaria a infarto talámico bilateral (síndrome de Percherón): Reporte de un caso. *Rev Neuropsiquiatr*. 2015;78(2):110-4.
- Jumean K, Arqoub A, Moayad A, Hawatmeh A, Shaaban H. Bilateral thalamic stroke due to occlusion of the artery of Percheron in a patient with a patent foramen ovale. *J Nat Sci Biol Med*. 2016;7(1):109-12.
- Guoliang L, Xiong Z, Beilei H, Ming Z, Songfang Ch, Yuqiang G, et al. Paramedian thalamic ischemic infarction: A retrospective clinical observation. *Eur Neurol*. 2017;77(3-4):197-200.
- Gómez de la Heras C, Ramos Solís MF, Mármol Vázquez P. Infarto de la arteria de percheron: hallazgos radiológicos. *Radiología*. 2014;56(Espec Cong):1114.
- Almamun M, Suman A, Arshad S, Jayathirthachar S, Kumar S. A case of midbrain and thalamic infarction involving artery of Percheron. *J Clin Med*. 2015;4(3):369-74.
- Lazzaro NA, Wright B, Castillo M, Fischbein NJ, Glastonbury CM, Hildenbrand PG. Artery of Percheron infarction: imaging patterns and clinical spectrum. *AJNR. Am J Neuroradiol*. 2010;31(7):1283-89.
- Lostra J, Temptra A, García Saiz E, Valdivia Rodríguez H. Momento anatómico: la arteria de percherón importancia de su reconocimiento en resonancia magnética [Internet]. Argentina: Hospital Privado de Comunidad [consultado 29 de abril de 2019]. Disponible en: <https://hpc.org.ar/wp-content/uploads/2015-v4p66.pdf>

Leucoencefalopatía tóxica aguda por piretroide: reporte de caso

Acute pyrethroid toxic leukoencephalopathy: case report

Francisca A. Villalobos-Reyes*, Javier Antúnez-Leyva, Alejandro Becerril-Mondragón e Isaac Maya-González

Departamento de Imagenología Diagnóstica, Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), Hospital Regional de Alta Especialidad Bicentenario de la Independencia, Méx., México

RESUMEN

La leucoencefalopatía tóxica aguda es una lesión de la sustancia blanca bilateral y simétrica producida por medicamentos, drogas y tóxicos. En el presente caso exponemos la intoxicación por inhalación de piretroide de una paciente pediátrica en la cual mediante estudios seriados de resonancia magnética se identificó un patrón de afección periventricular de la sustancia blanca en secuencias T2 y FLAIR, además de restricción a la difusión. Otras estructuras afectadas fueron cerebelo, hipocampo, ganglios de la base y cuerpo calloso. Se discuten posteriormente datos claves que considerar en el diagnóstico de los principales diferenciales.

Palabras clave: Neurotoxicidad. Intoxicación por piretroide. Leucoencefalopatía tóxica aguda.

ABSTRACT

The acute toxic leukoencephalopathy is a bilateral, symmetrical white matter injury produced by medications, drugs and toxic substances. In the presented case we expose the intoxication by inhalation of pyrethroid of a pediatric patient whose MRI showed a white matter periventricular pattern of affection and restriction of diffusion in FLAIR and T2 sequences. Other affected structures where cerebellum, hippocampus, basal ganglia and corpus callosum. Key clues where then discussed to consider the diagnostic and differentials.

Keywords: Neurotoxicity. Pyrethroid intoxication. Acute toxic leukoencephalopathy.

*Correspondencia:

Francisca A. Villalobos-Reyes

E-mail: frazvire@gmail.com

1665-2118/© 2023 Sociedad Mexicana de Radiología e Imagen, AC. Publicado por Permanyer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Recibido: 21-08-2023

Aceptado: 20-09-2023

DOI: 10.24875/ARM.23000059

INTRODUCCIÓN

Los piretroides son insecticidas sintéticos que se extraen de las plantas del género *Chrysanthemum*, se utilizan mundialmente como componente de fungicidas, raticidas, herbicidas e insecticidas. La exposición accidental o intencionada a estas sustancias produce efectos neurológicos que se han documentado como responsables de intoxicación crónica u ocupacional y en asociación a enfermedad de Parkinson¹. Los reportes por intoxicación aguda son escasos, principalmente debido a su baja incidencia.

La fisiopatología de los piretroides dentro del sistema nervioso central (SNC) es resultado de la estimulación de los canales de voltaje de sodio y en menor medida los de cloro, calcio y potasio¹. Estas acciones desencadenan edema excitotóxico con posterior progresión a edema intramielínico (condición potencialmente reversible) o, en segunda instancia, a edema citotóxico por muerte neuronal^{2,3}.

Los hallazgos se caracterizan mediante resonancia magnética (RM) empleando secuencia de difusión, que muestra áreas focales o simétricas de afectación de la sustancia blanca y restricción a la difusión como hallazgo temprano constatado o no en FLAIR⁴. Se adquieren también secuencias T1 y T2.

De tal forma, el objetivo primordial de este caso es la descripción, comparación con sus principales diagnósticos diferenciales y caracterización de los hallazgos radiológicos en la leucoencefalopatía tóxica aguda (LTA) desencadenada por piretroide inhalado que ayude a facilitar su reconocimiento.

PRESENTACIÓN DEL CASO

Una paciente de sexo femenino de 14 años ingresó al servicio de urgencias pediatría posterior a la inhalación de insecticida en presentación al que se refirió como «polvo morado» y que confundió con una sustancia psicotrópica. Se recibió con deterioro neurológico (Glasgow 7/15), convulsiones tónico-clónicas, pupilas midriáticas e hiporreflexias y se procedió al manejo avanzado de la vía aérea. A la exploración física mostró múltiples lesiones tipo habón en cadera y pies, al igual que petequias en tórax y extremidades superiores. Presentaba los signos vitales siguientes: presión arterial 126/79 mmHg, frecuencia respiratoria de 16, saturación de oxígeno del 96% posterior a la intubación.

El abordaje inicial fue la realización de una de RM de encéfalo empleando resonador Siemens de 1.5 teslas. Sus hallazgos iniciales revelaron en la secuencia T2 un incremento de la intensidad de señal de los núcleos basales de predominio derecho, de ambos hipocampos y lóbulos posteriores del cerebelo, así como una afectación simétrica, bilateral y difusa de la sustancia blanca periventricular (Fig. 1). Considerando los antecedentes referidos en la historia clínica indirecta, la valoración clínica y por el servicio de toxicología, en conjunto con la impresión diagnóstica del servicio de imagenología se integró el diagnóstico de LTA con un patrón de afectación periventricular ocasionado por el piretroide.

Cinco días después del ingreso se efectuó un estudio de control de RM en el cual presentó cambios por edema cerebelar e incremento de la afectación de la sustancia blanca con restricción a la difusión (Fig. 2).

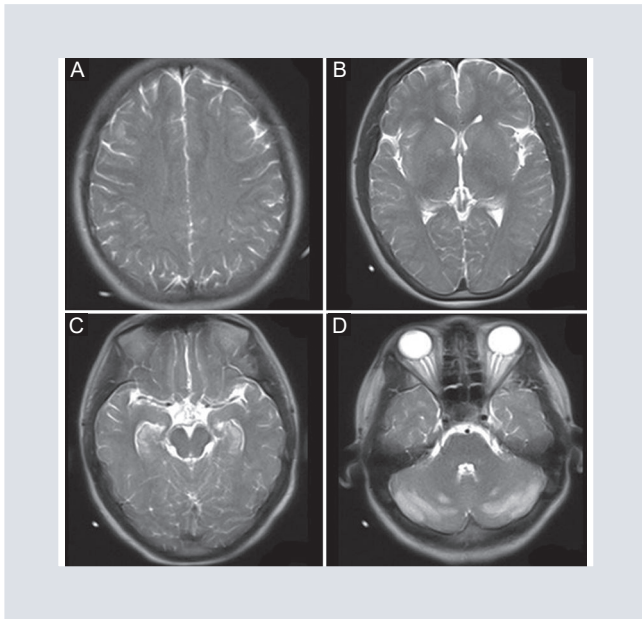


FIGURA 1. Adquisiciones axiales de resonancia magnética en secuencia T2. **A:** se observa sustancia blanca periventricular hiperintensa de manera simétrica. **B:** el globo pálido presenta áreas redondas hiperintensas. **C:** las regiones hipocámpicas. **D:** los lóbulos posteriores del cerebelo también presentan aumento en la intensidad de señal.

En el noveno día se constató un leve decremento de la intensidad de señal de los ganglios de la base, además de nuevas imágenes hiperintensas de morfología ovalada localizadas en la sustancia blanca profunda de ambos lóbulos frontales compatibles con hemorragia intraparenquimatosa en fase subaguda tardía (Fig. 3).

La evolución de la intoxicación condujo a una falla orgánica múltiple, con una puntuación APACHE de 21. Continuó con datos de deterioro neurológico (Glasgow 3/15), además de pupilas isocóricas y arreflexias, ausencia de reflejo térmico (la temperatura se mantuvo en 35 °C) y ocular, por lo que se indicó una nueva RM. En ella se observó un incremento marcado de la intensidad de señal de la sustancia blanca periventricular, la cual presentó áreas irregulares hipointensas en los centros

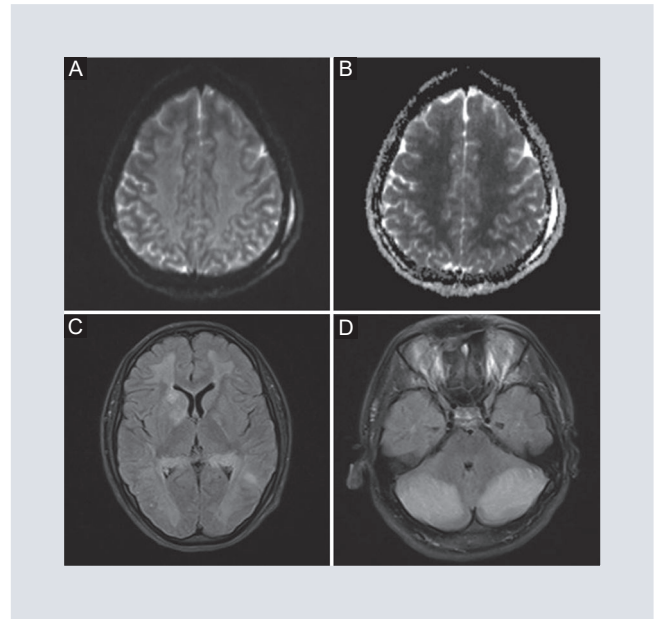


FIGURA 2. **A:** secuencia DWI. **B:** mapa ADC. Se demuestra restricción a la difusión de la sustancia blanca periventricular en ambos hemisferios. **C:** en la secuencia FLAIR se constata la afectación de la sustancia blanca con respecto de la corteza cerebral. **D:** edema cerebeloso.

semiovalados, así como afectación del cuerpo calloso en sus porciones del cuerpo y esplenio. El tallo cerebral se desplazó posterior e inferiormente secundario al efecto de volumétrico del edema, también desencadenó herniación amigdalina y central (Fig. 4). Las arterias intracraneales no presentaron realce tras la administración de contraste endovenoso. Clínica y radiológicamente se diagnosticó muerte cerebral.

DISCUSIÓN

La intoxicación medicamentosa, tóxica o metabólica presenta un amplio espectro de patrones de afectación radiológica en el SNC, la literatura menciona al menos nueve y recomienda su conocimiento y asociación como una guía para la identificación del agente

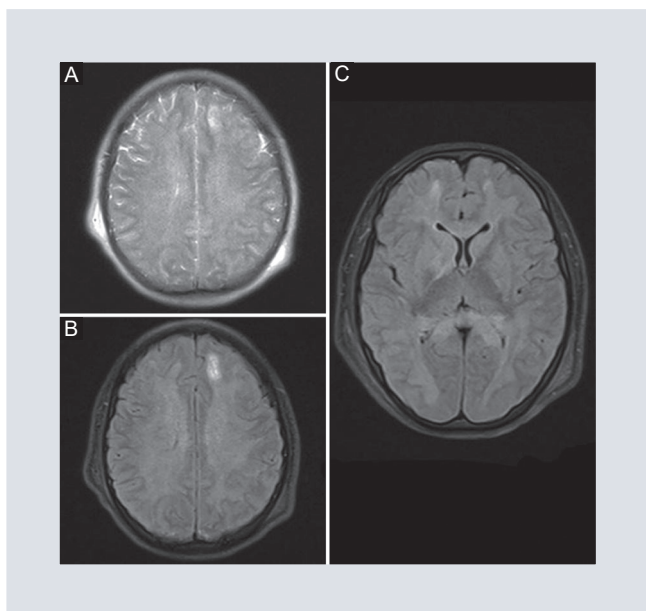


FIGURA 3. A y B: secuencias T1 y T2 donde existe afectación de la sustancia blanca periventricular, así como una nueva área hiperintensa en ambas secuencias en lóbulo frontal izquierdo correspondiente a hemorragia en fase subaguda tardía. **C:** secuencia FLAIR que muestra afectación de la sustancia blanca con menor intensidad que el estudio previo no mostrado en esta imagen.

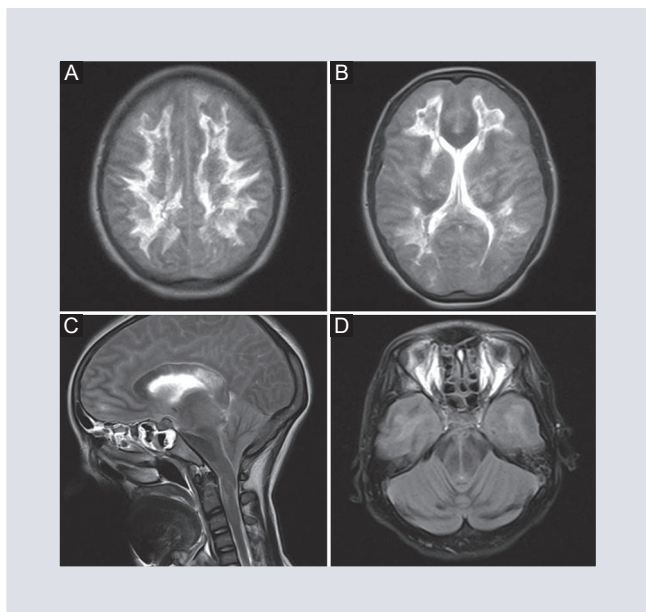


FIGURA 4. A y B: adquisiciones de resonancia magnética en secuencia T2 donde se observa marcada hiperintensidad de la sustancia blanca periventricular con áreas centrales hipointensas. **C y D:** en el plano sagital y axial se muestra afectación del cuerpo calloso, así como herniación amigdalina.

causal. Ellos son: involucro de los ganglios basales y/o tálamo, del núcleo dentado, involucro cortical predominante, involucro de la sustancia blanca periventricular simétrica, involucro del tracto corticoespinal, del cuerpo calloso, involucro asimétrico de la sustancia blanca, edema vasogénico subcortical parieto-occipital e involucro del puente central simétrico³.

En este caso se reconoció el patrón de afectación periventricular simétrico que se define por una lesión de la sustancia blanca con esa distribución acompañada de restricción a la difusión y una frecuente asociación con la LTA³. En nuestro caso, se afectó adicionalmente las regiones hipocampales, ganglios de la base, cerebelo y el cuerpo calloso lo cual no es infrecuente, no obstante, pudiera generar dudas respecto de otras intoxicaciones o la encefalopatía hipóxico isquémica (EHI) habitualmente considerada como un imitador⁵.

Los principales diferenciales que comparten patrones similares por RM son la neurointoxicación por heroína, metotrexato, monóxido de carbono y la causada por encefalopatía urémica y hepática. En la intoxicación por heroína es más frecuente la afectación posterior de la sustancia blanca, los brazos posteriores de la cápsula interna y el cerebelo². En la intoxicación por monóxido de carbono la afectación de la sustancia blanca periventricular es el patrón más frecuente, aunque también se presenta como involucro de los ganglios basales o del hipocampo. El metotrexato puede ocasionar LTA con afectación bilateral de la sustancia blanca periventricular, restricción a la difusión multifocal y en ocasiones puede ser unilateral¹⁶. La encefalopatía

urémica causa un patrón semejante únicamente en el 10%, sin embargo la encefalopatía hepática es la tercera causa de LTA, aunque solo se manifiesta de esta manera en un 15% de los casos³. Ninguna de estas opciones generó confusión en nuestro caso debido al previo conocimiento del agente causal.

Resulta más factible a considerar a la EHI con patrón de afectación en adultos que pudiera relacionarse a periodos de apnea no reconocidos antes de su ingreso. Esta comparte hallazgos radiológicos como afectación temprana de los ganglios basales, el hipocampo y cerebelo, no obstante, también exhibe afectación de la corteza cerebral en áreas motoras que no es congruente a la LTA. En contraparte, la lesión de la sustancia blanca por EHI en este grupo de edad tampoco es característica.

CONCLUSIÓN

La LTA genera un patrón de afectación de la sustancia blanca ocasionado usualmente por sustancias tóxicas, algunos medicamentos y desórdenes metabólicos. En el contexto de neurointoxicación aguda es importante identificarlo tempranamente y tratarlo debido a su potencial reversible^{7,8} atribuido al edema intramielínico, por ello se justifica el seguimiento mediante RM y el implemento de medidas de soporte que eviten la progresión. Cabe señalar que el mecanismo de exposición a los agentes tóxicos tiene un papel pronóstico clave, ya que se ha documentado que la inhalación tiene una peor evolución que las intoxicaciones ocasionadas por otras vías de exposición². Es así como la inhalación de piretroide es muy similar en pronóstico y

hallazgos radiológicos a la inhalación de heroína o *chasing the dragon*.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los adscritos del Servicio de Imagenología del HRAEBI: Dra. María Mayela García Jiménez, Dr. Roberto Trejo Gallegos, Dra. Miriam Gallegos, Dr. Daniel Navarro Sánchez y al Dr. Carlos Rébora.

FINANCIAMIENTO

No se requirió ningún financiamiento.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores de esta publicación declaran no tener ningún conflicto de intereses.

RESPONSABILIDADES ÉTICAS

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

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores han obtenido la aprobación del Comité de Ética para el análisis y publicación de datos clínicos obtenidos de

forma rutinaria. El consentimiento informado de los pacientes no fue requerido por tratarse de un estudio observacional retrospectivo.

Uso de inteligencia artificial para generar textos. Los autores declaran que no han utilizado ningún tipo de inteligencia artificial generativa en la redacción de este manuscrito ni para la creación de figuras, gráficos, tablas o sus correspondientes pies o leyendas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Mohammadi H, Ghassemi-Barghi N, Malakshah O, Ashari S. Pyrethroid exposure and neurotoxicity: a mechanism approach. *Arh Hig Rada Toksikol.* 2019;70:74-89.
2. Koksél Y, Ozutemiz C, Rykken J, Ott F, Cayci Z, Oswood M, et al. "CHOICES": An acronym to aid in delineating potential causes of non-metabolic, non-infectious acute toxic leukoencephalopathy. *Eur J Radiol Open.* 2019;6:243-57.
3. Oliveira A, Paulino M, Vieira A, McKinney A, Rocha A, dos Santos G, et al. Imaging patterns of toxic and metabolic brain disorders. *RadioGraphics.* 2019;39:1672-95.
4. Özütmeci C, Roshan S, Kroll N, Benson J, Rykken J, Oswood M, et al. Acute toxic leukoencephalopathy: etiologies, imaging findings, and outcomes in 101 patients. *Am J Neuroradiol.* 2019;40:267-75.
5. Achamallah N, Wright R, Fried J. Chasing the wrong dragon: A new presentation of heroin-induced toxic leukoencephalopathy mimicking anoxic brain injury. *J Intensive Care Soc.* 2019;20(1):80-5.
6. De Medeiros C, Santos C, da Costa C, McKinney A, Lucato L. Toxic leukoencephalopathies, including drug, medication, environmental and radiation-induced encephalopathic syndromes. *Semin Ultrasound CT MR.* 2014;35:97-111.
7. Sivasubramanian S, Moorthy S, Sreekumar K, Rajesh R. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging in acute reversible toxic leukoencephalopathy: A report of two cases. *Indian J Radiol Imaging.* 2010;20:192-4.
8. McKinney A, Kieffer S, Paylor R, SantaCruz K, Kendi A, Lucato L. Acute toxic leukoencephalopathy: potential for reversibility clinically and on MRI with diffusion-weighted and FLAIR Imaging. *AJR.* 2009;193:102-206.

Imagenología en teratomas fetales de cabeza y cuello: reporte de dos casos

Imaging for fetal head and neck teratomas: report of two cases

Alejandro Canelo-López^{1*}, Cristian García-Bruce², Fernando Vuletin-Solís³, Ismael Aracena-Valdés¹, Cristian Acuña-Gatica¹ y Florencia de Barbieri-Magnone²

¹Escuela de Medicina; ²Departamento de Radiología; ³División de Cirugía, Facultad de Medicina. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, Chile

RESUMEN

Los teratomas cervicales y orofaríngeos son formas poco frecuentes de tumores congénitos. Sin embargo, corresponden al tumor congénito más frecuente. Su mayor complicación es la compresión extrínseca del tracto respiratorio. Dada su alta mortalidad, es muy importante el diagnóstico prenatal mediante ecografía y resonancia magnética fetal para planificar tanto el manejo de la vía aérea al momento del parto como la eventual resección. Ante la sospecha de obstrucción respiratoria por el tumor, se realiza un procedimiento de EXIT. Describimos un caso de teratoma cervical y otro de teratoma orofaríngeo, junto a su estudio imagenológico y una revisión de la literatura.

Palabras clave: Teratomas. Imagen por resonancia magnética. Enfermedades fetales. Diagnóstico prenatal.

ABSTRACT

Cervical and oropharyngeal teratomas are rare forms of congenital tumors. External compression of the respiratory tract is the major complication. Due to their high mortality, it is very important to establish prenatal diagnosis using ultrasound and fetal magnetic resonance imaging to plan airway management at birth and its eventual resection. If

*Correspondencia:

Alejandro Canelo-López
E-mail: aicanelo@uc.cl

Recibido: 30-11-2020

Aceptado: 24-05-2023

DOI: 10.24875/ARM.20000213

1665-2118/© 2023 Sociedad Mexicana de Radiología e Imagen, AC. Publicado por Permanyer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

respiratory obstruction due to the tumor is suspected, an EXIT procedure is performed. We describe a case of a cervical teratoma and another of an oropharyngeal teratoma, along with their imaging studio and a literature review.

Keywords: Teratomas. Magnetic resonance imaging. Fetal diseases. Prenatal diagnosis.

INTRODUCCIÓN

Los teratomas son tumores congénitos formados a partir de células totipotenciales provenientes de las tres capas germinales (ectodermo, mesodermo y endodermo)¹. Si bien estos son en general poco frecuentes, son los tumores sólidos fetales más frecuentes². Los teratomas de cabeza y cuello son los segundos teratomas más frecuentes, después de los sacrococígeos. La mayoría se sitúa en la región cervical, seguidos por los de ubicación orofaríngea, también llamados *epignathus*^{3,4}. Aun así, constituyen una entidad extremadamente rara. Al ser tumores de células germinales, pueden tener un rápido crecimiento *in utero* y alcanzar gran tamaño en las últimas etapas del embarazo⁵. Los teratomas cervicales y orofaríngeos pueden presentar complicaciones importantes en el feto, siendo la mayor de ellas la obstrucción de las vías respiratorias al nacer. El diagnóstico ecográfico precoz y la posterior evaluación del compromiso de la vía aérea por resonancia magnética (RM) fetal son claves para planificar el manejo y la extirpación final del teratoma. Si existe la duda o certeza del compromiso de la vía aérea, se utiliza un procedimiento EXIT (tratamiento intraparto extrauterino, por sus siglas en inglés) para asegurar la adecuada ventilación posparto y planear su resección³. El riesgo de malignizar es pequeño, pero existe⁶. Si no son tratados, los teratomas cervicales y

orofaríngeos presentan una mortalidad cercana al 100%⁷⁻⁹. En este artículo reportamos un caso de teratoma cervical y otro de teratoma orofaríngeo, junto con una revisión de la literatura respecto del rol que juega el estudio imagenológico en el diagnóstico y tratamiento.

CASOS CLÍNICOS

Caso 1

Ingresa al servicio de urgencia una paciente de 29 años, cursando un embarazo de 30+0 semanas, en trabajo de parto prematuro. Dentro de sus antecedentes destaca control seriado por diagnóstico antenatal de un extenso tumor sólido-quístico cervical anterior asociado a polihidramnios secundario. Se decide realizar cesárea de urgencia asociado a procedimiento EXIT para asegurar la permeabilidad de vía aérea. Luego de dos intentos fallidos de intubación, se maneja la vía aérea mediante disección por planos del tumor y traqueostomía, seguida de intubación retrógrada. Se obtuvo un recién nacido de sexo masculino, de peso 1,611 g, con APGAR 2-2.

Se realiza tomografía computarizada al quinto día de vida, que evidencia de tumor cervical sólido-quístico extendido desde la rama de la mandíbula izquierda hasta la región supraclavicular, de 7.4 x 8.4 x 6.4 cm en sus

ejes mayores, con estructura interna heterogénea con calcificaciones, áreas quísticas y zonas hipodensas. Además, comprime múltiples estructuras cervicales y posee un aparente plano de clivaje con las estructuras del piso de la boca, junto con compresión y deformación de la rama y ángulo de la mandíbula (Fig. 1).

A los siete días de vida es ingresado para la resección quirúrgica del tumor cervical, realizada sin incidentes. El estudio anatomopatológico informa un teratoma inmaduro grado I, con foco de tejido nervioso inmaduro. El paciente se mantiene estable, aún hospitalizado en la unidad de cuidados intensivos por su prematuridad al momento de la redacción de este trabajo.

Caso 2

Mujer de 28 años, cursando su segundo embarazo, sin antecedentes mórbidos previos. En la ecografía obstétrica de las 21+6 semanas destaca un tumor sólido con áreas quísticas centrado en la cavidad oral con extensión exofítica, que mide aproximadamente 50 x 30 mm. A las 22 semanas se profundiza el estudio con RM fetal que muestra un extenso tumor sólido-quístico bilobulado centrado en la cavidad oral con un gran componente exofítico, que en su totalidad mide aproximadamente 5.8 x 3.7 x 5.4 cm en sus ejes mayores, y determina secundariamente apertura oral y desplazamiento inferior de la lengua y de la mandíbula, pero sin compromiso de la vía aérea. La paciente ingresa al servicio de urgencias a las 28+2 semanas de gestación por presentar síntomas de parto prematuro, que ceden tras medidas tocolíticas de segunda

línea, quedando hospitalizada para monitorización y maduración pulmonar. Durante la hospitalización se realiza seguimiento ecográfico seriado del teratoma, asociado a nueva RM a las 29 semanas que muestra crecimiento del tumor hasta alcanzar los 16 x 13 x 19 cm en sus ejes mayores, con extensión intraoral, compresión de globo ocular izquierdo y signos de hipoplasia pulmonar (Fig. 2). Dado el crecimiento acelerado del tumor se decide la interrupción del embarazo a las 32+0 semanas. Se realiza una cesárea electiva más procedimiento EXIT, realizado en 11 minutos, sin incidentes. Se decide realizar resección sincrónica del tumor, logrando extracción completa de este. El estudio anatomopatológico informa «teratoma inmaduro de alto grado de 18 cm».

El recién nacido evoluciona con insuficiencia hepática y probable sangrado intraabdominal. Se realiza laparotomía de urgencia donde se observa tejido hepático necrótico. Por la gravedad del paciente se decide el cierre de laparotomía con piel. El paciente fallece al segundo día de vida.

DISCUSIÓN

Excluyendo a las neoplasias vasculares, los teratomas son los tumores fetales sólidos más comunes². Aquellos de ubicación cervical representan entre el 1 y el 10% del total de teratomas, con una incidencia de 1 por cada 20,000 a 40,000 nacidos vivos, mientras que los teratomas orofaríngeos tienen una incidencia estimada de 1 por cada 35,000 a 200,000 nacidos vivos^{3-5,7}. Los teratomas orofaríngeos se presentan predominantemente en mujeres con una proporción de 3:1, a diferencia de los

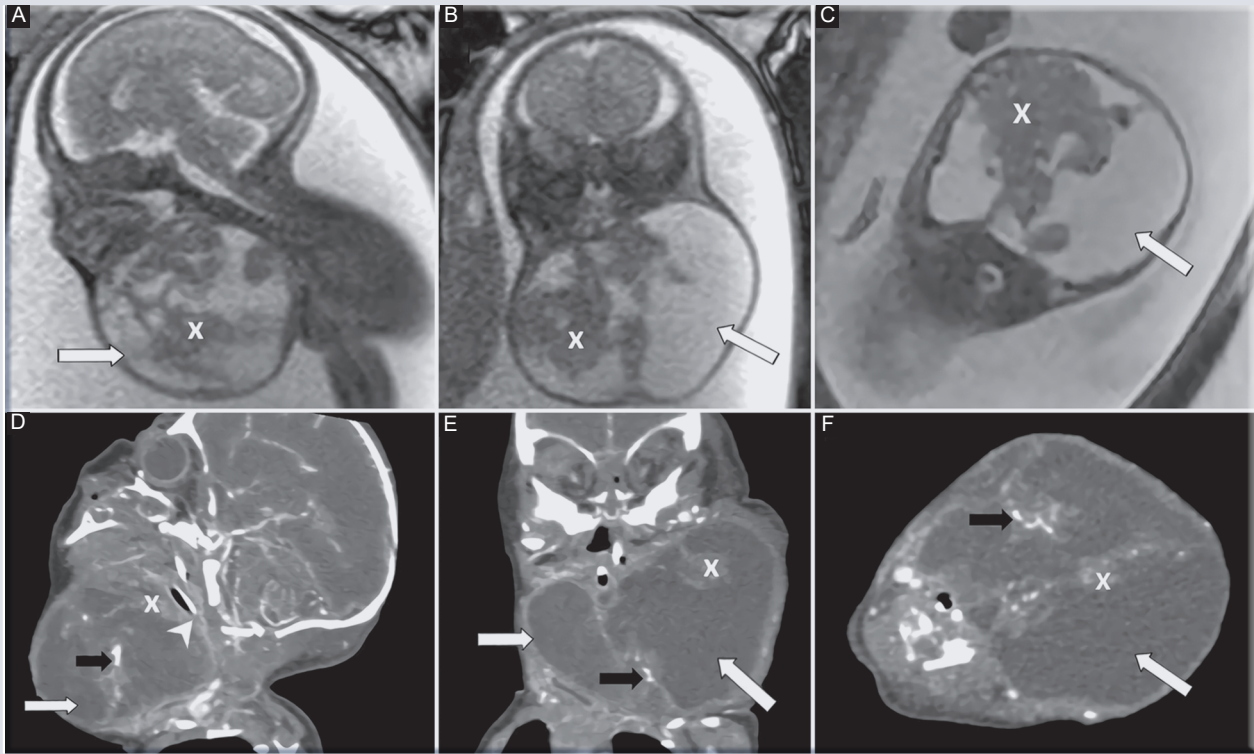


FIGURA 1. A-C: cortes sagitales, coronales y axiales de resonancia magnética fetal realizada a las 27 semanas. D-F: angiografía posnatal. Muestran un extenso tumor cervical derecho con áreas quísticas (flechas blancas), áreas sólidas (cruz) y calcificaciones (flechas negras). La vía aérea está marcadamente comprimida (cabeza de flecha).

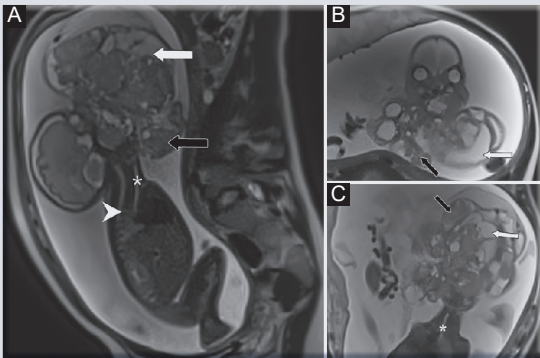


FIGURA 2. Resonancia magnética fetal a las 29 semanas. A: corte sagital. B: corte coronal. C: corte axial. Muestra un gigantesco tumor que se origina en la cavidad oral del feto derecho con áreas quísticas (flecha blanca) y sólidas (flecha negra). La tráquea distal no está comprimida por el tumor (asterisco). Los pulmones son pequeños e hipointensos (punta de flecha).

teratomas cervicales, los cuales no presentan preferencia según sexo^{8,9}.

La etiología exacta de los teratomas es desconocida. No se ha encontrado relación con la etnia, edad de la madre, factores ambientales, ni con herencia mendeliana o poligénica^{5,10}. Estudios de citogenética han apoyado el origen desde células diploides totipotenciales del embrión, aunque en algunos estudios se ha encontrado asociación con aberraciones cromosómicas, síndromes genéticos y otras malformaciones como alteraciones del tracto gastrointestinal y urinario, agenesia del cuerpo calloso e hidrocefalia^{5,10-12}. En el caso particular de los teratomas orofaríngeos, el

origen parece ser células de la bolsa de Rathke, por lo que estos tumores se proyectan desde el paladar duro o blando⁴.

Las principales complicaciones de los teratomas cervicales y orofaríngeos son las relacionadas con el efecto de masa ocasionado por el tumor. El polihidramnios debido al impedimento de la deglución por compresión esofágica extrínseca es la complicación prenatal más frecuente, presente en un 20% de los casos en donde el tumor supera los 10 cm de diámetro¹³. También se ha descrito la presencia de hipoplasia pulmonar secundaria⁹. La obstrucción de la vía aérea es la complicación posnatal más importante, que puede manifestarse como dificultad respiratoria al nacer¹³. Antes del parto debe realizarse una cuidadosa planificación del manejo de la vía aérea. Otras complicaciones asociadas incluyen hiperextensión cervical, distocia fetal, parto prematuro, traqueomalacia, trastornos de la deglución y muerte fetal. Aquellos de gran tamaño y rápido crecimiento pueden tener extensión mediastínica, compresión vascular, insuficiencia cardíaca por alteración del retorno venoso o cortocircuitos arterio-venosos, e *hidrops fetal*^{3,5,9,12,14}. La presencia de polihidramnios, *hidrops*, un tamaño tumoral mayor a 5 cm y malformaciones asociadas como hidrocefalia conllevan un mal pronóstico fetal³.

El diagnóstico prenatal de los teratomas cervicales y orofaríngeos es crucial para el correcto manejo del feto. En este sentido, el estudio radiológico juega un rol imprescindible. El diagnóstico inicial se hace mayoritariamente mediante una ecografía prenatal de tamizaje durante el segundo o tercer trimestre, aunque en algunos casos el tumor puede ser detectable a las 15-17 semanas¹¹. En la ecografía 2D se

observa un tumor lobulado heterogéneo sólido-quístico, generalmente grande, que se proyecta desde la estructura comprometida¹⁰. La presencia de calcificaciones en su interior es prácticamente diagnóstica de teratoma, pero estas están presentes en alrededor del 50% de los casos y pueden no ser visibles a la ecografía⁹. El Doppler color ofrece una evaluación del flujo sanguíneo entre el tumor y la circulación fetal, y puede mostrar abundante vascularización periférica y/o interna, así como la presencia de cortocircuitos arterio-venosos que podrían desencadenar una insuficiencia cardíaca de alto volumen^{3,10}. El uso de ecografía 3D puede ser útil en cuanto entrega una visión clara de la apariencia, sitio y dependencias del tumor¹⁰. El uso de RM fetal es de gran ayuda para valorar la extensión del teratoma, el grado del compromiso de la vía aérea y eventual hipoplasia pulmonar¹³. Esta técnica permite una mejor visualización de los planos anatómicos y mayor resolución de la composición de los tejidos, sin importar la orientación fetal. Además, la RM es más intuitiva y comprensible para los padres, así como para los médicos del equipo tratante^{1,11}. Con el desarrollo de técnicas ultrarrápidas de RM en las últimas décadas, se ha mejorado el estudio de la anatomía fetal y se han acortado los tiempos de adquisición de la imagen¹. En secuencias ponderadas en T2, la RM muestra una lesión evaluable como una masa hiperintensa compleja de contenido sólido-quístico, con un componente sólido variable. En las secuencias ponderadas en T1 puede evaluarse además la composición interna heterogénea y eventualmente el contenido graso. En los teratomas cervicales, a menudo se encuentra comprometida la glándula tiroidea, aunque no sea este el origen del tumor. Los teratomas cervicales son generalmente grandes al momento del diagnóstico y

pueden extenderse posteriormente al músculo trapecio, superiormente al área mastoidea e inferiormente a la clavícula e incluso al mediastino, ocasionando hiperextensión cervical y distocia fetal. En el caso de los teratomas orofaríngeos debe además examinarse cuidadosamente el cerebro, porque puede existir extensión intracraneal transesfenoidal⁹.

El primer diagnóstico diferencial corresponde a una malformación vascular de bajo flujo de tipo linfático, que se manifiestan como grandes masas multiquisticas, aunque estas no presentan contenido sólido, son multicomportamentales y son más frecuentes en las regiones posteriores del cuello⁹. Los otros diagnósticos diferenciales, como el bocio congénito, hemangioma, neuroblastoma y tumores de partes blandas, son más fácilmente diferenciables con el apoyo de las imágenes.

Si el teratoma no es extirpado, tiene una mortalidad de entre un 80 a 100%⁷. La principal utilidad del estudio radiológico reside en la anticipación del problema de la vía aérea durante el parto y en la determinación de la alternativa quirúrgica. Si se sospecha compresión de la vía aérea, se elige un procedimiento EXIT. Este consiste en mantener el intercambio gaseoso fetal sin sección del cordón umbilical mientras se crea una vía aérea permeable mediante intubación, traqueostomía o, eventualmente, resección inmediata del tumor¹⁰. El tratamiento definitivo es la resección completa del teratoma. Es importante describir la relación del tumor con las estructuras adyacentes que pueden resultar dañadas durante el procedimiento quirúrgico. En el caso de los teratomas orofaríngeos, es necesario realizar imágenes de control luego de la resección inicial, para determinar la persistencia del teratoma

dentro de la fosa infratemporal y del espacio parafaríngeo⁷. La cirugía está contraindicada en teratomas con hidrocefalia, extensión intracraneal, compromiso de la base del cráneo y necesidad de cirugía radical que impida la reconstrucción anatómica¹⁰.

La progresión a teratoma maligno es de un 5% y aumenta con la presencia de bordes completos tras la resección⁶.

CONCLUSIÓN

Los teratomas fetales, si bien raros, están dentro de los tumores sólidos no vasculares más frecuentes. Aquellos de ubicación cervical y orofaríngea pueden acarrear diversas complicaciones en el periodo prenatal y posnatal. El estudio radiológico prenatal combinado mediante ecografía y RM fetal es esencial para definir el manejo periparto de la vía aérea y, a corto plazo, de la resección completa del teratoma. En caso de sospecharse compromiso de la vía respiratoria se realiza un procedimiento EXIT. Es imprescindible un equipo multidisciplinario para el diagnóstico y tratamiento de la patología, y así aumentar las posibilidades de sobrevivida del recién nacido.

FINANCIAMIENTO

Los autores declaran no haber recibido ningún tipo de financiamiento.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores no tienen conflicto de intereses que declarar.

RESPONSABILIDADES ÉTICAS

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

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Uso de inteligencia artificial para generar textos. Los autores declaran que no han utilizado ningún tipo de inteligencia artificial generativa en la redacción de este manuscrito ni para la creación de figuras, gráficos, tablas o sus correspondientes pies o leyendas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Danzer E, Hubbard AM, Hedrick H, Johnson MP, Wilson RD, Howell LJ, et al. Diagnosis and characterization of fetal sacrococcygeal teratoma with prenatal MRI. *AJR Am J Roentgenol.* 2006;187(4):W350-W356.
2. Chapman MC, Soares BP, Li Y, Shum DJ, Glenn OA, Glastonbury CM, et al. Congenital oral masses: an anatomic approach to diagnosis. *Radiographics.* 2019;39(4):1143-60.
3. Peiró JL, Sbragia L, Scorletti F, Lim FY, Shaaban A. Management of fetal teratomas. *Pediatr Surg Int.* 2016;32(7):635-47.
4. Jadhav SS, Korday CS, Malik S, Shah VK, Lad SK. Epignathus leading to fatal airway obstruction in a neonate. *J Clin Diagn Res.* 2017;11(1):SD04-SD05.
5. Mohanty MK, Sahu P, Jaiswal AA, Singal R, Gupta S, Kohli G, et al. A huge immature cervical teratoma; antenatal diagnosis, and its management - an unusual entity. *J Clin Neonatol.* 2013;2(1):42-5.
6. Quintanilla-Dieck L, Penn EB Jr. Congenital neck masses. *Clin Perinatol.* 2018;45(4):769-85.
7. Paradis J, Koltai PJ. Pediatric teratoma and dermoid cysts. *Otolaryngol Clin North Am.* 2015;48(1):121-36.
8. Herman TE, Siegel MJ. Cervical teratoma. *J Perinatol.* 2008;28(9):649-51.
9. Woodward PJ, Sohaey R, Kennedy A, Koeller KK. From the archives of the AFIP: a comprehensive review of fetal tumors with pathologic correlation. *Radiographics.* 2005;25(1):215-42.
10. Escobar I, Poblete A, Becker J, Zavala A, Kattan J, Urzúa S, et al. Epignathus: reporte de un caso y revisión de la literatura. *Rev Chil Obstet Ginecol.* 2005;70(3):173-9.
11. Tonni G, De Felice C, Centini G, Ginanneschi C. Cervical and oral teratoma in the fetus: a systematic review of etiology, pathology, diagnosis, treatment and prognosis. *Arch Gynecol Obstet.* 2010;282(4):355-61.
12. Orrego J, Jaramillo ML, Ballesteros A, López JI, Torres MC, Lasso RE. Teratoma cervical congénito: reporte de casos. *Rev CES Med.* 2009;23(1):77-83.
13. Aguado A, Ruiz Y, Lancharro A, Marín C, Gordillo I. Valoración radiológica de los tumores congénitos. *Radiología.* 2015;57(5):391-401.
14. Aivaz M, Manrique M, Bryant JR, Mantilla-Rivas E, Oh AK, Rogers GF, et al. Management and reconstruction of a massive neonatal neck teratoma. *J Craniofac Surg.* 2020;31(3):e254-e256.

Reporte de caso: síndrome de Boerhaave, hallazgos radiológicos y la importancia del manejo diagnóstico-terapéutico oportuno en las primeras 24 horas

Case report: Boerhaave syndrome, radiological findings and the importance of timely diagnostic and therapeutic management in the first 24 hours

Brenda A. Domínguez-Ruiz^{1*}, José L. Ríos-Reina¹, Rubén Uriostegui-Flores¹, Samuel Kleinfinger- Marcuschamer², David Lasky-Marcovich², María P. Rodríguez-Reséndiz² y José L. Pérez- Hernández²

¹Departamento de Radiología e Imagen; ²Departamento de Cirugía. Hospital Ángeles Mocol, Ciudad de México, México

RESUMEN

El síndrome de Boerhaave es una entidad clínica rara con alta mortalidad, caracterizada por la perforación espontánea esofágica debido a un aumento en la presión intraluminal. Presentamos el caso clínico de un paciente de sexo masculino de 73 años, inició padecimiento actual con vómito en cinco ocasiones y dolor en hipocondrio derecho, en estudio de imagen se observa neumomediastino y enfisema subcutáneo con disección de planos cervicales. Uno de los mayores retos es distinguir sus principales diagnósticos diferenciales, por lo que es importante adoptar un enfoque diagnóstico agresivo en el caso de sospecha de perforación esofágica y considerar al paciente críticamente enfermo.

Palabras clave: Síndrome de Boerhaave. Perforación esofágica espontánea. Enfisema subcutáneo. Tríada de Mackler.

ABSTRACT

Boerhaave syndrome is a rare clinical entity with high mortality, characterized by spontaneous esophageal perforation due to increased intraluminal pressure. We present the clinical case of a 73-year-old male patient, who began his current condition to admission

*Correspondencia:

Brenda A. Domínguez-Ruiz
E-mail: badomruiz@gmail.com

Recibido: 25-01-2022

Aceptado: 29-03-2023

DOI: 10.24875/ARM.22000008

1665-2118/© 2023 Sociedad Mexicana de Radiología e Imagen, AC. Publicado por Permanyer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

with vomiting on five occasions and pain in the right hypochondrium. An image study identified pneumomediastinum and subcutaneous emphysema with cervical plane dissection. One of the major challenges is to distinguish between its main differential diagnoses, so it is important to adopt an aggressive diagnostic approach in the case of suspected esophageal perforation and to consider the critically ill patient.

Keywords: Boerhaave syndrome. Spontaneous esophageal perforation. Subcutaneous emphysema. Mackler's triad.

INTRODUCCIÓN

La perforación esofágica es una condición rara y mortal en un 10-25% de los casos en las primeras 24 horas. La sospecha clínica temprana y el diagnóstico por imágenes son elementales para un buen pronóstico¹.

El síndrome de Boerhaave es una causa de perforación espontánea, debido a aumento en la presión intraluminal provocada por vómito habitualmente después del consumo de grandes cantidades de comida o alcohol, tiene una incidencia aproximada del 15% de las perforaciones esofágicas².

Por lo general ocurre la ruptura de forma vertical en la región postero-izquierda de la porción epifrénica del esófago, de 2 a 3 cm de la unión gastroesofágica provocando de una pequeña fuga a mediastino hasta una destrucción más amplia con una gran penetración de aire y líquido con drenaje a la cavidad pleural^{2,3}. Los pacientes típicamente presentan la tríada de síntomas de Mackler, que incluye vómitos, fuerte dolor torácico agudo y enfisema subcutáneo, sin embargo suele mostrarse únicamente en el 14% de los pacientes³.

Uno de los mayores retos es distinguir entre sus principales diagnósticos diferenciales, entre los

más relevantes: pericarditis, disección aórtica, neoplasia pulmonar o esofágica y pancreatitis⁴.

La importancia de un tratamiento oportuno cobra relevancia debido a que la tasa de mortalidad aumenta al 60% cuando el retraso en el diagnóstico es superior a 48 h, principalmente por la gravedad de sus principales complicaciones, las cuales son mediastinitis infecciosa y choque séptico. El abordaje diagnóstico por imagen puede ayudar a reducir esta ventana de tiempo^{2,5}.

PRESENTACIÓN DEL CASO

Paciente de sexo masculino de 73 años, sin antecedentes de importancia, que inició padecimiento actual tres horas previas a su ingreso con vómito en cinco ocasiones, dolor en hipocostado derecho tipo quemante con irradiación a ambas fosas renales de intensidad 10/10 en la escala visual analógica y acompañado de diaforesis. A la exploración física se identificó: presión arterial 30/80 mmHg, frecuencia cardiaca 100 latidos por minuto. Disminución en movimientos de amplexión y amplexación, murmullo vesicular generalizado, percusión mate en hemitórax derecho, ruidos cardiacos disminuidos en intensidad, sin fenómenos agregados.

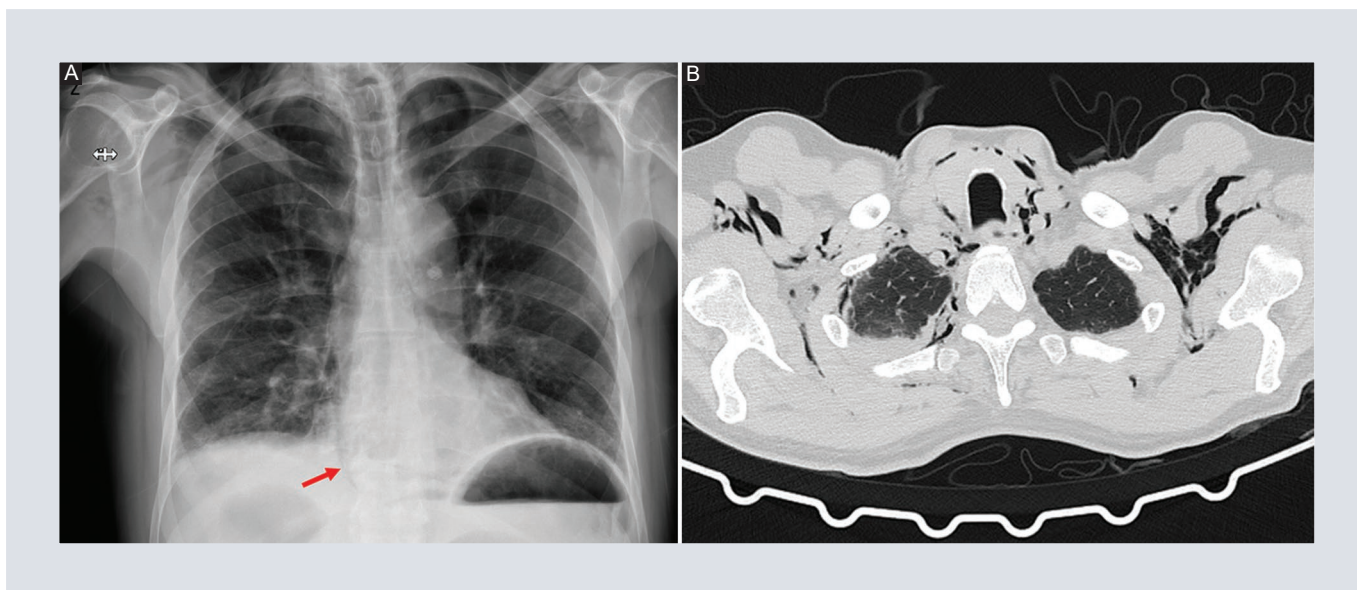


FIGURA 1. Enfisema subcutáneo, neumomediastino y neumopericardio. **A:** radiografía de tórax postero-anterior en donde se observa derrame pleural bilateral de predominio derecho además de neumopericardio (flecha). **B:** reconstrucción axial de tomografía computarizada simple, muestra neumomediastino con disección de planos cervicales.

Laboratorios: hemoglobina 16.9 mg/dl, leucocitos 12.9 mg/dl, sodio 138 mg/dl, amilasa 56 mg/dl, lipasa 20 mg/dl.

Se solicitó radiografía y tomografía computarizada de tórax en el servicio de urgencias en donde se observa neumomediastino y enfisema subcutáneo con disección de planos cervicales además de derrame pleural (Fig. 1).

Se solicitó un esofagograma con medio de contraste hidrosoluble donde se observa fuga de contraste en la porción epifrénica del esófago hacia mediastino, por lo que se integró síndrome de Boerhaave (Fig. 2).

El paciente se ingresó a cargo del servicio de cirugía donde se realizó laparoscopia y reparación primaria de la perforación esofágica (Fig. 3), además de colocación de sonda endopleural derecha. Posteriormente ingresó al servicio de unidad de cuidados intensivos para

iniciar nutrición parenteral, ayuno y antibioterapia de amplio espectro.

El paciente evolucionó hacia la mejoría y egresó a piso de hospitalización, sin embargo presentó datos de respuesta inflamatoria sistémica. Se realizó un segundo esofagograma, evidenciando fuga hacia mediastino y derrame pleural, por lo que se interconsulta a radiología intervencionista para realizar un drenaje percutáneo a mediastino posterior bajo anestesia y guiado por tomografía.

Posteriormente se realiza panendoscopia en donde se visualiza fuga a nivel de esófago y en un segundo abordaje se coloca clip Ovesco en el sitio de la perforación logrando un cierre adecuado (Fig. 4).

El paciente continuó hemodinámicamente estable, afebril, con tolerancia a la vía oral, por lo que fue dado de alta sin complicaciones.

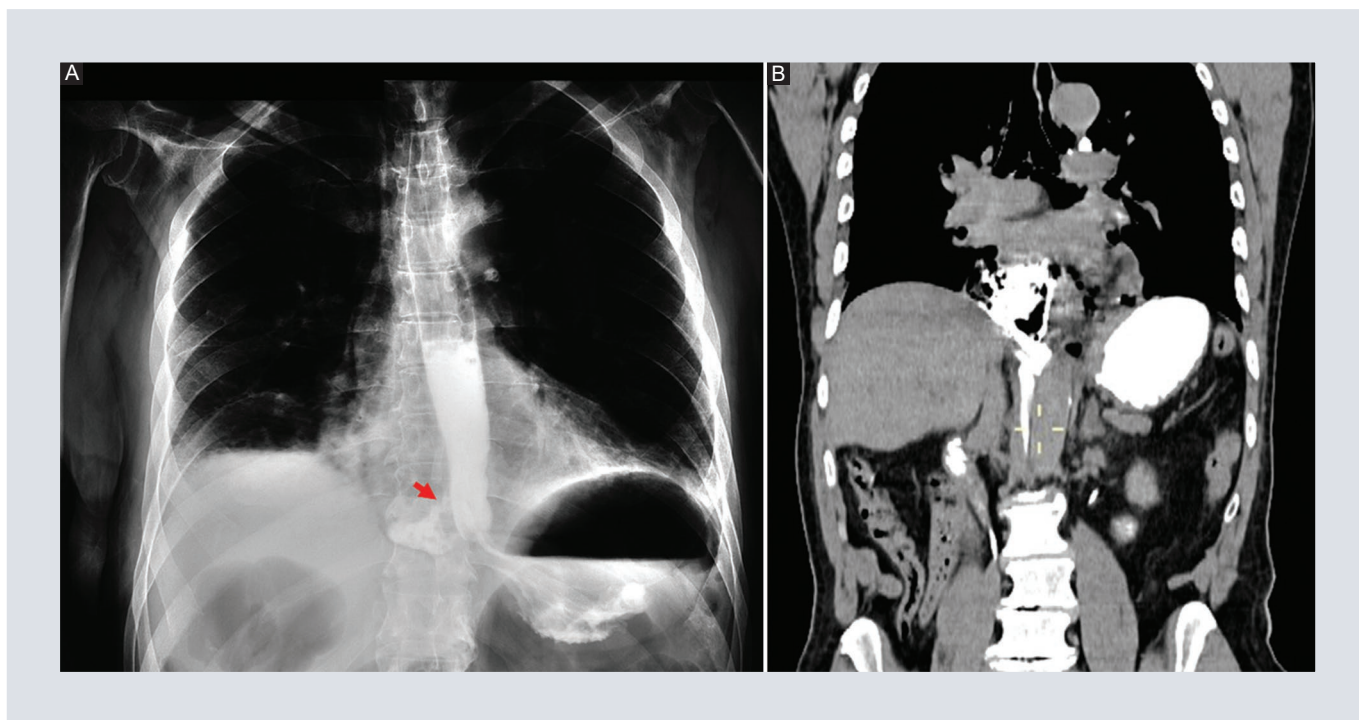


FIGURA 2. Fuga de contraste en un paciente con ruptura espontánea del esófago. **A:** radiografía de tórax con contraste hidrosoluble con fuga de contraste en la porción epifrénica del esófago (flecha). **B:** tomografía computarizada reconstrucción coronal con contraste oral, mostrando fuga de contraste distal y burbujas de gas en el mediastino.

DISCUSIÓN

Diagnóstico oportuno

Es importante adoptar un enfoque diagnóstico agresivo en el caso de sospecha de perforación esofágica y considerar al paciente críticamente enfermo hasta confirmar el diagnóstico³.

El abordaje inicial suele ser la radiografía de tórax, la cual solo suele aportar signos indirectos de una perforación esofágica; estos que incluyen derrame pleural, neumomediastino, enfisema subcutáneo, hidrotórax, neumotórax y atelectasia⁶.

Si el paciente tolera la vía oral, el esofagograma con contraste hidrosoluble puede llegar

a ser una opción útil, sin embargo, este cuenta con un 10-38% de falsos negativos. Si no hay evidencia de perforación, se debe repetir el estudio después de 4-6 horas si la sospecha clínica permanece. Es de vital importancia evitar el uso de bario para prevenir los efectos adversos en caso de perforación^{2,6}.

Tonolini menciona el trago de medio de contraste hidrosoluble por tomografía como herramienta de primer abordaje diagnóstico, ya que permite confirmar y documentar el sitio de perforación en un tiempo menor, con la única desventaja de no caracterizarse por ser un estudio dinámico².

Esta herramienta diagnóstica también permite distinguir fácilmente los principales diagnósticos diferenciales, que son pericarditis, disección

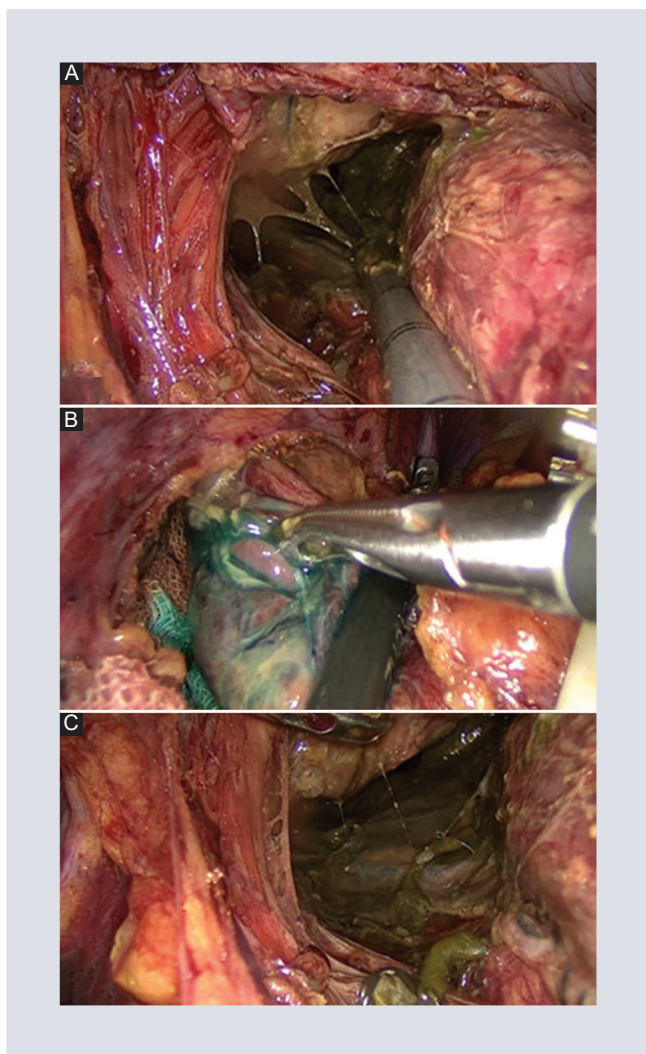


FIGURA 3. Laparoscopia y reparación primaria de la perforación esofágica. **A:** lavado y desbridamiento de material purulento en mediastino. **B:** sitio de perforación evidenciado con administración por sonda nasogástrica de azul patente. **C:** cierre primario de perforación esofágica con puntos simples de Vycril®.

aórtica, neoplasia pulmonar o esofágica y pancreatitis, ya que permite visualización completa de las diferentes estructuras del mediastino⁴.

La endoscopia puede identificar el sitio de perforación, no obstante, no es recomendado como abordaje inicial debido a la necesidad de insuflar el esófago que puede provocar una mayor disección en el sitio de ruptura⁶.

Abordaje terapéutico

El mejor abordaje terapéutico de forma inicial es controvertido, esta decisión debe depender del sitio y extensión de la perforación, sin embargo la literatura concuerda que en las primeras 24 horas del cuadro clínico, la cirugía con desbridamiento y reparación esofágica primaria se establece como el método más eficaz para tratar la perforación esofágica con una tasa de recuperación de hasta el 75%. Es importante mencionar que el porcentaje de presentación de fístula persistente puede llegar a ser significativo⁵.

En caso de presentarse después de la fase aguda no existe un tratamiento de referencia. Sin embargo, en caso de una perforación contenida puede manejarse de forma conservadora⁷.

Las opciones de tratamiento para la perforación espontánea del esófago incluyen la colocación de un *stent*, reparación mediante sutura con o sin parche, la doble exclusión esofágica y la esofagectomía⁵.

El uso de *stents* y clips por medio de endoscopia está condicionado a una mínima contaminación extraluminal, apropiado para pacientes con comorbilidades extensas^{6,7}. El clip Ovesco es un método de clipaje de nuevo diseño para la compresión mecánica de tejidos en el tracto gastrointestinal, preferible para defectos pequeños⁷.

El drenaje percutáneo debe ser considerado según la evolución de cada paciente y puede llegar a ser de importancia en el caso de encontrar signos respuesta inflamatoria sistémica asociados a una colección en mediastino⁶.

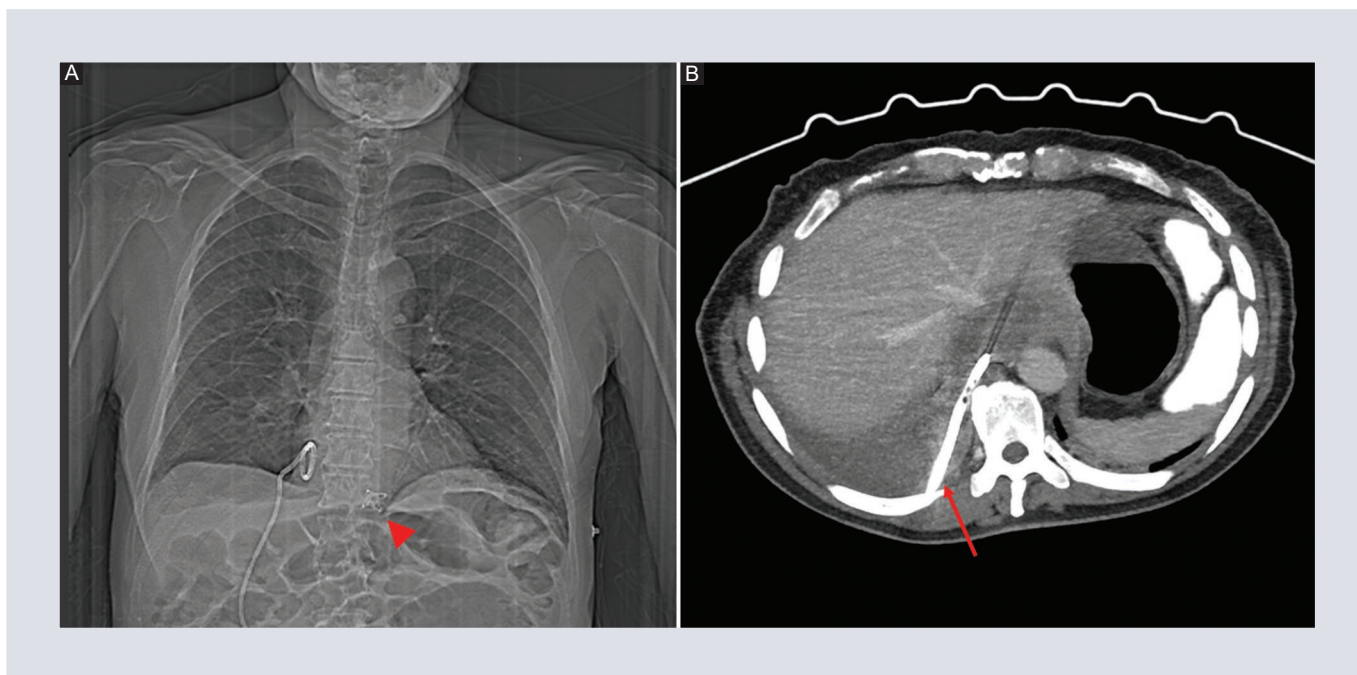


FIGURA 4. Clip Ovesco y catéter de drenaje. **A:** topograma donde se observa clip Ovesco colocado por vía endoscópica en sitio de perforación esofágica (punta de flecha). **B:** catéter de drenaje de localización mediastinal posterior derecho adyacente a la línea paravertebral (flecha).

CONCLUSIÓN

Es importante considerar el síndrome de Boerhaave como diagnóstico diferencial en presencia de un paciente con neumomediastino y dolor torácico con antecedente de vómito. Su baja incidencia condiciona que el diagnóstico no sea realizado a tiempo y por lo tanto que el pronóstico tienda a volverse incierto por lo que el abordaje diagnóstico-terapéutico agresivo con tomografía con trago de medio de contraste hidrosoluble y como manejo la cirugía con desbridamiento y reparación esofágica primaria se establecen como los métodos más aceptables para lograr un abordaje en menos de 24 horas.

FINANCIAMIENTO

Los autores declaran no haber recibido financiamiento para la realización de este estudio.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

RESPONSABILIDADES ÉTICAS

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

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

Uso de inteligencia artificial para generar textos. Los autores declaran que no han utilizado ningún tipo de inteligencia artificial generativa en la redacción de este manuscrito ni para la creación de figuras, gráficos, tablas o sus correspondientes pies o leyendas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Lampridis S, Mitsos S, Hayward M, Lawrence D, Panagiotopoulos N. The insidious presentation and challenging management of esophageal perforation following diagnostic and therapeutic interventions. *J Thorac Dis.* 2020;12(5):2724-34.
2. Tonolini M, Bianco R. Spontaneous esophageal perforation (Boerhaave syndrome): Diagnosis with CT-esophagography. *J Emerg Trauma Shock.* 2013;6(1):58-60.
3. Tzeng C-H, Chen W-K, Lu H-C, Chen H-H, Lee K-I, Wu Y-S, et al. Challenges in the diagnosis of Boerhaave syndrome: A case report. *Medicine (Baltimore).* 2020;99(2):e18765.
4. Ribeiro TA, Cordoval LT da C, Viana Neto E de M, Ribeiro MA, Motta EGPC. Boerhaave's syndrome: a differential diagnosis of chest and abdominal pain. *Radiol Bras.* 2018;51(2):124-5.
5. Bona D, Aiolfi A, Rausa E, Bonavina L. Management of Boerhaave's syndrome with an over-the-scope clip. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2014;45(4):752-4.
6. Søreide J, Viste A. Esophageal perforation: diagnostic work-up and clinical decision-making in the first 24 hours. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2011;19:66.
7. Ramhamadany E, Mohamed S, Jaunoo S, Baker T, Mannath J, Harding J, et al. A delayed presentation of Boerhaave's syndrome with mediastinitis managed using the over-the-scope clip. *J Surg Case Rep.* 2013;2013(5):rjt020-rjt020.