



"La race blanche" (Rene Magritte)



Año 2015  
Vol. VI  
N° 3

3

- Nuevos conceptos en la anatomía del sistema cardionector con aplicación en electrofisiología -
  - Agenesia parcial del arco posterior del atlas. Reporte de caso -
- Anatomía comparada de los músculos supinador y pronador redondo de tres especies carnívoras silvestres -
  - Análisis morfológico: Límites de los tractos de entrada y salida del ventrículo derecho -
- Correlatos estructurales y funcionales del lobulo parietal en femeninas con demencia tipo Alzheimer por resonancia magnética y tomografía por emisión de fotón único -
  - Distribución anatómica de venas superficiales dorsales de la mano -
  - Desarrollo de técnicas neuroquirúrgicas en dos modelos animal de experimentación -

[www.revista-anatomia.com.ar](http://www.revista-anatomia.com.ar)

## REVISTA ARGENTINA DE ANATOMÍA ONLINE

Publicación de la Asociación Argentina de Anatomía - Órgano Oficial de la Asociación Argentina de Anatomía y de la Asociación Panamericana de Anatomía  
Pres. José Evaristo Uriburu 951 4º piso (Sector Uriburu) C1114AAC - Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina / Universidad de Buenos Aires - Facultad de Medicina  
E-mail: [editor.raa@gmail.com](mailto:editor.raa@gmail.com) Web site: [www.revista-anatomia.com.ar](http://www.revista-anatomia.com.ar)

Fundada en 2010 (Año del Bicentenario de la Revolución de Mayo 1810-2010)  
Indizada en el Catálogo de la Biblioteca Nacional de Medicina de EEUU (NLM catalog), Latindex, Index Copernicus, DOAJ Directory of Open Access Journals, Ulrichs Web,  
Google Scholar, Geneva Foundation for Medical Education and Research, EBSCO Publishing, Medical Journals Links.  
ISSN impresa 1853-256X / ISSN online 1852-9348

## Comité Editorial

### Editor en Jefe

**Homero F. Bianchi**

Director del Departamento de Anatomía e Instituto de Morfología J.J. Naón, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires, Argentina

### Co-Editores

**Carlos D. Medan**

II Cátedra de Anatomía (Equipo de Disección Dr. V.H. Bertone)  
Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires, Argentina

**Nicolás Ernesto Ottone**

Facultad de Odontología, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile  
Instituto de Morfología J.J. Naón, Fac. Medicina,  
Universidad de Buenos Aires, Argentina

**Rubén Daniel Algieri**

III Cátedra de Anatomía, Depto. de Anatomía, Facultad de Medicina,  
Universidad de Buenos Aires, Argentina

### Editores Honorarios

**Rubén Daniel Algieri**. III Cátedra de Anatomía, Depto. de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires, Argentina; **Juan C. Barrovecchio**. Depto. de Anatomía, Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad Abierta Interamericana, Rosario, Argentina; **Arturo M. Gorodner**. II Cátedra de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina; **Luis Manes**. Cátedra C de Anatomía, Depto. de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina; **Horacio A. Conesa**. Instituto de Morfología J.J. Naón, Depto. de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires, Argentina; **Pablo Lafalla**. Depto. de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad de Mendoza, Mendoza, Argentina; **Vicente Mitidieri**. II Cátedra de Anatomía, Depto. de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires, Argentina; **Alberto Fontana**. Cátedra C de Anatomía, Depto. de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina; **Ricardo J. Losardo**. Escuela de Graduados, Facultad de Medicina, Universidad del Salvador, Buenos Aires, Argentina; **Diana Perriard**. Depto. de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires, Argentina; **Alberto Giannelli**. Depto. de Anatomía e Imágenes Normales, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional del Comahue, Río Negro, Argentina; **Liliana Macchi**. Depto. de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires, Argentina; **Luciano A. Poitevin**. Depto. de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

### Consejo Científico

**Marcelo Acuña**. I Cátedra de Anatomía, Inst. Morfología J.J. Naón, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires, Argentina; **Daniel Baetti**. Director del Museo de Ciencias Morfológicas Dr. Juan Carlos Fajardo, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Rosario, Rosario, Argentina; **Esteban Blasi**. II Cátedra de Anatomía (Equipo de Disección Dr. V.H. Bertone), Depto. de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires, Argentina; **Alvaro Campero**. Universidad Nacional de Tucumán, Argentina; **Emma B. Casanave**. Investigador Cat.1 (SPU) e Investigador Independiente CONICET, Argentina; **Inés Castellano**. Depto. de Anatomía, Fundación Barceló, Buenos Aires, Argentina; **Daniel Fernández**. II Cátedra de Anatomía, Depto. de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires, Argentina; **Néstor Florenzano**. Instituto de Morfología J.J. Naón, Depto. de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires, Argentina; **Raúl Francisquelo**. Cátedra de Anatomía, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Rosario, Rosario, Prov. Santa Fé, Argentina; **Maximiliano Lo Tártaro**. II Cátedra de Anatomía (Equipo de Disección Dr. V.H. Bertone), Depto. de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires, Argentina; **Sergio Madeo**. II Cátedra de Anatomía, Depto. de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires, Argentina; **Roberto Mignaco**. Cátedra de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad Hospital Italiano, Rosario, Prov. Santa Fé, Argentina; **Pablo Rubino**. Instituto de Morfología J.J. Naón, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires, Argentina; **Roque I. Ruiz**. Vice Director del Museo de Ciencias Morfológicas Dr. Juan Carlos Fajardo, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Rosario, Rosario, Argentina; **Sergio Shinzato**. II Cátedra de Anatomía (Equipo de Disección Dr. V.H. Bertone), Depto. de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires, Argentina; **Javier Stigliano**. II Cátedra de Anatomía, Depto. de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires, Argentina; **Rubén Vilchez Acosta**. II Cátedra de Anatomía (Equipo de Disección Dr. V.H. Bertone), Depto. de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

### Miembros Consultores Extranjeros

**Santiago Aja Guardiola**. Profesor Titular C de Tiempo Completo Definitivo por Oposición, Universidad Autónoma de México, México; **Atilio Aldo Almagia Flores**. Docente e Investigador. Instituto de Biología. Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile; **Gustavo Armand Ugon**. Profesor Adjunto Depto. Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad de la República, Uruguay; **Nelson Arvelo D'Freitas**. Profesor Titular Universidad Central de Venezuela, Departamento de Ciencias Morfológicas, Caracas, Venezuela; **Luis Ernesto Ballesteros Acuña**. Profesor Titular de Anatomía, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia; **Martha Bernal García**. Profesora Asociada Morfología Humana, Universidad de Boyacá, Boyacá, Colombia; **Octavio Binivignat Gutiérrez**. Profesor de Anatomía, Universidad Autónoma de Chile, Talca, Chile; **Mario Cantin**. Universidad de la Frontera, Temuco, Chile; **Ismael Concha Alborno**. Anatomía Veterinaria, Universidad Santo Tomás, Anatomía Humana, Universidad de Chile; **Célio Fernando de Sousa Rodrigues**. Disciplina Anatomía Descriptiva y Topográfica, UNCISAL - UFAL, Brasil; **Mariano del Sol**. Profesor Titular de Anatomía, Universidad de la Frontera, Temuco, Chile, Editor en Jefe International Journal of Morphology; **Ramón Fuentes Fernández**. Vice Rector Académico, Universidad de la Frontera, Temuco, Chile; **Ricardo Jimenez Mejía**. Rector Ejecutivo, Decano Facultad de Medicina, Fundación Universitaria Autónoma de las Américas, Pereira, Colombia; **Pablo Lizana Arce**. Profesor Asociado e Investigador en Anatomía y Morfología en el Instituto de Biología de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile; **Blás Antonio Medina Ruiz**. Instituto Nacional del Cáncer, Cátedra de Anatomía Descriptiva de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Asunción, Paraguay; **Roberto Mejias Stuenkel**. Profesor Encargado de Anatomía y Neuroanatomía, Universidad Mayor, Temuco, Chile; **Jose Carlos Prates**. Profesor de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad Federal de Sao Paulo, Brasil; **Nadir Valverde de Prates**. Profesora de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad Federal de Sao Paulo, Brasil; **José Luis Quirós Alpizar**. Anatomía Patológica, Universidad de Costa Rica, Costa Rica; **Ameed Raouf**. Departamento de Ciencias Anatómicas, Facultad de Medicina, Universidad de Michigan, Estados Unidos de América; **Ariel Scafuri**. Jefe Depto. de Morfología, Facultad de Medicina, Universidad Federal de Ceará, Fortaleza, Brasil; **Gert-Horst Schumacher**. Depto. de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad de Rostock, Alemania; **Iván Suazo Galdamés**. Director Departamento de Morfofunción, Facultad de Medicina, Universidad Diego Portales, Santiago, Chile; **Lachezar Surchev**. Depto. de Anatomía, Histología y Embriología, Universidad de Medicina de Sofía, Sofía, Bulgaria; **Selcuk Tunali**. Depto. de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad Hacettepe, Turquía. Depto. de Anatomía, Facultad de Medicina John A. Burns, Universidad de Hawaii, Estados Unidos de América.

### Asistente del Comité Editorial

**Tania Acosta**

Fundación CENIT para la Investigación en Neurociencias, Argentina

### Diseño Gráfico y Edición General

**Adrián Pablo Conti**

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires, Argentina

## Comisión Directiva de la Asociación Argentina de Anatomía (2015 - 2016)

**Presidente:** Prof. Dr. Rubén Daniel Algieri

**Vice Presidente:** Dra. Silvia Vaccaro

**Secretario:** Dr. Marcelo Acuña

**Tesorero:** Dra. Roxana Quintana

**Vocales Titulares:** Dr. Daniel Baetti; Dr. Nicolás Ernesto Ottone; Prof. Dr. Vicente Mitidieri; Dr. Roque Ruiz

**Vocales Suplentes:** Dr. Rodolfo Avila; Dr. Gonzalo Bonilla; Dr. Luciano Esborrat; Dr. Fernando Grgicevic

E-mail: [anatomiaargentina@gmail.com](mailto:anatomiaargentina@gmail.com) Web site: [www.anatomia-argentina.org.ar](http://www.anatomia-argentina.org.ar)

## Envío de trabajos Online: Instrucciones para los autores

Los artículos presentados para la publicación en **Revista Argentina de Anatomía Online** deben enviarse como archivos adjuntos por correo electrónico a [autor.raa@gmail.com](mailto:autor.raa@gmail.com) siguiendo las instrucciones que se enumeran abajo.

### Proceso de revisión por pares

Los trabajos recibidos son sometidos a la consideración de expertos en el tema integrantes del Comité Editorial. Los mismos son los encargados de revisar y evaluar los artículos y, posteriormente, recomiendan la aceptación, revisión o rechazo de los mismos.

La decisión final, considerando las opiniones del Comité de Expertos, es llevada a cabo por el Editor en Jefe de la Revista Argentina de Anatomía Online.

Para los autores argentinos es condición obligatoria, para la aceptación del trabajo, la consulta y cita de los trabajos presentados en los Congresos Argentinos de Anatomía, cuyos resúmenes se encuentran publicados en: BIBLIOGRAFÍA ANATÓMICA ISSN 1852-3889 / <http://www.biblioanatomica.com.ar/index8.htm>

### Categorías de Artículos

- Historia de la Anatomía
- Reseñas y Biografías
- Sección Aparato Locomotor
- Sección Esplacnología
- Sección Neuroanatomía
- Anatomía Imagenológica
- Aplicación de la Anatomía
- Variaciones Anatómicas
- Técnicas Anatómicas
- Educación y Pedagogía en Anatomía
- Editoriales
- Cartas al Editor
- Reporte de Caso\*

### Contenido de los trabajos

El trabajo debe enviarse organizado en archivos separados de la siguiente manera:

- Manuscrito (.doc)
- Tablas (.xls ó .doc)
- Imágenes y Gráficos (.jpg)
- Referencias de las imágenes y tablas (.doc)

*Nota: Los términos anatómicos empleados en los manuscritos deberán corresponderse a la Terminología Anatómica.*

### Preparación del manuscrito

**1ª página:** Título del trabajo. Apellido y Nombre del/os autor/es. Lugar de realización. Información de contacto (e-mail del autor principal)

**2ª página:** Resumen: Máximo 400 palabras. Los artículos en castellano deberán presentar el resumen en castellano e inglés. Los artículos en inglés deberán presentar resumen en inglés y castellano. Palabras clave: (5)

**3ª página (en adelante):** Introducción. Materiales y método. Resultados. Discusión. Conclusiones. Agradecimientos. Referencias

### \*Reporte de Caso

El "Reporte de Caso" debe desarrollarse de acuerdo a las siguientes características:

**1ª página:** Título del trabajo. Apellido y Nombre del/os autor/es. Lugar de realización. Información de contacto (e-mail del autor principal)

**2ª página:** Resumen: Máximo 400 palabras. Palabras clave (5)

**3ª página (en adelante):** Introducción. Reporte de Caso. Discusión. Agradecimientos. Bibliografía. Cantidad máxima de palabras: 1500

## Características del Texto

- El manuscrito deberá ser enviado en formato **Microsoft Word .doc**, en un sólo archivo, sin incluir imágenes ni tablas en documento.
- El texto deberá presentarse en un tamaño de hoja A4, con interlineado sencillo, sin sangrías, ni divisiones de columnas.
- No se deberá aplicar ningún tipo de estilo, ornamentos o diseño al documento.
- Deberán incluirse los estilos de fuente en textos destacados (negrita, cursiva, etc.) así como también se podrán incluir textos con numeración y viñetas de ser necesarios.

## Imágenes y gráficos

- Archivos de imágenes: Las imágenes y gráficos deberán enviarse en archivos separados e individuales en formato **.jpg** preferentemente en alta resolución.
- Los archivos deberán ser numerados e identificados con su correspondiente nombre, por ejemplo **fig01.jpg**
- Podrán comprimirse todas las imágenes en un sólo archivo **.rar** ó **.zip** (sin contraseñas de seguridad)
- Cita en el texto: Deberá incluirse la cita de la imagen en el texto principal (**ver Fig. 5**)
- Pie de imágenes: Las referencias de las fotografías y gráficos deberán ser enviadas en un archivo de Word independiente del texto principal, indicando la figura a la que corresponde cada referencia. La cita debe comenzar con el número de la figura en negrita, (ejemplo: **Fig. 1**) seguido una breve descripción de la misma. Posterior a la descripción deben colocarse las referencias de los elementos presentes en la imagen y/o gráfico, que deberán ser citados con números, respetando dicha numeración para cada elemento.

## Tablas

- Archivos de tablas: Las tablas deberán ser preparadas en **Word (.doc)** y/o **Excel (.xls)** y enviadas en archivos separados del texto principal.
- Los archivos deberán ser numerados e identificados con su correspondiente nombre, por ejemplo **tabla01.xls**
- Pie de Tablas: Las referencias de las tablas deberán ser enviadas en un archivo de **Word (.doc)** independiente del texto principal, indicando la tabla a la que corresponde cada referencia.
- Las tablas deberán identificarse con números romanos, seguidos por el título o descripción (Ejemplo: **Tabla I: Título de tabla**)
- Cita en el texto: Deberá incluirse la cita de la tabla en el texto principal (**ver Tabla I**)

## Referencias

- **Citas en el texto:** En el texto principal, luego de incorporar una afirmación de un determinado autor, deberá colocarse el número correspondiente al artículo, libro, etc., entre paréntesis, sin superíndice: (1-3).
- **Bibliografía:** La bibliografía utilizada en cada artículo deberá organizarse con numeración, de acuerdo a la aparición en el manuscrito del trabajo.
- **Artículos de Revistas:** Apellido y nombres (iniciales – separados por ;), Título del trabajo en cursiva, Nombre de la revista, Año, Volumen, Número, Número de páginas. Ejemplo: Ottone, N.E.; Medan, C.D. *A rare muscle anomaly: The supraclavicularis proprius*. Folia Morphologica 2009; 68(1): 55-57
- **Libros:** Apellido y nombres (iniciales), Título del Capítulo del Libro, Título del libro, Edición, Editorial, Ciudad de Impresión, Año, Número de páginas. Ejemplo: Testut, L.; Latarjet, A. *Tomo Segundo: Angiología, Tratado de anatomía humana*, 9ª edición, Editorial Salvat, Barcelona, 1954, pp. 124-156.
- **Internet:** Briones, O.; Romano, O. A.; Baroni, I. *Revisión anatómica del nervio sinuvertebral*. Bibliografía Anatómica [online]. 1982, vol. 19, no. 5 [citado 2009-05-19], pp. 7. Disponible en: <http://www.biblioanatomica.com.ar/20005.pdf>. ISSN 1852-3889.

## Online Papers Submission: Authors guidelines

Papers submitted for publication in **Revista Argentina de Anatomía Online** should be sent as attachments by email to [autor.raa@gmail.com](mailto:autor.raa@gmail.com) following the instructions listed below

### Peer review process

The papers received are submitted to the consideration of experts on the subject who are members of the Editorial Committee. They are the ones in charge of reviewing and evaluating the articles and, later, they recommend the acceptance, revision or rejection of the same.

The final decision, considering the opinions of the Committee of Experts, is carried out by the Editor-in-Chief of the Revista Argentina de Anatomía Online.

### Papers Categories

- Anatomy History
- Reviews and Biographies
- Locomotor
- Splanchnology
- Neuroanatomy
- Imaging Anatomy
- Application of Anatomy,
- Anatomical Variations
- Anatomical Techniques
- Education and Teaching in Anatomy
- Editorials
- Letters to the Editor
- Case Report\*

### Content of the papers

The paper should be organized in separate files as follows:

- Manuscript (.doc)
- Tables (.xls or .doc)
- Images and Graphics (.jpg)
- References of Images and tables (.doc)

*Note: The anatomical terms used in the manuscripts must correspond to the Anatomical Terminology.*

### Manuscript features

**1<sup>st</sup> page:** Paper title. Author (s). Institution. Contact information (e-mail of the main author)

**2<sup>nd</sup> page:** Abstract: Maximum 400 words. Papers in Spanish must present the abstract in Spanish and English. papers in English should be summarized in English and Spanish. Keywords: (5)

**3<sup>rd</sup> page onwards:** Introduction. Materials and method. Results. Discussion. Conclusions. Acknowledgments. References

### \*Case report

The "Case Report" should be developed according to the following features:

**1<sup>st</sup> page:** Paper title. Author (s). Institution. Contact information (e-mail of the main author)

**2<sup>nd</sup> page:** Abstract: Maximum 400 words. Keywords (5)

**3<sup>rd</sup> page onwards:** Introduction. Case report. Discussion. Acknowledgments. Bibliography. Maximum number of words: 1500

## Text Features

- The manuscript should be sent in **Microsoft Word .doc** format, in a single file, without including images or tables in document. The text should be presented in an A4 sheet size, with single spacing, without indentations, or column divisions.
- No style, ornament or design should be applied to the document.
- Font styles should be included in bold text (bold, italic, etc.) as well as text with numbered lists and bullets if necessary.

## Images and graphics

- Image files: Images and graphics should be sent in separate and individual files in **.jpg** format preferably in high resolution.
- The files must be numbered and identified with their corresponding name, for example **fig01.jpg**
- All images can be compressed in a single **.rar** or **.zip** file (without security passwords)
- Quote in the text: The quotation of the image should be included in the main text (**see Fig. 5**)
- Image footer: The references of the photographs and graphics should be sent in a **Word (.doc)** file independent of the main text, indicating the figure to which each reference corresponds.
- The quotation should start with the number of the figure in bold, (example: **Fig. 1**) followed by a brief description of it. After the description must be placed references of the elements present in the image and / or graphic, which should be cited with numbers, respecting said numbering for each element.

## Tables

- Table Files: Tables should be prepared in **Word (.doc)** and / or **Excel (.xls)** and sent in separate files from the main text.
- The files must be numbered and identified with their corresponding name, for example **table01.xls**
- Table footer: The references of the tables should be sent in a **Word (.doc)** file independent of the main text, indicating the table to which each reference corresponds.
- The tables should be identified with Roman numerals, followed by the title or description (Example: **Table I: Table title**)
- Quote in the text: The quotation from the table should be included in the main text (**see Table I**)

## References

- **Quotes in the text:** In the main text, after incorporating an affirmation of a particular author, the number corresponding to the article, book, etc., in brackets, without superscript must be placed: (1-3).
- **Bibliography:** The bibliography used in each article should be organized with numbering, according to the appearance in the manuscript of the work.
- **Articles of Magazines:** Surname and names (initials - separated by;), Title of the work in italics, Name of the journal, Year, Volume, Number, Number of pages. Example: Ottone, N.E. ; Medan, C.D. *A rare muscle anomaly: The supraclavicularis proprius*. *Folia Morphologica* 2009; 68 (1): 55-57
- **Books:** Surname and first names, Title of Book Chapter, Title of book, Edition, Publisher, City of Print, Year, Number of pages. Example: Testut, L. ; Latarjet, A. *Volume Two: Angiology, Treaty of Human Anatomy*, 9th edition, Salvat Publishing House, Barcelona, 1954, pp. 124-156.
- **Internet:** Briones, O.; Romano, O. A.; Baroni, I. *Anatomical review of the sinuvertebral nerve*. *Anatomical Bibliography* [online]. 1982, vol. 19, no. 5 [cited 2009-05-19], pp. 7. Available at: <http://www.biblioanatomica.com.ar/20005.pdf>. ISSN 1852-3889.

## Índice / Index

Nuevos conceptos en la anatomía del sistema cardionector con aplicación en electrofisiología ..... 101 <i>New concepts in the anatomy of the cardionector system with application in electrophysiology</i> Abuin, Gustavo; Barceló, Adrián; Cichero, Fernando; Scaglione, Jorge; Miragaya, Nicolás	101
Agenesia parcial del arco posterior del atlas. Reporte de caso ..... 113 <i>Posterior arch of the atlas agenesis. Case report</i> Roa, Ignacio	113
Anatomía comparada de los músculos supinador y pronador redondo de tres especies carnívoras silvestres ..... 117 <i>Comparative anatomy of the supinator and pronator round muscles of three wild carnivorous species</i> Silva, Manuela F. M.; Souza, Wilson V.; Almada, Rita M. F.; Carvalho, Amarilis D.; Souza Júnior, Paulo	117
Análisis morfológico: Límites de los tractos de entrada y salida del ventrículo derecho ..... 123 <i>Morphological study: Inflow and outflow tract limits from right ventricle</i> Pérez, Inés V.; Martínez, Micaela L.; Bergilli, Yanina D.; Urrutia, Juan S.; Tartaglia, María L.; Rojas Ortiz, María V.	123
Correlatos estructurales y funcionales del lobulo parietal en femeninas con demencia tipo Alzheimer por resonancia magnética y tomografía por emisión de fotón único ..... 128 <i>Parietal lobe structural and functional correlate's in female with Alzheimer disease with magnetic resonance and single photon emission tomography</i> Tornese, Elba B.; Mazzoglio y Nabar, Martín J.; Dogliotti, Claudia, G.	128
Distribución anatómica de venas superficiales dorsales de la mano..... 148 <i>Anatomical distribution of superficial dorsal veins of the hand</i> Atilano Macías, Dilan; Díaz Plata, Yulieth V.; Restrepo Bolaño, Melissa E.; De la Hoz, Oswaldo; Linero Cueto, Gary	148
Desarrollo de técnicas neuroquirúrgicas en dos modelos animal de experimentación..... 154 <i>Development of neurosurgical techniques in two animal models of experimentation</i> Unda Velasco, Santiago R.	154



## Nuevos conceptos en la anatomía del sistema cardionector con aplicación en electrofisiología



### New concepts in the anatomy of the cardionector system with application in electrophysiology



Ganador Premio "Asociación Argentina de Anatomía 2015" al mejor trabajo de Ciencias Morfológicas

Abuin, Gustavo<sup>1</sup>; Barceló, Adrián<sup>2</sup>; Cichero, Fernando<sup>3</sup>; Scaglione, Jorge<sup>4</sup>; Miragaya, Nicolás<sup>5</sup>

Instituto Universitario de Ciencias de la Salud (IUCS) Fundación H.A. Barceló  
Servicio de Cirugía Cardiovascular, Hospital Fernandez  
Sector de Electrofisiología, Hospital de Niños Pedro de Elizalde  
Universidad de Buenos Aires (UBA) Buenos Aires - Argentina

E-mail de autor: Gustavo Abuin [gabuin@intramed.net](mailto:gabuin@intramed.net)

<sup>1</sup>Cirujano cardiovascular de Planta Htal. Fernández (GCBA); Jefe de Trabajos Prácticos de Anatomía, IUCS Fundación Barceló; Jefe de Trabajos Prácticos de Anatomía, Facultad de Medicina (UBA)

<sup>2</sup>Cirujano General; Profesor Titular de Anatomía, IUCS Fundación Barceló; Docente Autorizado de Anatomía, Facultad de Medicina, UBA

<sup>3</sup>Jefe de Servicio de Cirugía Cardiovascular Htal. Fernández (GCBA); Profesor Asociado de Anatomía, IUCS Fundación Barceló; Docente Adscripto de Anatomía, Facultad de Medicina, UBA

<sup>4</sup>Doctor en Medicina; Médico Cardiólogo Encargado del Sector de Electrofisiología, Htal. De Niños Pedro de Elizalde

<sup>5</sup>Ayudante Alumno de la Cátedra de Anatomía, (IUCS) Fundación Barceló

#### Resumen

La anatomía del sistema cardionector y del seno coronario, aplicada al tratamiento de las arritmias requiere que la primera sea conocida con detalle para que la segunda sea eficaz. El grupo de trabajo de esta presentación no solo tiene vastísima experiencia en la investigación anatómica macro y microscópica, sino en el tratamiento de las arritmias cardíacas. Se realizará una descripción macroscópica muy detallada del sistema cardionector y del seno coronario, principal fuente de acceso para su tratamiento.

**Objetivos:** Mostrar y describir en corazones humanos, desde el punto de vista macroscópico, el sistema de conducción, su irrigación y su relación con las cavidades cardíacas para el tratamiento de diversas afecciones que generan trastornos del ritmo.

**Material y Método:** El equipo contó para la realización de este trabajo con un archivo fotográfico de preparados y disecciones propias de más de 1000 imágenes. Todo esto complementado a través de la práctica electrofisiológica y quirúrgica en más de 10.000 procedimientos durante los últimos 20 años entre los cuatro autores.

Cabe destacar que para la clara exposición de los conceptos vertidos en este trabajo, el mismo se ha organizado de la siguiente manera: realizada la descripción anatómica, se refrenda con la fotografía, mientras que todos los conceptos electrofisiológicos se han **remarcado en verde**.

**Resultados:** Tal vez lo más notable de estas páginas es la desmitificación de la existencia del haz de His como entidad anatómica de largo considerable, dado que la rama izquierda prácticamente comienza a originarse desde el inicio del mismo. Se muestran las distintas variantes de la desembocadura del seno venoso, nódulos y de la rama derecha e izquierda. Todo esto orientado a señalar reparos y variantes anatómicas que deben ser utilizadas en el tratamiento de las arritmias.

**Palabras clave:** arritmia, bloqueos, haz de his, catéter, sinusal

#### Abstract

*The anatomy of the cardiac system and coronary sinus, applied to the treatment of arrhythmias, requires that the first be known in detail so that the second one is effective. The working group of this presentation not only has vast experience in macro and microscopic anatomical research, but in the treatment of cardiac arrhythmias. A very detailed macroscopic description of the cardiac and coronary sinus system, the main source of access for its treatment, will be made.*

**Objectives:** To show and describe in human hearts, from the macroscopic point of view, the conduction system, its irrigation and its relation with the cardiac cavities for the treatment of diverse affections that generate rhythm disorders.

**Material and Method:** The team counted with a photographic archive of preparations and dissections of more than 1000 images. This was complemented by the electrophysiological and surgical practice in more than 10,000 procedures during the last 20 years between the four authors.

It should be noted that for the clear exposition of the concepts expressed in this work, the same has been organized as follows: the anatomical description is made, it is endorsed with photography, while all the electrophysiological concepts have been **highlighted in green**.

**Results:** Perhaps the most notable of these pages is the demystification of the existence of the His bundle as an anatomical entity of considerable length, since the left branch practically begins to originate from the beginning of the same. The different variants of the mouth of the venous sinus, nodules and the right and left branch are shown. All this aimed to point out repairs and anatomical variants that should be used in the treatment of arrhythmias.

**Keywords:** Arrhythmia, blockages, his bundle, catheter, sinus

## Introducción

La anatomía del sistema cardionector y del seno coronario, aplicada al tratamiento de las arritmias requiere que la primera sea conocida con detalle para que la segunda sea eficaz.

Múltiples autores han logrado exquisitas definiciones morfológicas, utilizando la microscopía para fundamentar sus hallazgos anatómicos. Esto derivó en la anatomía microscópica –de gran utilidad teórica– pero casi de nula utilidad práctica para el electrofisiólogo o el cirujano que está en el laboratorio de hemodinamia luchando contra válvulas, pliegues y senos esquivos de ser cateterizados.

El grupo de trabajo de esta presentación no solo tiene vastísima experiencia en la investigación anatómica macro y microscópica, sino en el tratamiento de las arritmias cardíacas. Esta conjunción en nuestras actividades como anatomistas, cirujanos y electrofisiólogos durante más de 20 años hace que la redacción del presente trabajo sea fruto de la diaria experiencia.

Se realizará una descripción macroscópica muy detallada del sistema cardionector y del seno coronario, principal fuente de acceso para su tratamiento.

## Objetivos

Mostrar y describir en corazones humanos, desde el punto de vista macroscópico, el sistema de conducción y su relación con las cavidades cardíacas para el tratamiento de diversas afecciones que generan trastornos del ritmo.

Al mismo tiempo, se colocarán estas estructuras en relación con el resto del corazón, por lo que se tendrá, cuando sea posible, especial cuidado en detallar la orientación de cada elemento a describir in situ e in toto.

## Material y método

El equipo contó para la realización de este trabajo con un archivo fotográfico de preparados y disecciones propias de más de 1000 imágenes.

Las disecciones de corazones fueron hechas en fresco o con formol buffer al 10%, con todas las variantes de proceso de material: transiluminación, diafanización, inyección con colorantes, resinas y plásticos, disecciones macro y microscópicas con lentes de hasta 20x.

Todo esto complementado a través de la práctica electrofisiológica y quirúrgica en más de 10.000 procedimientos durante los últimos 20 años entre los cuatro autores.

Hemos trabajado sobre corazones humanos, desde fetos hasta gerontes, normales o patológicos, con cardiopatía congénita o cirugía previa.

Las fotografías que se presentan fueron logradas mediante técnica mixta, entre la fotografía manual clásica hasta la digital, con imágenes de nuestro archivo que van desde 1984 hasta el 2011.

Cabe destacar que para la clara exposición de los conceptos vertidos en este trabajo, el mismo se ha organizado de la siguiente manera: realizada la descripción anatómica, se refrenda con la fotografía, mientras que todos los conceptos electrofisiológicos se han remarcados en negrita.

## Resultados

### El sistema de conducción o sistema cardionector

Básicamente está compuesto por dos conglomerados de células denominados nódulos: el sinusal y el aurículo-ventricular. Estos nódulos emiten haces que los conectan entre ellos y con la masa muscular a través del denominado sistema de fibras de Purkinje.

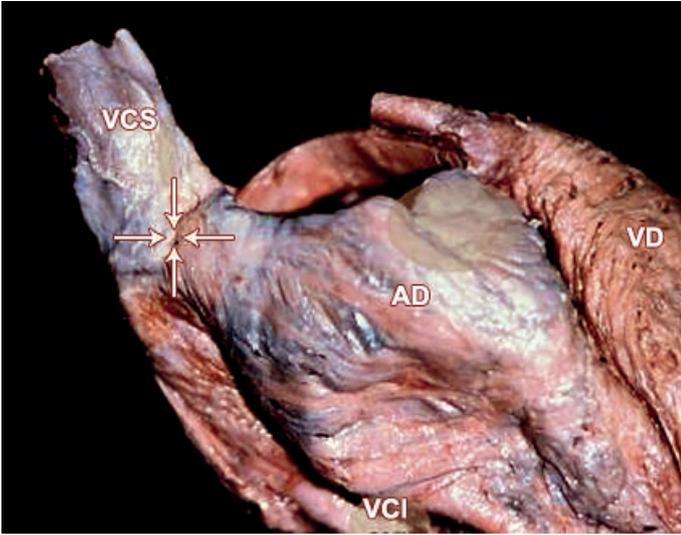
### El nódulo sinusal

Originalmente descrito por Martin Flack en el laboratorio de Sir Arthur Keith, esta formación –de unos 3mm de espesor por 10mm de largo como máximo– se halla, en el 15% de los casos, a caballo de la unión de la vena cava superior con la aurícula derecha en su cara antero-superior; en el 85% restante está hacia la derecha de la misma, sobre la denominada crista terminalis.<sup>1</sup>

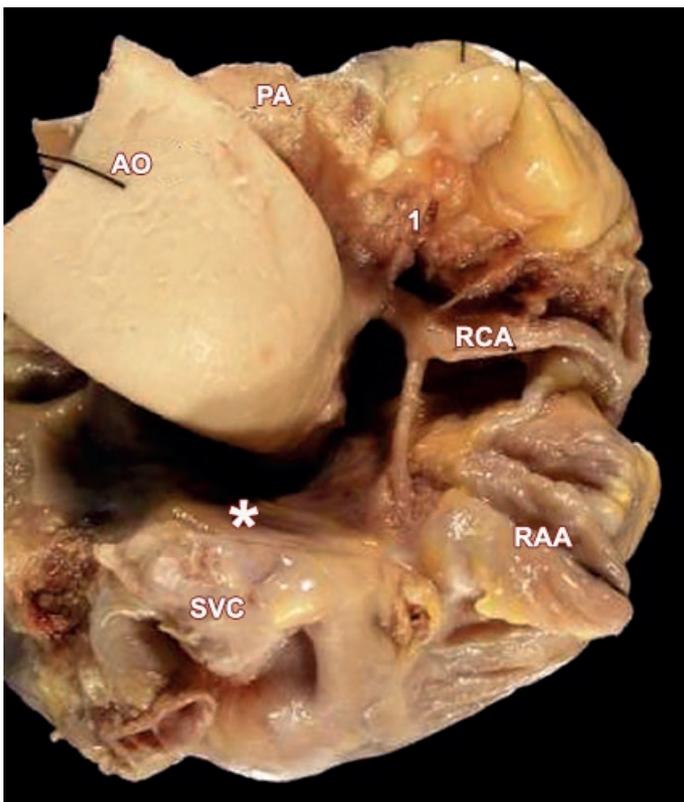
En la **Fig. 1** se aprecia la disección del nodo sinusal, que aparece como una coma invertida de color grisáceo. Cuando se realizan cirugías sobre la cava, la aurícula derecha o la cava inferior, se debe tener en cuenta la ubicación de este nódulo y una de sus prolongaciones, la crista terminalis a fin de no lesionarlo. (Técnica: disección a ojo desnudo de corazón formalizado, tinción con azul de metileno).

En la **Fig. 2** se muestra el corazón visto desde arriba, con la aorta ascendente en el centro de la imagen, y la arteria pulmonar que cubre su cara anterior. La arteria coronaria derecha da origen a la arteria del cono y a la arteria del nódulo

sinusal, que se dirige hacia la vena cava superior. El nódulo sinusal es de menor tamaño que la arteria homónima (Técnica: disección a ojo desnudo de corazón formolizado).



**Fig 1:** VCS) Vena Cava Superior. AD) Aurícula Derecha. VD) Ventrículo Derecho. VCI) Vena Cava Inferior. Las flechas señalan la disección del nodo sinusal



**Fig. 2:** 1) Arteria del cono. AO) Aorta. PA) Arteria pulmonar. RCA) Arteria coronaria derecha. SVC) Vena cava superior. RAA) Orejuela de la aurícula derecha. \*) Cara posterior del seno transversal

Sin dudas, la arteria del nódulo sinusal es constante, independientemente de su origen. Según la descripción de Robert Koch (1910)<sup>2-3-4-5-6</sup> este origen puede verificarse inclusive en las arterias bronquiales derechas, pero lo más frecuente es que lo haga en alguna de las coronarias.

*Esta variedad anatómica explica por qué, durante los procedimientos de resección pulmonar derecha, el índice de arritmias supraventriculares es sensiblemente mayor que cuando se realiza lo mismo del lado izquierdo.*

Lo curioso, y también constante, es que el diámetro de la arteria supera siempre al del nódulo sinusal mismo, y decir "siempre" en anatomía es un compromiso.

Resulta fisiológicamente impensable que un vaso nutricio tenga mayor diámetro que su órgano blanco, puesto que no podemos imaginar que la arteria radial tenga un diámetro mayor que el del antebrazo para irrigarlo.

*La función, pues, de la arteria del nódulo sinusal no es nutricia, sino la de un presorreceptor, ya que informa sobre la presión sistémica en la raíz de la aorta.*

*Dado que el nódulo sinusal es el marcapasos cardíaco, resulta interesante, desde el punto de vista fisiológico, que la naturaleza le dé un indicador sobre un parámetro importante como la presión arterial, que puede ser regulada con el aumento o disminución de la frecuencia cardíaca, entre otros mecanismos.<sup>7</sup>*

*Este sería uno de los mecanismos posibles de explicación para el comportamiento de la denominada arritmia sinusal ventrículo-fásica, en la que se observa, sobre todo en los bloqueos aurículo-ventriculares completos, que los intervalos PP que contienen a un complejo QRS son más cortos que aquellos que no lo contienen.*

*En determinadas cirugías, a veces debe realizarse una sección de la arteria; sin embargo, no en todos los pacientes esto afecta el ritmo o la frecuencia.*

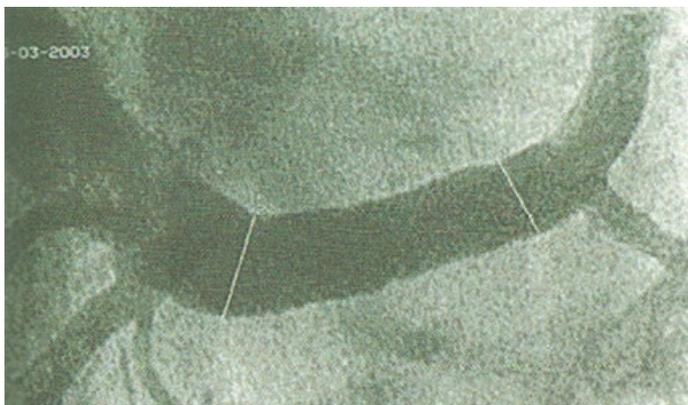
*El nódulo sinusal es epicárdico y se encuentra en ubicación lateral, posterior y, sobre todo, caudal a la unión de la vena cava superior y de la aurícula derecha.*

*Cuando se efectúa la ablación del ostium de la VCS, puede dañar partes del nódulo sinusal. Por eso, si la ablación extensa es necesaria para el aislamiento venoso, la misma se debe realizar en la pared de la aurícula derecha (en lugar del orificio) y, si es posible, en ritmo sinusal, monitoreando los cambios de frecuencia y automaticidad.*

*También cuando hay que realizar modificaciones en el mismo ante la presencia de taquicardia sinusal inapropiada que no responde a tratamiento médico.*

## El seno coronario

Es responsable del 60 a 70% del drenaje venoso cardíaco<sup>8</sup> (**Fig. 3**). Su longitud media es de 4 cm; en cuando a su diámetro mínimo, es de 5 mm, mientras que su diámetro máximo (antes de desembocar) es de 12 mm.



**Fig. 3:** Radiografía del seno coronario, en donde se visualiza su dirección, hacia arriba, detrás y lateral. Esta es la clásica posición para su cateterización

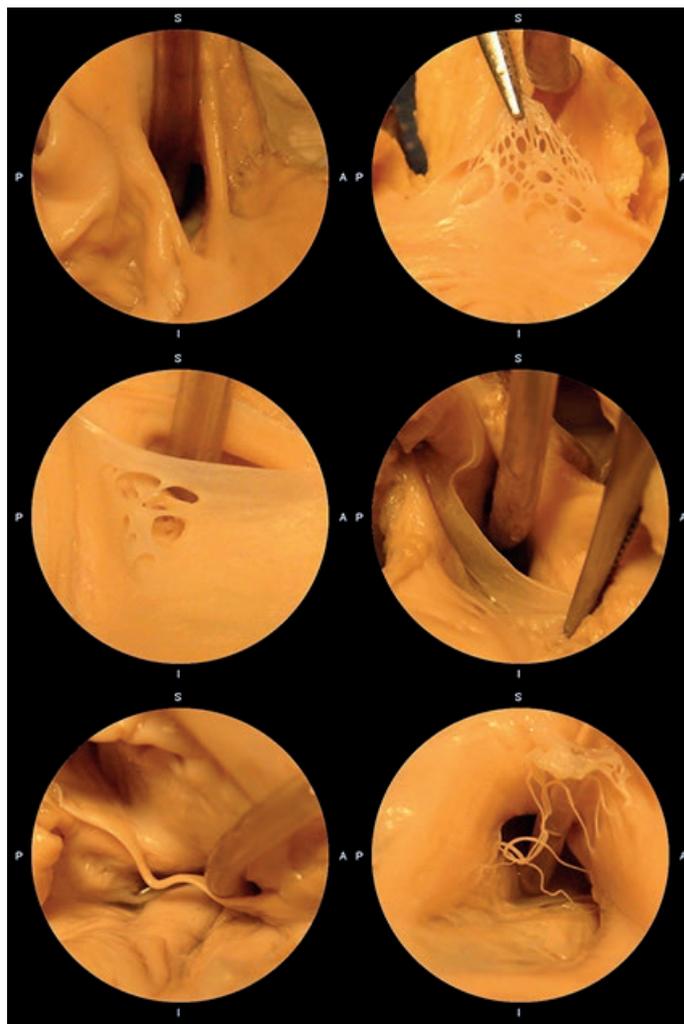
Se inicia en la desembocadura de la gran vena coronaria cuya válvula ostial, cuando existe, es conocida con el nombre de válvula de Viessennes y se extiende hasta concluir en la aurícula derecha.

Como la válvula de Viessennes no es constante, se puede utilizar como referencia la desembocadura de la vena oblicua de la aurícula izquierda o vena de Marshall. Esta, a veces obliterada y transformada en un ligamento, representa la vena cava izquierda atrofiada (en raras ocasiones, es persistente) y discurre a través del seno transversal del pericardio, donde forma un repliegue denominado vestigial.

Luego, desde la base de la orejuela izquierda, se dirige al nacimiento del seno coronario, donde desemboca por su borde superior. En muchas ocasiones es acompañada por un manojito de fibras miocárdicas altamente excitables y arritmogénicas.

*El ostium del seno coronario (Fig. 4) es una estructura cuya ubicación espacial debe ser perfectamente conocida por el electrofisiólogo<sup>9</sup>, ya que a través de él se ubicarán catéteres multipolares destinados a realizar el mapeo del surco atrioventricular izquierdo, lugar de la mayor incidencia de hallazgo de las vías accesorias (haz de Kent).*

*Estos catéteres sirven para mapear la ubicación exacta del trayecto de las vías accesorias izquierdas, así como también como referencia fundamental para la determinación de la existencia de vías accesorias derechas.*



**Fig. 4:** Seis tipos de válvula de Thebesio. El tipo 3 es el que repite en el 10% de la muestra e impide la progresión de cateteres por el seno

*El ostium, además, es uno de los límites del triángulo de Koch cuando se pretende realizar ablación de taquiarritmias por reentrada nodal. También sirve para la ubicación del istmo cavo tricuspídeo durante la ablación del aleteo auricular. Se utiliza como referencia asimismo durante la punción transeptal, destinada al tratamiento de arritmias ubicadas en cavidades izquierdas, como ejemplo las taquicardias auriculares o el aislamiento de las venas pulmonares en el tratamiento de la fibrilación auricular.*

*Ademas se utiliza para la colocación de catéteres permanentes para la resincronización del ventrículo izquierdo.*

*Existen situaciones donde la ablación debe ser realizada dentro del seno coronario tanto en la cercanía del ostium como en la emergencia auricular de las vías accesorias involucradas (taquicardia de Coummel) a veces asociadas a divertículos del seno coronario, y otras donde la ubicación de la vía accesoria es de situación epicárdica y la única forma de poder acceder es a través de esta estructura.*

Por lo anteriormente expuesto, hemos investigado la válvula de Thebesio<sup>10</sup> encontrando seis patrones diferentes. Esto nos permite afirmar que el fracaso que se produce al no poder progresar catéteres a través del seno se debe a que la válvula es de tipo cribosa y justifican el 10% de imposibilidad de canulación del seno coronario.

### Los haces internodales

Estos haces se dirigen desde el nódulo sinusal hasta el nodo aurículo-ventricular o de Aschoff-Tawara. En número de cuatro, se denominan: anterior, medio o de Wenckebach, posterior o de Thorel, interauricular o de Bachmann. De todos los mencionados, el único con identidad anatómica es el haz interauricular; la existencia morfológica de los restantes está aún sujeta a debate.

La descripción de estos haces indica que el haz internodal anterior dejaría el margen del nódulo sinusal por la banda interauricular anterior descrita por Bachmann, conectando con la aurícula izquierda.

La parte proximal del techo de dicha aurícula donde se halla localizado este haz es un sitio donde existe conducción interauricular representada por fibras de miocardio paralelo que atraviesan el techo auricular de la aurícula derecha al apéndice de la izquierda.

Aunque no sean de conducción especializada, este tejido existe en este sitio debido a la orientación de las fibras y su extensión posterior hasta la proximidad con el nodo sinusal. Esta estructura representa el mecanismo de conexión de un atrio con el otro *y se intenta su ablación como parte de desconexión de circuitos entre ambos atrios en la fibrilación auricular.*

Mientras otra prolongación del haz bajaría por el tabique interauricular para contactar con la parte superior del nódulo AV, un haz internodal medio que sale del nódulo sinusal rodea por detrás la vena cava superior hasta llegar al tabique interauricular por el que desciende hasta el nodo.

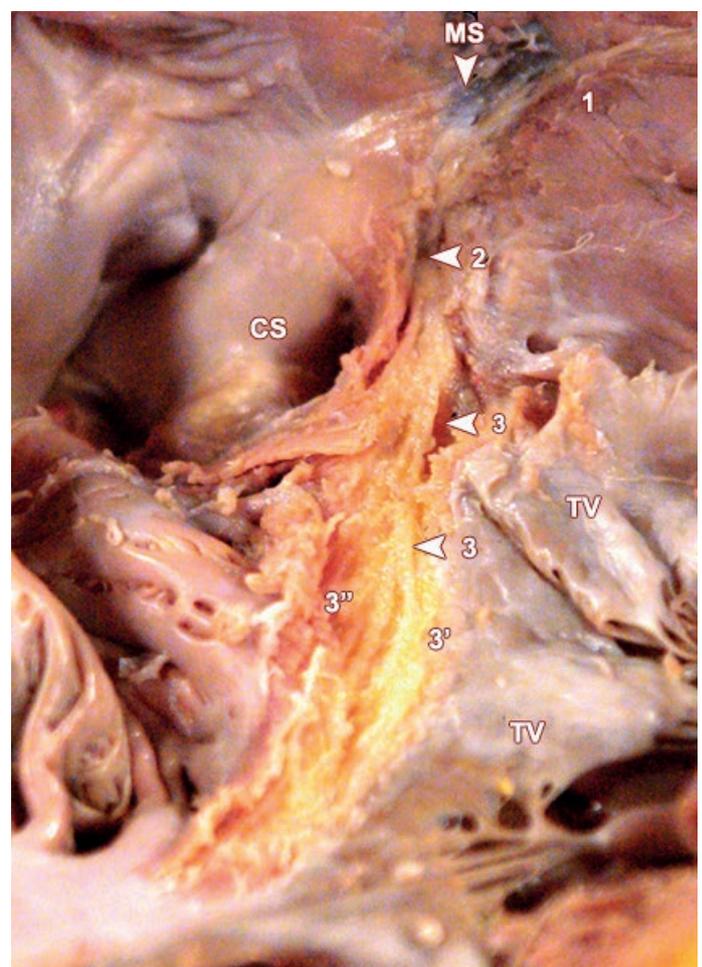
Y, por último, un haz internodal posterior que sale por detrás del nódulo sinusal discurre por la crista terminalis y se curva por el istmo cavo tricuspídeo hasta alcanzar el margen posterior del nodo.

*La aplicación quirúrgica del conocimiento de estos haces solo se utiliza para la prevención de la fibrilación auricular paroxística y consiste en el implante de marcapasos con catéter electrodo (autofijable) ubicado en la región donde se sitúa el haz de Bachmann.*

La comprobación electrofisiológica de que se está estimulando sobre este haz es cuando se observa un acortamiento de la onda P en 10 a 20 m.

En la **Fig. 5** se muestra una inusual prolongación del input posterior del nodo aurículo-ventricular, que no podemos considerar haz internodal, dado que no se ha demostrado que llegue al nódulo sinusal.<sup>8</sup>

El fascículo mencionado tiene identidad anatómica, histológica e inmunocitoquímica diferencial con respecto al resto del miocardio auricular. (Técnica: disección con lupa 10X de corazón formolizado)



**Fig 5:** 1) Rama derecha y haz de His. 2) Nodo aurículo-ventricular. 3) Prolongación posterior (input) del nodo. 3' y 3'' Bifurcación del input. TV) Válvula tricúspide. CS) Seno coronario. MS) Septum membranoso

### El nodo aurículo-ventricular o de Aschoff-Tawara

El nodo aurículo-ventricular es una estructura enteramente auricular que está situada sobre la base del tabique muscular y apoyada en la base de implantación de la valva septal de la tricúspide. El triángulo de Koch es una referencia aproximada para hallarlo.<sup>11-12</sup>

Este nodo se afina y se transforma en el haz de His en forma imperceptible desde el punto de vista anatómico. Emite dos ramas, la derecha y la izquierda.

Vale recordar que en el humano el haz de His en sí mismo es sumamente corto, dado que, casi inmediatamente después de nacer, emite los primeros ramos de la hemirrama posterior izquierda, para luego dar la rama derecha y la hemirrama anterior.

Asimismo, el haz de His se halla aislado eléctricamente del miocardio subyacente por el colágeno del trígono fibroso derecho o del septum membranoso.

*Esta relación explica la elevada tasa de bloqueo aurículo-ventricular posterior a la utilización de dispositivos de cierre cuando son usados para el cierre de comunicaciones interventriculares localizadas a este nivel.*

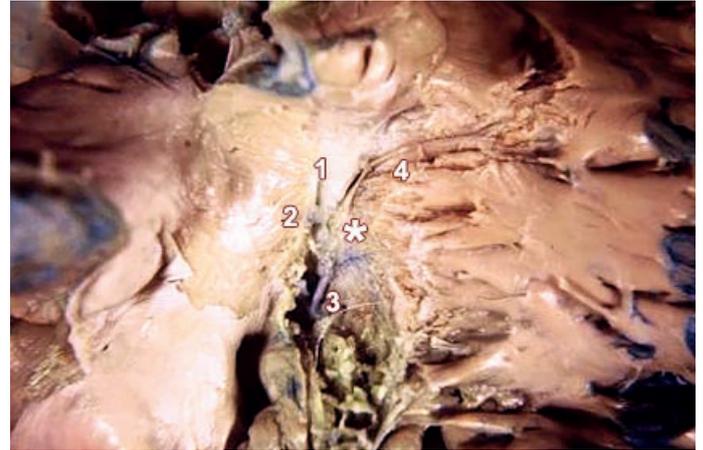
*Cuando se requiere interrumpir la conducción aurículo-ventricular en forma completa y permanente, la ablación se realiza sobre el vértice del triángulo de Koch, en la presunta zona de unión del nodo compacto y el haz de His. Se introduce el catéter de ablación dentro de la cavidad del ventrículo derecho y se va retirando hasta que se obtiene un registro del haz de His con máxima amplitud del potencial auricular, en una posición ligeramente posterior e inferior a la del máximo registro hisiano. Una vez estabilizado el catéter, se aplica radiofrecuencia; casi invariablemente se obtiene un ritmo acelerado de la unión aurículo-ventricular, para dar paso casi bruscamente al bloqueo aurículo-ventricular completo.*

En la **Fig. 6** se muestra una vista en detalle del nodo aurículo-ventricular, haz de His y rama derecha. Se observa el túnel que el haz labra al septum membranoso, aislándose en colágeno (penetrating bundle de los anglosajones).

A menudo este nodo se halla inmerso en el colágeno, por lo que la calcificación morbosa del mismo da origen a patologías de la conducción aurículo-ventricular.

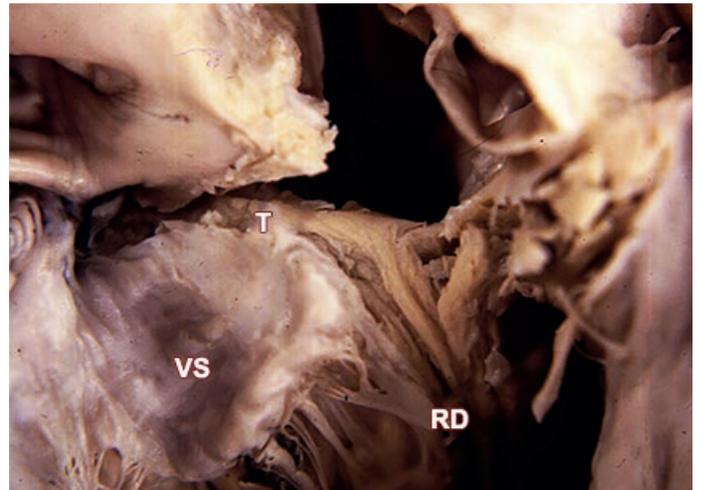
El ejemplo claro es la enfermedad de Lev. (Técnica: disección con lupa 10X de corazón formolizado).

En la **Fig. 7** el haz de His se halla en una situación fronteriza, cabalgando literalmente sobre el septum muscular. Se ha disecado el septum membranoso para visualizar la posición posterior del mismo. (Técnica: Disección con lupa 10X de corazón formolizado).



**Fig. 6:** 1) Septum membranoso. 2) Trígono fibroso derecho. 3) Arteria del nodo aurículo-ventricular. 4) Rama derecha. \*) Nodo aurículo-ventricular

En la **Fig. 8** vemos un detalle del nodo aurículo-ventricular y del haz de His aislados por colágeno. Se pueden observar los tamaños relativos, dado que se ha colocado una regla milimetrada que puede verse sobre el borde izquierdo de la fotografía superior. (Técnica: disección con lupa 10X de corazón formolizado).

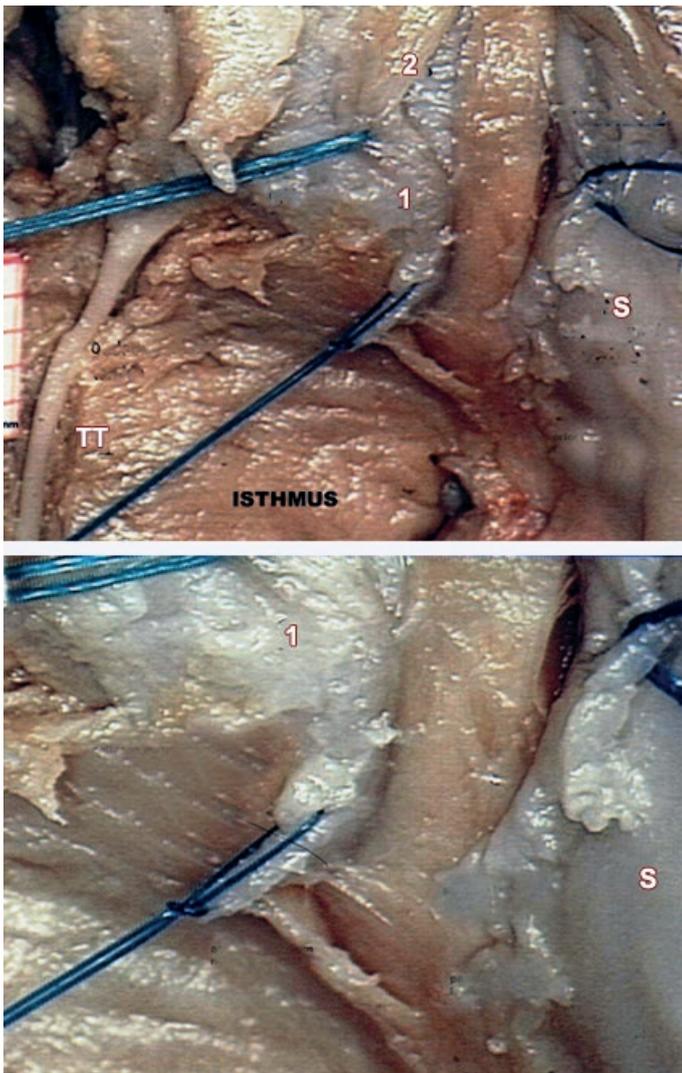


**Fig. 7:** VS) Valva septal. RD) Rama derecha. T) Tronco del haz de His

En algunas ocasiones, el haz de His no existe como entidad anatómica aislada, puesto que, en cuanto el nodo se afina, emite la rama derecha y los ramos de la hemirrama posterior izquierda.<sup>1-13</sup>

*La disposición izquierda del tronco del haz de His (que representa el 20% de casos) la hemos notado hace muchos años, sin darle mayor trascendencia que la anatómica.<sup>13</sup>*

*En vistas de los nuevos abordajes percutáneos de colocación de endoválvulas aórticas, nos ha llamado la atención que el índice de bloqueo aurículo-ventricular agudo que sufren los pacientes durante la colocación de estos dispositivos ronda el 20%.<sup>14</sup>*



**Fig. 8:** 1) Trígono fibroso derecho. 2) Septum membranoso. TT) Tendón de Todaro. S) Valva septal de la tricúspide

*Una vez más, a través del conocimiento anatómico se explican complicaciones electrofisiológicas. también explica que sea posible provocar bloqueo aurículo ventricular completo cuando se realizan ablaciones de esta región, tanto para arritmias, para taquicardias ventriculares como para provocar en forma deliberada el bloqueo.*

### La rama derecha del haz de His

La rama derecha lo abandona y forma un ángulo de 80° de concavidad inferior, para ir en busca del borde inferior de la banda septal, donde esta se une con la crista supraventricularis.

A partir de aquí cambia su recorrido y deja de ser subendocárdica para profundizarse en el miocardio de la banda septal de 1 mm a 1,5 mm aproximadamente. Dicha región es recorrida por el haz entre el músculo papilar del cono arterial (Luschka) por arriba y los pilares accesorios por debajo; una

vez pasado este desfiladero, vuelve a emerger del miocardio para recorrer lo que queda de banda septal, toma la superficie superior interna de la banda moderadora y, en general, donde esta se bifurca, comienza a subdividirse en dos prolongaciones que denominamos *parietal* y *papilar*.<sup>15</sup>

El trayecto total de la rama derecha puede estar dividido en tres sectores: dos subendocárdicos y uno intramiocárdico interpuesto entre ambos.

Al primero lo denominamos *valvular* por su íntima relación con la válvula tricúspide. Sus límites están comprendidos entre el desprendimiento del tronco del haz de His hasta el punto donde se encuentran las valvas anterior y septal de la tricúspide.

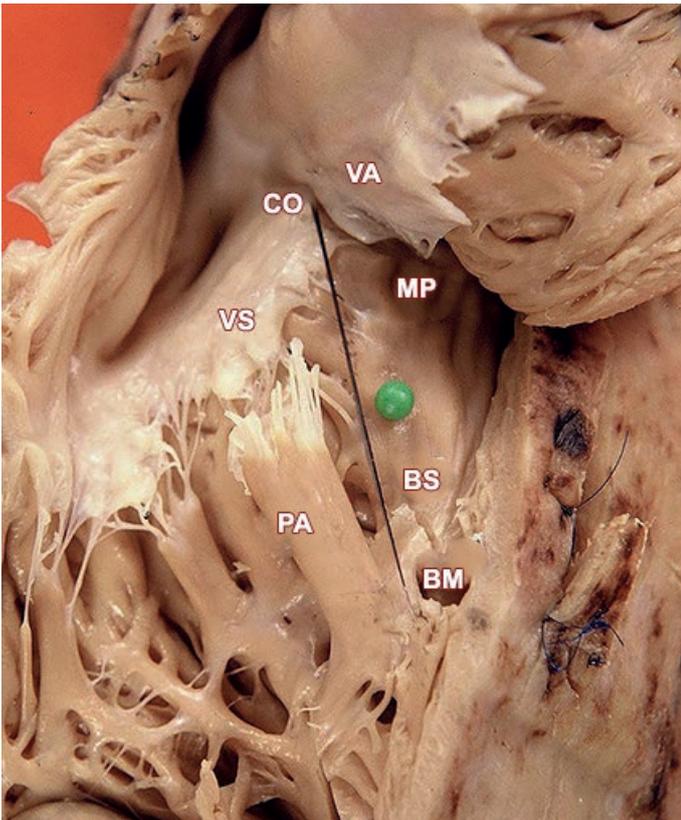
La segunda porción lleva el nombre de *miocardiopapilar*. Esta comprende todo su recorrido intramiocárdico y va desde el punto anterior hasta el doble y/o el triple de distancia (según el tipo de corazón) que exista entre este punto y el pilar del cono arterial.

La tercera porción se denomina septomoderadora y recorre lo que queda de banda septal desde el punto anterior hasta la bifurcación de la banda moderadora (cuando esta bifurcación existe) o hasta la base del músculo papilar anterior dando tres o más ramas.<sup>15</sup>

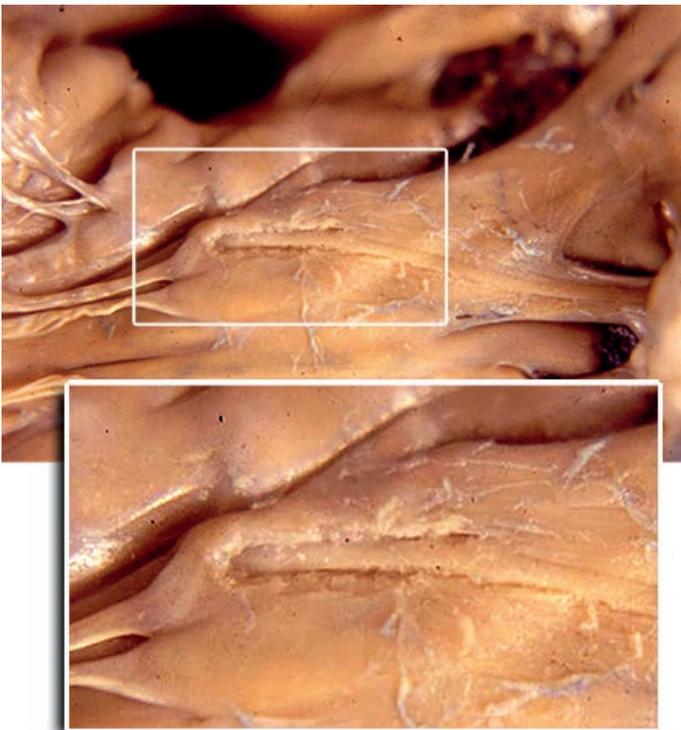
En el preparado anatómico de la **Fig. 9**, se observa el trayecto de la rama derecha. El círculo verde es el punto equidistante entre la comisura intervalvar y el lugar donde se desprende la banda moderadora. Este punto marca el lugar donde la rama derecha deja de ser intramiocárdica para hacerse nuevamente subendocárdica.<sup>19</sup> (Técnica: disección a ojo desnudo de corazón formolizado).

En la **Fig. 10** se muestra el recorrido de la rama derecha por la banda septal y moderadora. Puede observarse que, una vez que sobrepasa los pilares accesorios, se hace superficial y pasa de intramiocárdica a subendocárdica. (Técnica: disección con lupa 10X de corazón formolizado).

*En la ampliación inferior se puede observar el concepto de distinta profundidad que adopta en su recorrido la rama derecha debe ser utilizado para saber qué sector necesita mayor potencia para producir una ablación efectiva o que el sector distal se lesiona más fácilmente con el simple pasaje del catéter.*



**Fig. 9:** CO) Comisura intervalvar. VS) Valva septal. VA) Valva anterior. PA) Pilar anterior. MP) Músculo papilar del cono Lushka. BS) Banda septal. BM) Banda moderadora. La línea negra indica el trayecto de la rama derecha



**Fig. 10:** Recorrido de la rama derecha por la banda septal y moderadora. Abajo detalle ampliado

En la **Fig. 11** se observa la terminación de la rama derecha. Para abajo, se bifurca hacia el pilar anterior (tomado por una pinza) de la válvula tricúspide; para arriba, hacia la pared libre ventricular. (Técnica: disección con lupa 10X de corazón formolizado).



**Fig. 11:** Terminación de la rama derecha

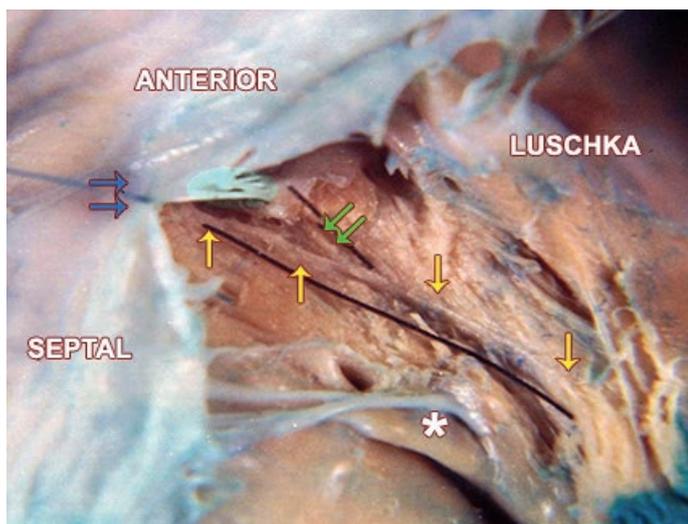
*La rama derecha, dada su ubicación anatómica, es muy fácil de ser dañada, aun durante un estudio electrofisiológico simple, buscando obtener el potencial del haz de His.*

*Habitualmente el daño es reversible, pero suele ser permanente cuando, en ocasiones, se intentan ablacionar vías accesorias de ubicación para hisiana. En otras es el objetivo primario, como el tratamiento de taquicardias ventriculares con mecanismo de reentrada rama-rama.<sup>16</sup>*

#### Variaciones de la rama derecha del haz de His

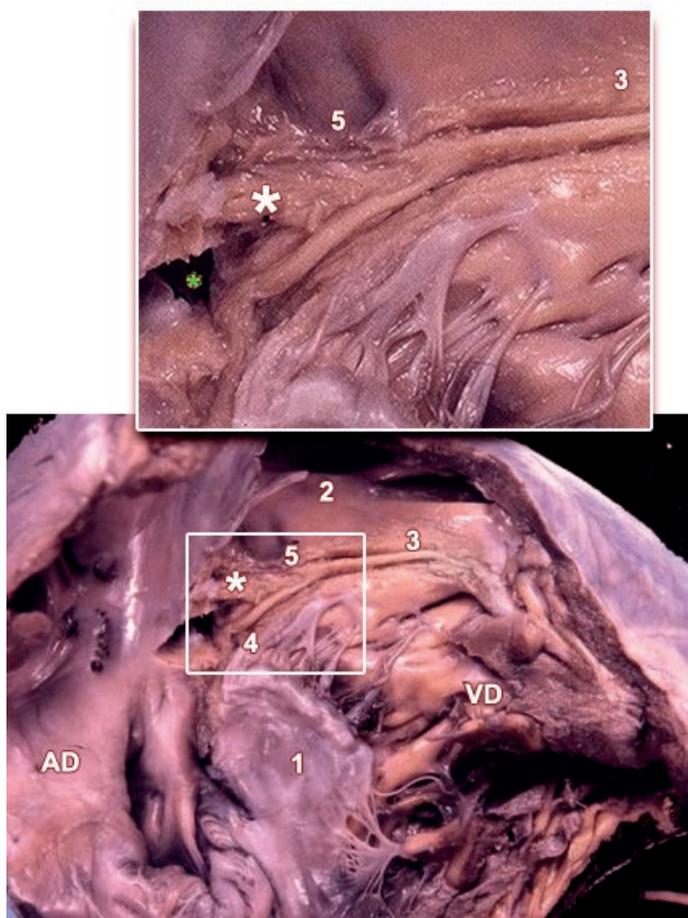
El trayecto de la rama derecha, así como sus pequeñas variaciones en la tetralogía de Fallot y otras comunicaciones interventriculares, es conocido fundamentalmente por los cirujanos cardiovasculares pediátricos a través de dibujos. Es por eso que los bloqueos siguen siendo frecuentes en cirugía cardíaca, particularmente los trastornos de la conducción de la rama derecha.

En la **Fig. 12** se observa el fascículo accesorio de la rama derecha que se dirige al infundíbulo pulmonar y pasa delante del pilar de Luschka. En esta fotografía se aprecia la rama derecha, correctamente situada entre el pilar de Luschka y los pilares septales accesorios. Se visualiza la rama accesoria bien definida desde su morfología (confirmado histológicamente (Técnica: disección con lupa 10X de corazón formolizado, tinción con azul de metileno)).



**Fig. 12:** El asterisco señala los pilares septales accesorios. Las flechas azules señalan la comisura entre la valva anterior y septal de la tricúspide. Las flechas amarillas señalan la rama derecha. Las flechas verdes señalan la rama accesoria

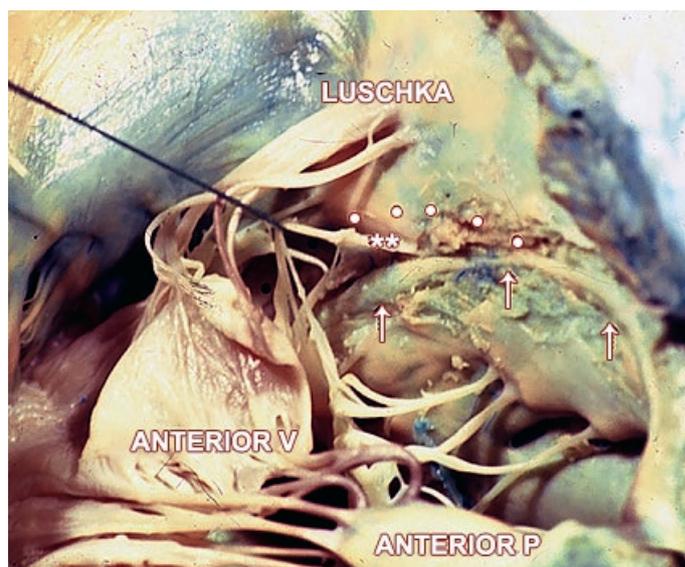
En la **Fig. 13** se observa la Rama accesorio de la rama derecha del haz de His, con variante que pasa por debajo del pilar de Luschkka. (Técnica: disección con lupa 10X de corazón formolizado).



**Fig. 13:** 1) Válvula tricúspide. 2) Tracto de salida del ventrículo derecho. 3) Rama derecha del haz de His. 4) Rama y haz de His, ya "a caballo" entre el septum membranoso y el muscular. 5) Haz que se dirige por debajo del pilar de Luschkka hacia el tracto de salida del ventrículo derecho. VD) Lado derecho del septum muscular. AD) Aurícula derecha. \*) Septum membranoso

En la **Fig. 14** se observa la Rama derecha que transcurre detrás de los papilares septales. Esta variedad tiene importancia a la hora de decidir dónde instalar un parche para el cierre de una comunicación interventricular o colocar un dispositivo Amplatzer®.

Algunos cirujanos creen que la zona posterior a los pilares accesorios es "zona segura" para el emplazamiento de suturas, ya que el sistema de conducción "jamás pasa por detrás de los dichos pilares". Este paradigma quirúrgico debe ser abandonado.



**Fig. 14:** ANTERIOR V) Valva anterior de la válvula tricúspide. ANTERIOR P) Pilar anterior. Los puntos señalan el trayecto "clásico" de la rama derecha. Las flechas señalan la rama derecha. Los asteriscos señalan los pilares septales accesorios

### La rama izquierda del haz de His

Fue descrita por varios autores en forma parcial, aunque Sunao Tawara le dio la entidad anatómica que realmente tiene o que, al menos, pensamos que tiene, si bien desconocía lo que estaba describiendo.

La rama izquierda tiene una forma semejante a la de un abanico (fan like structure de los anglosajones). En la mayoría de los casos, presenta dos ramos: un conjunto de fascículos se dirige hacia el sector anterior del septum y un grueso fascículo, hacia el posterior, y constituyen las ramas anterior y posterior, respectivamente.

La hemirrama anterior es la que –a nuestro criterio– merecería la descripción referida, porque presenta una primera porción en bloque (como la base del abanico) que luego se divide en múltiples ramificaciones de menor tamaño.

En cambio, la hemirrama posterior es un gran fascículo que, como una catarata, se origina desde el haz de His propiamente dicho. Aproximadamente en un 15% de los casos se halla una rama intermedia. Esta es más difícil de caracterizar anatómicamente, puesto que es una emergencia de la hemirrama posterior. En nuestras disecciones no hemos hallado una trifurcación de la rama izquierda.<sup>17</sup>

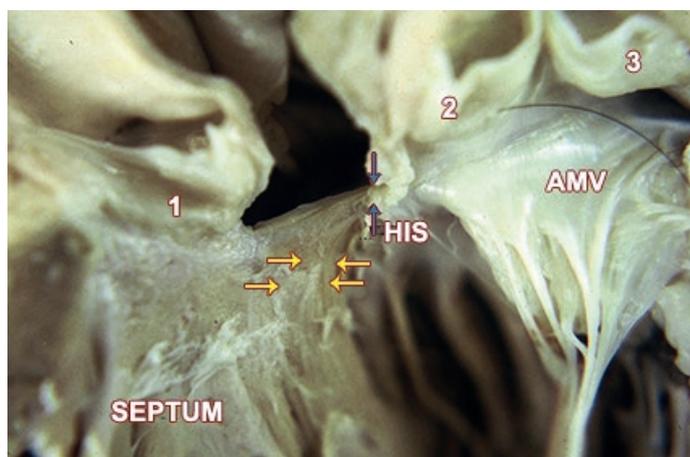
### La relación de la rama izquierda con la válvula aórtica

Basta recordar que el septum membranoso, en su parte más anterior, tiene íntima relación con el haz.

Si el cirujano tomase un punto de sutura por delante del septum membranoso, ¿bloquearía al paciente? Pues la experiencia dice que no. Porque el 80% de los haces de His se hallan totalmente sobre la faz derecha del septum interventricular, y por eso el cirujano tiene más margen para suturar el anillo valvular aórtico sin incurrir en bloqueos aurículo-ventriculares.<sup>18</sup>

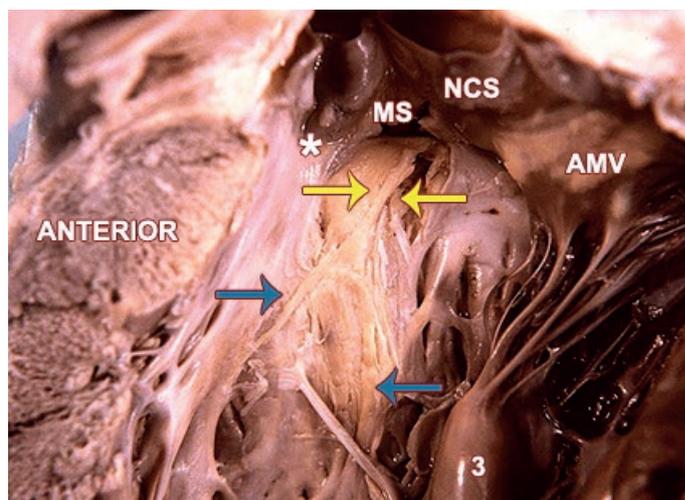
Por la ubicación de la rama izquierda, además, el hemibloqueo posterior aislado y puro es una rareza: para que se manifieste, el tamaño de miocardio necrótico debe ser tan grande o el daño estructural al haz de His tan importante que seguramente el paciente tendrá alguna de las restantes ramas involucradas.

La **Fig. 15** muestra la disposición general de la rama izquierda del haz de His. Se observa cómo hacia la derecha de la fotografía, el septum membranoso se encuentra abierto (Técnica: disección con lupa 10X de corazón formolizado).



**Fig. 15:** 1) Seno coronario derecho o anterior. 2) Seno no coronario. 3) Seno coronario izquierdo. AMV) Valva anterior de la válvula mitral. HIS) Haz de His. Las flechas azules señalan el tronco del haz. Las flechas amarillas señalan la rama izquierda

En la **Fig. 16** el corazón se visualiza desde el ventrículo izquierdo. La rama izquierda se halla, en esta ocasión, como una cinta perfecta. El septum membranoso se ha elevado un poco para poder observar el haz de His, que emite la rama izquierda. En este caso, es un haz perfectamente alineado con el septum, ni a la derecha, ni a la izquierda. (Técnica: disección con lupa 10X de corazón formolizado).



**Fig. 16:** 1) Músculo papilar lateral. 3) Músculo papilar anterior. AMV) Valva anterior de la mitral. NCS) Seno no coronario. MS) Septum membranoso. \*) Seno coronario anterior o derecho, apoyado sobre el septum. Las flechas amarillas señalan la rama izquierda. Las flechas azules señalan la hemirrama anterior y la posterior

*En la transición de esta rama con el sistema de Purkinje suele ubicarse el sustrato de un tipo de arritmia ventricular denominada taquicardia ventricular idiopática sensible al verapamilo. Esta arritmia es pasible de tratamiento por radiofrecuencia; pero no es raro que, cuando la ablación de este sustrato es efectiva, también se involucre a esta rama teniendo como resultado final de la ablación exitosa un hemibloqueo agregado en forma permanente.*

En el humano el haz de His como estructura independiente casi no existe. El haz comienza cuando el nodo a-v se afina, lo hace "a caballo" del septum interventricular, como vimos en las fotografías; pero, casi inmediatamente comienza a emitir fascículos hacia la izquierda, como las hojas de un sauce, que son la hemirrama posterior izquierda. Luego, finalizando, emite la rama derecha y la hemirrama anterior izquierda.

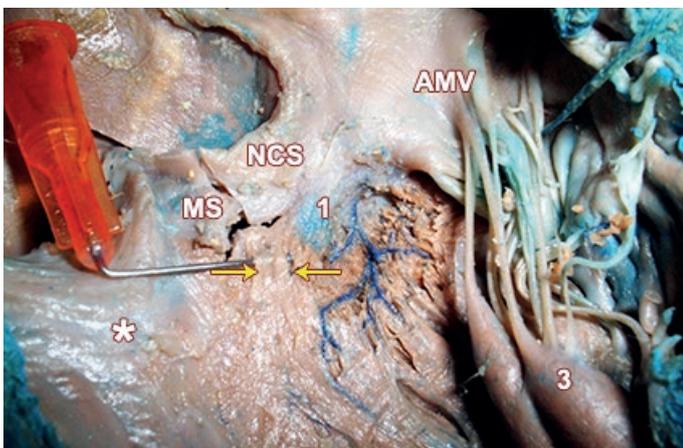
Por supuesto, variedades existen, así como la consabida rama media de la rama izquierda, pero estimamos que, como concepto electrofisiológico, existen dos corrientes eléctricas: una anterior y una posterior.

El estudio y conocimiento anatómico detallado, como así también el electrocardiográfico, llevó a los doctores Rosembaum y Elizari a describir el magistral concepto anatomofuncional de los "hemibloqueos".

Es importante detenernos en este concepto, puesto que en algunas ocasiones se podría diseccionar una "rama intermedia" del haz, pero la realidad marca que una corriente se dirige hacia delante y la otra hacia atrás (en sentido eléctrico) y anatómicamente existen dos segmentos de sistema de conducción del lado izquierdo que hacen exactamente lo mismo.

Otras interpretaciones no han logrado superar la prueba del tiempo como lo ha logrado esta definición.

En la **Fig. 17** se muestra la rama izquierda del haz, cargada sobre una aguja mosquito. Se ha extraído el músculo subaórtico para visualizar la vascularización. Puede observarse cómo el haz de His otorga continuamente ramas hacia la "rama" propiamente dicha (fan like structure de los anglosajones). Este es el sitio en donde, si se desea, se puede ampliar el anillo aórtico o reseccionar el septum con total seguridad, desde el nadir del seno coronario derecho hacia el izquierdo. La posibilidad de lesionar el sistema de conducción es casi inexistente. (Técnica: disección con lupa 10X de corazón formalizado, tinción con Butaclor).



**Fig. 17:** 1) Músculo subaórtico extraído. 3) Músculo papilar anterior de la válvula mitral. AMV) Valva anterior de la válvula mitral. NCS) Seno no coronario. MS) Septum membranoso. \*) Seno coronario anterior o derecho aórtico, alejado del sistema de conducción. Las flechas amarillas señalan la hemirrama posterior

*Buscado el sitio de estimulación definitiva ideal, se ha demostrado que realizando la misma desde la cercanía del tronco del haz de His se produce una estimulación más fisiológica, casi equiparable a la normal, en contraposición a la estimulación definitiva desde el ápex de ventrículo derecho. Actualmente existen estu-*

*dios multicéntricos tendientes a demostrar que la estimulación desde el tronco del haz de His sería el sitio de elección para el implante de marcapasos para pacientes con bloqueos cardíacos completos.*

## Discusión

Para el tratamiento de las arritmias cardíacas, es necesario un profundo conocimiento anatómico, el cual se halla detallado en esta presentación.

Tal vez lo más notable de estas páginas es la desmitificación de la existencia del haz de His como entidad anatómica de largo considerable, dado que la rama izquierda prácticamente comienza a originarse desde el inicio del mismo, circunstancia diferente a la de los unguilados y los cánidos, modelos habituales del estudio del sistema de conducción.

Hemos jerarquizado como una entidad de cuyo conocimiento anatómico se debe tener la mayor precisión puesto que no solo está en relación íntima con los elementos del sistema de conducción sino que el mismo es utilizado como vía del tratamiento o anclaje de catéteres.

Baste recordar que los autores hemos hecho hincapié en la zona del istmos desde el punto de vista morfológico y no microscópico, puesto que, al electrofisiólogo le interesa sobremanera ubicarse espacialmente.

Es por este motivo que no se han incluido fotografías del sistema de conducción desde el punto de vista histológico o inmunocitoquímico, ni nombrado a las conexinas, los neurofilamentos y otros elementos del sistema que no hacen a la anatomía del mismo.

Si bien los autores tienen extensa experiencia en marcar al sistema de conducción con anticuerpos, consideramos que excedía los límites impuestos por el título. Por este motivo, se detallan las vías internodales y los inputs del nodo AV sólo si se ven, como corresponde a la anatomía.

Las limitaciones del presente trabajo se hallan en que no hemos podido diseccionar haces de Kent o haces anómalos, puesto que en los más de 1000 corazones humanos en los que hemos trabajado no tuvimos la suerte –o no supimos identificar– tales haces durante la disección con lupa de 10 y 20X, por lo que podemos aseverar que estos circuitos eléctricos están formados por canales preferenciales de células que se activan electrofisiológicamente y que solo pueden ser identificados eléctricamente in vivo.

## Conclusiones

Existen ejemplos en donde la medicina y la investigación se unen y generan un golpe de timón en el campo que investigan. Lo generó Sunao Tawara al describir el nodo aurículo-ventricular y la rama derecha, y reconocer sus limitaciones en la descripción de la rama izquierda. De la misma manera, Keith y Flack, con el nódulo sinusal, y Rosebaum y Elizari, con la rama izquierda.

Desde ese entonces, el conocimiento anatómico del sistema de conducción aguardó el desarrollo de la tecnología para ser aplicado. Marcapasos, tratamiento de diferentes arritmias, sistemas de estimulación para resincronizar las distintas cavidades, todo esto es posible gracias al desarrollo de la tecnología desde la década del 60.

Hoy día se realizan miles de ablaciones del haz de His, de los haces anómalos, de los haces musculares del miocardio de trabajo (como el haz de Kent), ablaciones directas del nodo, ramas del haz, estimulación selectiva de cavidades, etc... Pero todo esto siempre acompañado con el conocimiento anatómico avanzado.

En esta presentación se ha mostrado, el sistema de conducción con sus variaciones anatómicas. Tratando de generar un nuevo aporte al entendimiento de la anatomía del sistema cardionector y el seno coronario para que este mismo pueda ser aplicado al tratamiento de las distintas patologías que lo afectan.

## Referencias

1. Abuin, G.; Barceló, A.; Cichero, F. *El ABC del corazón*. Buenos Aires, Carlos F. Cichero Editor, 2010.
2. Berdajs, D.; Patonay, L.; Turina, M.I. *The clinical anatomy of the sinus node artery*, en *Ann Thorac Surg* 2003; 76:732-735.
3. Anderson, K.R.; Ho, S.Y.; Anderson, R.H. *Location and vascular supply of sinus node in human heart*, en *Br Heart J* 1979; 41:28-32.
4. Arid, J.M.; Armstrong, O.; Rogez, J.M.; Robert, R.; Lardoux, M.C.; Leborgne, J. *Arterial vascularisation of the atrioventricular node*, en *Surg Radiol Anat* 2000;22(2):93-96.
5. Cabrol, C.; Christides, C. *Vascularisation des noeuds sino-auriculaire et atrio-ventriculaire*, en *Arch Mal Coeur* 1975; 12: 1237-1242.
6. James, T.N. *Anatomy of the coronary arteries*. Paul B. Hoeber, Inc, New York, 1971.
7. Ho, S.Y.; Anderson, R.H.; Sánchez-Quintana, D. *Atrial structure and fibres: morphologic bases of atrial conduction*, en *Cardiovasc Res* 2002, 54:325-336.
8. Barceló, A., De La Fuente, L.M. and Stertz, S.H., *Anatomic and Histologic Review of the Coronary Sinus*, en *Int. J. Morphol* 2004, 22(4):331-8.
9. Hellerstein, H.K.; Orbison, J.L.; *Anatomic variations of the orifice of the human coronary sinus*, en *Circulation* 1951, 3:514-523.
10. Torres, F.; Rossari Pandini, L.; Picchio, E.; Barceló, A.; Cichero, F. *Válvula sinus coronaria: ¿una dificultad para el cateterismo del seno coronario?*, en XLVI Congreso Argentino de Anatomía, Corrientes, Argentina, septiembre 2009.
11. Anderson, K.R.; Murphy, J.G. *The atrio-ventricular node artery in the human heart*, en *Angiology* 1983;34(11):711-716.
12. Cichero, F.; Abuin, G.; Guardo, S. *Variaciones anatómicas en el trayecto y relaciones de la rama derecha del Haz de His*, en Actas XXVII Congreso de la Asociación Rioplatense de Anatomía 1989, La Plata.
13. Abuin, G.; Barceló, A.; Cichero, F.; Shimji, K.; Perel, A.; Del Río, L. *By-pass a la primera septal. Justificación anatómica y coronariográfica*, en Actas XXVIII Congreso de la Asociación Rioplatense de Anatomía 1990, Rosario.
14. Godin, M. et.al. *American Journal of Cardiology* 106 issue 5;707-712 1º sept. 2010.
15. Cichero, F.; Abuin, G.; Guardo, S. *Variaciones anatómicas en el trayecto y relaciones de la rama derecha del Haz de His*, en Actas XXVII Congreso de la Asociación Rioplatense de Anatomía 1989, La Plata.
16. Marchlinski, F.E.; Leong-Sit, P. *Learning before burning: The importance of anatomy to the electrophysiologist*, en *Heart Rhythm* 2009; 6:1199-1201.
17. Abuin, G.; Nieponice, A. *New findings on the origin of the blood supply to the atrioventricular node: clinical and surgical significance*, en *Tex Heart Inst J* 1998; 25(2):113-117.
18. Cichero, F.; Abuin, G.; Barceló, A.; Gallo, G.; Guardo, S. *Variaciones anatómicas de la región septovalvulomembranosa cardíaca*, en Actas XXIX Congreso de la Asociación Rioplatense de Anatomía, ob. cit.



## Agnesia parcial del arco posterior del atlas. Reporte de caso

### Posterior arch of the atlas agenesis. Case report



CHILE

Roa, Ignacio<sup>1-2-3</sup>

Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Talca (UTALCA) Talca - Chile

E-mail de autor: Ignacio Roa [iroa@utalca.cl](mailto:iroa@utalca.cl)

<sup>1</sup>Unidad de Morfología, Departamento de Ciencias Básicas Biomédicas, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Talca, Chile

<sup>2</sup>Programa de Doctorado en Ciencias Morfológicas, Facultad de Medicina, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile

<sup>3</sup>Becario CONICYT-PCHA / Doctorado Nacional / 2015-21150235

#### Resumen

Las anomalías congénitas del arco posterior del atlas son anomalías poco frecuentes, pudiendo variar desde simples hendiduras a la ausencia total de éste. A menudo pasa desapercibida en pacientes asintomáticos en los cuales se diagnostica de forma casual mediante técnicas de imagen.

El objetivo fue describir las anomalías congénitas del arco posterior a partir de un reporte de caso una de agnesia parcial del arco posterior del atlas, en una vértebra de la colección del Laboratorio de Morfología de la Universidad de Talca, Chile.

Los casos aislados de agnesia parcial del atlas se consideran variaciones benignas, sin ninguna significancia clínica o patológica, las cuales son detectados principalmente mediante exámenes Imaginológicos de rutina.

Sin embargo, cada vez hay más pruebas de que pueden producir síntomas neurológicos posterior a un traumatismo cervical menor. El conocimiento de esta variación debe ser considerada, pudiendo ayudar a los clínicos en el correcto diagnóstico.

**Palabras Clave:** atlas, agnesia, arco posterior

#### Abstract

*The congenital anomalies of the posterior arch of the atlas are rare anomalies, being able to vary from simple slits to the total absence of this one. It often goes unnoticed in asymptomatic patients in whom it is diagnosed casually using imaging techniques. The objective was to describe the congenital anomalies of the posterior arch from a case report one of partial agenesis of the posterior arch of the atlas, in a vertebra from the collection of the Laboratory of Morphology of the University of Talca, Chile.*

*Isolated cases of partial agenesis of the atlas are considered benign variations, without any clinical or pathological significance, which are detected mainly by routine Imaginological examinations.*

*However, there is increasing evidence that they can produce neurological symptoms following minor cervical trauma.*

*The knowledge of this variation must be considered, being able to help the clinicians in the correct diagnosis.*

**Keywords:** atlas, agenesis, posterior arch.

## Introducción

La agnesia del arco posterior del atlas (AP) es una anomalía que se presenta con poca frecuencia, pasando a menudo desapercibida en pacientes asintomáticos, en los cuales se diagnostica de forma casual mediante técnicas de imagen.<sup>1-2</sup>

Si bien en la mayoría de los casos es asintomática, puede presentar otras alteraciones y estar asociada con inestabilidad atlantoaxial y déficits neurológicos.<sup>3</sup>

Esta anomalía consiste en un defecto de osificación del AP durante la condrogénesis, hecho que en condiciones normales ocurre entre el tercer y el quinto año de vida.<sup>4-5</sup> El defecto de cierre puede limitarse a defectos parciales o bien afectar a todo el arco y tubérculo dorsal constituyendo una agnesia completa.<sup>6</sup>

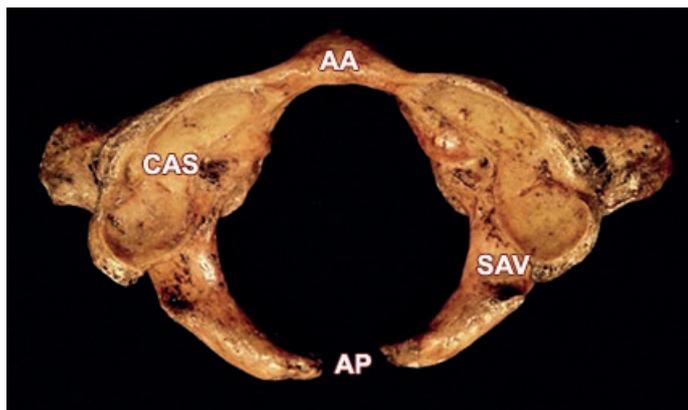
Las variaciones en la región cervical pueden presentar di-

versas características clínicas que pueden variar desde dolor leve de cuello, dolor de cabeza, vértigo, zumbido de oídos a síntomas neurológicos en función del grado de variación.

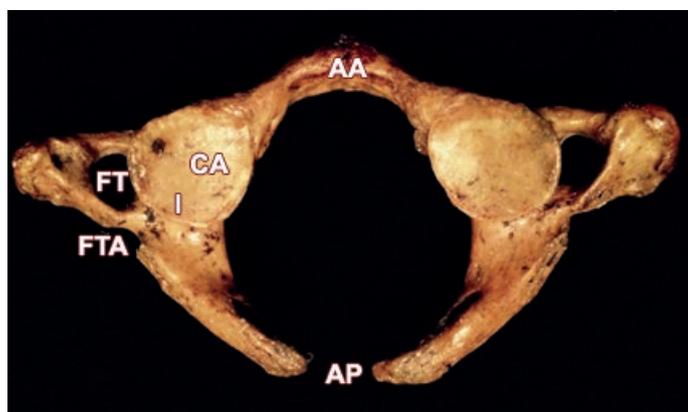
Las aplasias y hendiduras del arco posterior del atlas son variaciones anatómicas raras<sup>7</sup> y pueden confundirse con fracturas en los pacientes que han sufrido lesiones de la columna cervical,<sup>8</sup> por lo cual su conocimiento es importante por parte del clínico, para tal objetivo presentamos un reporte de caso de una displasia parcial del arco posterior del atlas.

## Reporte de caso

Al estudiar un total de 21 vértebras (atlas) secas, adultas, de sexo y edad desconocida, de la colección de la Unidad de Morfología, del Depto. de Ciencias Básicas Biomédicas de la Universidad de Talca, Chile, se observó la deficiencia parcial del AP de una de ellas. (**ver Figs. 1 y 2**)



**Fig. 1:** Cara superior de la vértebra atlas con la agenesia mediana en el arco posterior (AP). AA: Arco anterior; CAS: Cara articular superior; SAV: Surco para la arteria vertebral; FLECHA: Agenesia parcial en el arco posterior



**Fig. 2:** Cara inferior de la vértebra atlas con la agenesia mediana en el arco posterior (AP). AA: Arco anterior; FT: Foramen transverso; FTA: Foramen transverso accesorio a modo de hendidura; CAI: Cara articular inferior; FLECHA: agenesia parcial en el arco posterior

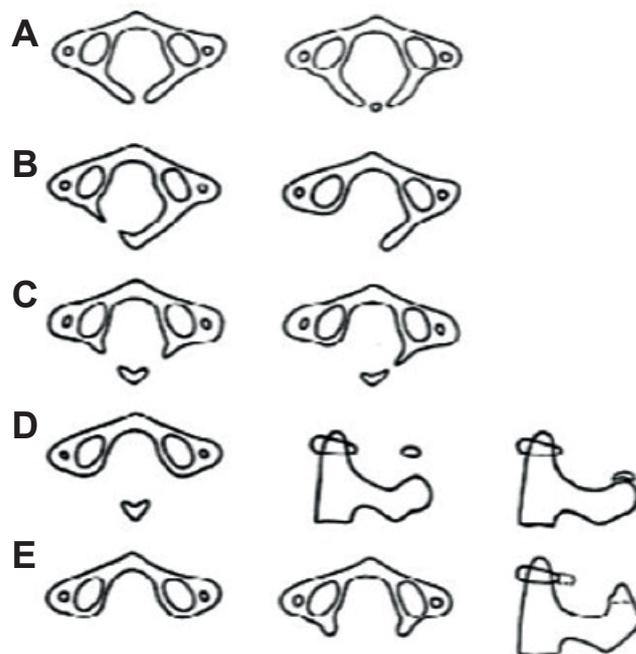
Esta vertebra presentó una alteración en el cierre del AP, en la línea mediana. Los extremos de las porciones del arco no fusionado se presentaron redondeados. Según la clasificación clásica de Currarino et al. (9), presentó el tipo A y tipo III de Izaki et al.<sup>10</sup> (Figs. 3 y 4)

Al análisis del resto de los componentes de la vertebra, esta presentó forámenes transversos accesorios a modo de hendidura bilaterales, no se observó alguna otra alteración en torno al arco anterior así como en carillas articulares.

## Discusión

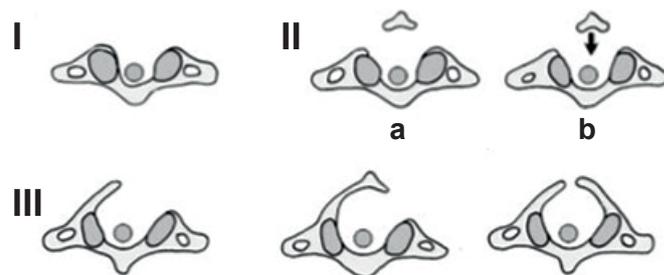
El desarrollo del atlas comienza a partir de tres centros de osificación: uno para el tubérculo anterior y dos para las masas laterales.<sup>11</sup>

Específicamente la osificación del arco posterior inicia durante la séptima semana de la vida intrauterina procedente desde los centros ubicados en las masas laterales, los cuales se extenderán dorsalmente, hasta encontrarse en la línea



Tipo	Definición
A	Falta de la fusión de la línea mediana posterior, quedando una pequeña brecha
B	Fisura Unilateral
C	Fisura Bilateral
D	Ausencia del arco posterior con persistencia del tubérculo posterior
E	Ausencia del arco posterior y tubérculo posterior

**Fig. 3 y Tabla I:** Clasificación de anomalías congénitas del arco posterior del atlas según Currarino et al. (1994)



Tipo	Definición
Tipo I	Aplasia completa
Tipo II a	Aplasia parcial con el fragmento posterior aislado inmóvil
Tipo II b	Aplasia parcial con el fragmento posterior aislado móvil
Tipo III	Aplasia parcial sin el fragmento posterior aislado

**Fig. 4 y Tabla II:** Clasificación desde un punto de vista clínico según Izaki et al. (2009)

mediana, dejando una zona cartilaginosa de unos milímetros, la cual se osificará de manera completa entre los 3 y 5 años de edad.<sup>12-3-4</sup>

Las causas de estas anomalías son desconocidas, aunque factores hereditarios podrían contribuir en estos casos.

Si bien la incidencia familiar es incierta, Motateanu et al.<sup>13</sup> y Currarino et al.<sup>9</sup> describen el mismo trastorno en una madre y su hija y en una madre y su hijo respectivamente, lo cual nos indica una posible herencia autosómica dominante.

Actualmente se ha descrito a PAX9 como el gen responsable de la proliferación de las células en esta región, además varios defectos de arco anterior podrían ser causados por la eliminación o mutación del PAX1 en mayor o menor grado,<sup>14</sup> encontrándose asociado a síndromes tales como Klippel-Feil y Arnold-Chiari,<sup>15</sup> además de Down y Turner<sup>16</sup> o al síndrome de Möbius.<sup>17</sup>

Estas alteraciones pueden variar desde defectos moderados (hendiduras medianas, uni o bilaterales) a ausencia en la formación de todo el arco.<sup>9</sup>

La hipoplasia del arco posterior del atlas es una anomalía poco frecuente, variable en extensión, localización y tamaño<sup>3</sup> que tiene una incidencia variable, desde un 0,95%,<sup>18</sup> 3,35%,<sup>19</sup> hasta 3,8%.<sup>20</sup>

La mayoría de las ocasiones, estas anomalías son descubiertas casualmente en sujetos asintomáticos mediante examen de rayos X de columna cervical, posterior a lesiones leves.<sup>8</sup>

La exploración radiológica de pacientes con sospecha de anomalías del desarrollo pueden incluir radiografías simples y TC.<sup>21</sup>

La reconstrucción 2D o 3D, podrían mostrar de mejor manera la zona columna cervical superior, en donde una fisura en la línea media del arco anterior del atlas o una hendidura u osificación incompleta pueden simular una fractura en las radiografías simples.<sup>22</sup>

Estas anomalías se deben a tener en cuenta para evitar interpretaciones erróneas como fracturas, luxaciones o osteolisis. Pudiendo también simular invaginación basilar, fractura de Jefferson y occipitalización del atlas.<sup>7-23-24</sup>

Otras anomalías coexistentes, incluyen hendiduras de arco anterior, subluxación atlantoaxoidea rotatoria, os odontoides y mielopatía cervical.<sup>3-16-25-26-27</sup>

## Conclusión

La región superior de la columna cervical, debido a su complicada estructura y desarrollo se presenta como una zona altamente vulnerable a las variantes del desarrollo tanto esquelético como nervioso.

Las agnesias y hendiduras del arco posterior del atlas son variaciones anatómicas raras y pueden confundirse con fracturas en los pacientes que han sufrido lesiones de la columna cervical.

El conocimiento de esta variación es crucial, ya que puede ayudar a los médicos en el correcta abordaje de sujetos que presentan esta anomalía, permitiendo una efectiva resolución de los síntomas.

## Referencias

1. Choi, J.W.; Jeong, J.H.; Moon, S.M.; Hwang, H.S. *Congenital cleft of anterior arch and partial aplasia of the posterior arch of the C1*. J Korean Neurosurg Soc 2011; 49(3):178-181.
2. Sabuncuoglu, H.; Ozdogan, S.; Karadag, D.; Kaynak, E.T. *Congenital hypoplasia of the posterior arch of the atlas: case report and extensive review of the literature*. Turk Neurosurg 2011; 21(1):97-103.
3. Phan, N.; Marras, C.; Midha, R.; Rowed, D. *Cervical myelopathy caused by hypoplasia of the atlas: two case reports and review of the literature*. Neurosurgery 1998; 43(3):629-633.
4. Klimo, P.Jr.; Blumenthal, D.T.; Couldwell, W.T. *Congenital partial aplasia of the posterior arch of the atlas causing myelopathy: case report and review of the literature*. Spine (Phila Pa 1976) 2003; 28(12):E224-228.
5. Corominas, L.; Masrouha, K.Z. *Congenital absence of the posterior arch of the atlas associated with a fracture of the anterior arch*. J Bone Joint Surg Br 2010; 92(9):1300-1302.
6. Sanchis-Gimeno, J.A.; Aparicio, L. *Posterior arch defect in a dry atlas*. Eur Spine J 2011; 20(9):1574-1575.
7. Menezes, A.H.; Van Gilder, J.C. *Anomalies of the craniovertebral junction*. In: Youmans J.R., ed. Neurological Surgery. 3rd ed. WB. Saunders, Philadelphia, 1990.
8. Hosalkar, H.S.; Gerardi, J.A.; Shaw, B.A. *Combined asymptomatic congenital anterior and posterior deficiency of the atlas*. Pediatr Radiol 2001; 31(11):810-813.
9. Currarino, G.; Rollins, N.; Diehl, J.T. *Congenital defects of the posterior arch of the atlas: a report of seven cases including an affected mother and son*. AJNR Am J Neuroradiol 1994; 15(2):249-254.
10. Izaki, T.; Shiota, E.; Zhang, J. *Aplasia of the posterior arch of the atlas: a proposal for a new clinical classification*. Med. Bull. Fukuoka Univ 2009; 36(1):11-16.
11. Paksu, D.; Katonis, P.; Karantanas, A.; Hadjipavlou, A. *Congenital posterior atlas defect associated with anterior rachischisis and early cervical degenerative disc disease: A case study and review of the literature*. Acta Orthop Belg 2007; 73(2):282-285.
12. Duong D.H.; Chadduck W.M. *Reconstruction of the hypoplastic posterior arch of the atlas with calvarial bone grafts for posterior atlantoaxial fusion: technical report*. Neurosurgery 1994; 35(6):1168-1170.

13. Motateanu, M.; Gudinchet, F.; Sarraj H.; Schnyder P. Case report 665. *Congenital absence of posterior arch of atlas*. Skeletal Radiol 1991; 20(2):231-232.
14. Peters, H.; Wilm, B.; Sakai, N.; Imai, K.; Maas, R.; Balling, R. *Pax1 and Pax9 synergistically regulate vertebral column*. Development 1999; 126(23):5399-5409.
15. Schulze, P.J.; Buurman, R. *Absence of the posterior arch of the atlas*. AJR Am J Roentgenol 1980; 134(1):178-180.
16. Martich, V.; Ben-Ami, T.; Yousefzadeh, D.K.; Roizen, N.J. *Hypoplastic posterior arch of C-1 in children with Down syndrome: a double jeopardy*. Radiology 1992; 183(1):125-128.
17. Kaissi, A. A.; Grill, F.; Safi, H.; Ghachem, M. B.; Chehida, F. B.; Klaushofer, K. *Cranio-cervical junction malformation in a child with Oromandibular-limb hypogenesis-Möbius syndrome*. Orphanet J Rare Dis 2007; 2:2.
18. Kwon, J.K.; Kim, M.S.; Lee, G. J. *The incidence and clinical implications of congenital defects of atlantal arch*. J Korean Neurosurg Soc 2009; 46(6):522-527.
19. Senoglu, M.; Safavi-Abbasi, S.; Theodore, N.; Bambakidis, N.C.; Crawford, N.R.; Sonntag, V.K. *The frequency and clinical significance of congenital defects of the posterior and anterior arch of the atlas*. J Neurosurg Spine 2007; 7(4):399-402.
20. Guenkel, S.; Schlaepfer, S.; Gordic, S.; Wanner, G.A.; Simmen, H-P.; Werner, C.M.L. *Incidence and variants of posterior arch defects of the atlas vertebra*. *Radiology Research and Practice*, 2013.
21. Dorne, H.L.; Lander, P. H. *CT Recognition of anomalies of the posterior arch of the atlas vertebra: differentiation from fracture*. AJNR Am J Neuroradiol 1986; 7(1):176-177.
22. Hierholzer, J.; Isalberti, M.; Hosten, N.; Stroszczyński, C.; Gandini, G.; Felix, R. *A rare, complex developmental anomaly of the atlas: embryological and radiological considerations*. Neuroradiology 1999; 41(12):901-903.
23. Smoker, W.R. *Craniovertebral junction: Normal anatomy, craniometry and congenital anomalies*. Radiographics 1994; 14(2):255-277.
24. Torriani, M.; Lourenço, G.J.L. *Agenesia do arco posterior do atlas*. Rev. Hosp. Clín. Fac. Med. S. Paulo 2002; 57(2):73-76.
25. Lee, H-C.; Hsieh, P-C.; Cho, D-Y. *Atlas hypoplasia combined with atlantoaxial subluxation is a cause of non-traumatic cervical myelopathy*. Mid Taiwan J Med 2003;8:99-104.
26. Ogata, T.; Morino, T.; Hino, M.; Miura, H. *Cervical myelopathy caused by atlantoaxial instability in a patient with an os odontoideum and total aplasia of the posterior arch of the atlas: a case report*. J Med Case Rep 2012, 6:171.
27. Prahalladu, P.; Nagamani, M.; Lakshmi Kumari, K.; Vijaya Babu, P.V.S.S.; Mahapatro, A. *Congenital absence of posterior arch of atlas with atlantoaxial subluxation-a case report*. IOSR Journal of Dental and Medical Sciences 2015;14(5):26-28.



## Anatomía comparada de los músculos supinador y pronador redondo de tres especies carnívoras silvestres

### Comparative anatomy of the supinator and pronator round muscles of three wild carnivorous species



Ganador Premio "Foro de Estudiantes 2015"

Silva, Manuela F. M.; Souza, Wilson V.; Almada, Rita M. F.; Carvalho, Amarilis D.; Souza Júnior, Paulo

Laboratório de Anatomia Animal, Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)  
Rodovia, Uruguaiana - Brasil

E-mail de autor: Manuela Fagundes Marinho Silva [manuela\\_fagundes@hotmail.com](mailto:manuela_fagundes@hotmail.com)

#### Resumen

Estudios sobre la miología del miembro torácico son importantes debido a que sus estructuras pueden variar de acuerdo con la especie y función de estos en la misma. Este estudio tuvo como objetivo analizar la presencia y comparar características cualitativas y cuantitativas de los músculos supinador y pronador redondo en tres especies de carnívoros silvestres: *Lycalopex gymnocercus* (zorro de campo), *Cerdocyon thous* (perro zorro) y *Procyon cancrivorus* (mapache lavador).

Para esto se hizo la disección de 66 miembros torácicos fijados en formaldehído. Después de identificar la presencia, el origen e inserción de los músculos, se realizaron las mediciones de la longitud de los músculos, la longitud del antebrazo, la anchura lateromedial de los músculos y la circunferencia del antebrazo para establecer comparaciones de proporciones de los músculos en relación con los antebrazos y entre especies.

El músculo supinador tuvo su origen en el epicóndilo lateral del húmero y se insertó en el tercio medio del radio y el músculo pronador redondo se originó en el epicóndilo medial del húmero y tenía inserción más distal en comparación con el músculo supinador también en el tercio medio del radio.

Los dos músculos fueron identificados en las tres especies con puntos de origen e inserción similares a los descriptos para carnívoros domésticos.

Las mediciones revelaron que el músculo pronador redondo es proporcional y significativamente ( $p < 0,01$ ) más largo y ancho en *Procyon cancrivorus*. El músculo supinador es significativamente más largo en *Cerdocyon thous* más ancho en *Procyon cancrivorus* ( $p < 0,01$ ). No hubo diferencia antimétrica significativa ( $p > 0,05$ ).

Las dimensiones y proporciones de ambos músculos fueron más parecidas en *Lycalopex gymnocercus* y *Cerdocyon thous*, posiblemente por el repertorio de movimientos más similar y por la proximidad filogenética entre las dos especies.

Se concluyó que los músculos supinador y pronador redondo tienen mayor relevancia funcional para el *Procyon cancrivorus* debido al movimiento de rotación del antebrazo de esta especie ser más desarrollado.

**Palabras clave:** cánidos; miología; prociónidos; pronación; supinación

#### Abstract

Studies about forelimb myology are important because its structures vary according to the species and the usage of the limbs. This study aimed to analyze the presence and compare qualitatively and quantitatively the characteristics of the supinator and pronator teres muscles in three wild carnivores species: *Lycalopex gymnocercus* (Pampas fox), *Cerdocyon thous* (crab-eating fox) and *Procyon cancrivorus* (crab-eating racoon).

In order to do this, dissections of sixty-six forelimbs fixed in formaldehyde were done. After identification of muscles, measurements of the length of the muscles, the forearm length, lateral-medial muscle width and circumference of the forearm were taken to compare the proportions of the muscles in relation to the forearm and between species.

The supinator muscle arose from the lateral epicondyle of the humerus and it was inserted in the middle third of the radio and the pronator teres muscle originated in the medial epicondyle of the humerus and had more distal insertion compared to the supinator muscle, also in the middle third of the radio.

Both muscles occurred in the three species with bone points of origin and insertion identical as described for domestic carnivores. The measurements revealed pronator teres is proportionally and significantly longer and wider in *Procyon cancrivorus* ( $p < 0.01$ ). The supinator muscle is significantly longer in *Cerdocyon thous* but wider in *Procyon cancrivorus* ( $p < 0.01$ ). There weren't differences between antimers ( $p < 0.05$ ).

The size and proportion of both muscle were closely related in *Lycalopex gymnocercus* and *Cerdocyon thous*, possibly because the movements of its forelimbs are more similar and by phylogenetic proximity.

It was concluded that supinator and pronator teres muscles are functionally more relevant to *Procyon cancrivorus* because this species has a more developed ability and necessity to rotate the antibrachium.

**Keywords:** canids, myology; procyonids; pronation; supination

## Introducción

El miembro torácico tiene importancia no solamente para locomoción, sino también en el auxilio en la captura de los alimentos y para el apareamiento. Sus características varían de acuerdo a sus hábitos de vida natural de cada especie y de acuerdo a la necesidad de utilizar su miembro.<sup>1-2</sup>

Estudios de miología son fundamentales para el entendimiento de anatomía funcional de los miembros torácicos en relación a la locomoción, capacidad de agarrar la presa y habilidad manual de las especies.<sup>2-3</sup>

En general, todos los mamíferos poseen músculos con función de pronación y supinación, pero estos pueden estar ausentes dependiendo de los movimientos necesarios para cada especie.<sup>4</sup>

En carnívoros domésticos, el músculo supinador es pequeño y fusiforme, con localización profunda a los músculos extensores del antebrazo.<sup>4</sup> Se origina en el epicóndilo lateral del húmero e inserción craneal en la parte proximal del radio (5,6).

El músculo pronador redondo es fino y alargado, se origina en el epicóndilo medial del húmero y se inserta cranealmente en la parte proximal del radio.<sup>4-6</sup>

El *Lycalopex gymnocercus* (G. Fischer, 1814), conocido por zorro del campo habita en el Cono Sur de América del Sur, ocupando principalmente el Chaco, el Monte Argentino y las regiones del Pampa, incluso las provincias de la Rioja y Mendoza.<sup>7-8</sup> Posee picos de actividad nocturna y diurna, por eso son más activos durante el día en áreas simpátricas con predominio nocturno *Cerdocyon thous*.<sup>9</sup>

El *Cerdocyon thous* (Linnaeus, 1766), conocido como perro del monte (Perro-zorro, Lobo, Perro de Monte) es el cánido brasileiro más conocido. Esta ampliamente distribuido en América del Sur (excluyendo la cuenca del Amazonas), desde el norte de Colombia hasta el norte de Argentina. Se distribuyen desde las costas hasta regiones montañosas (hasta 3000 m).<sup>10</sup> Habita áreas abiertas como campos y sabanas.

Tanto el *Lycalopex gymnocercus* como el *Cerdocyon thous* pertenecen a la familia Canidae. El *Procyon cancrivorus* (G. [Baron] Cuvier, 1798) pertenece a la familia Procyonidae y es conocido como mano-pelada (Mapache Lavador, Cangrejera o Mayuato). Vive en toda América Latina, desde el este de Costa Rica y Perú hasta el Uruguay en las áreas florestales asociadas a cuerpos de agua.<sup>11</sup> Con hábitos principalmente nocturnos, son buenos escaladores y nadadores.<sup>12-13</sup>

El objetivo fue investigar la presencia y comparar las características cualitativas y cuantitativas de los músculos supinador y pronador redondo en tres especies de carnívoras silvestres mencionadas.

## Materiales y métodos

Fueron estudiados sesenta y seis miembros torácicos: *Lycalopex gymnocercus* (once miembros de machos y ocho de hembras), *Cerdocyon thous* (doce miembros de macho y veinticinco de hembras). *Procyon cancrivorus* (cuatro miembros de macho y seis de hembra).

Los cadáveres fueron recogidos muertos en rutas del bioma Pampa (autorización SISBIO N° 33667) y fijados con inyecciones subcutáneas, intramusculares e intracavitarias de formaldehído a 50% e inmersos en piletas con la misma solución a 10%.

Después, de aproximadamente 14 días de fijación, fue retirada la piel, la fascia superficial y la fascia antebraquial para exponer los músculos del antebrazo.

Los músculos extensores radial del carpo y extensor común de los dedos fueron levantados y rebatidos medialmente para que se pudieran observar el origen y la inserción del músculo supinador.

Para exponer el músculo pronador redondo se alejó el músculo extensor radial del carpo lateralmente.

Después de la identificación de los músculos y de sus respectivos puntos de origen e inserción, las siguientes medidas fueron realizadas: la longitud del músculo supinador desde el origen en el epicóndilo lateral del húmero hasta la inserción en el tercio medio del radio (**CMS**); longitud del músculo pronador redondo desde el origen en el epicóndilo medial del húmero hasta la inserción en el tercio medio del radio (**CMP**); el ancho lateral-medial de los músculos supinador (**LMS**) y el pronador redondo (**LMP**) a nivel de sus tercios medios; longitud del antebrazo desde el epicóndilo lateral del húmero hasta el proceso estilóide lateral de la ulna (**CAB**); y circunferencia del antebrazo (sin piel ni fascias) tomada a nivel de su tercio medio. (**CiAB**)

Los índices **CMS/CAB**, **CMP/CAB**, **LMS/CiAB** y **LMP/CiAB** fueron calculados para reflejar una proporcionalidad de largo y ancho de los músculos en relación con las medidas del antebrazo, permitiendo establecer comparaciones. Las referidas medidas fueron realizadas con un paquímetro digital Amattols® (resolución 0,01mm, exactitud  $\pm$  0,02mm).

También se observó la presencia del músculo pronador cuadrado.

Los datos fueron colocados en una planilla del software BioEstar® y aplicadas las siguientes pruebas: análisis descriptiva (media y desviación estándar); pruebas t de student para comparación de las medidas entre sexos o antímeros a nivel de significación del 5% ( $\alpha = 95\%$ ); análisis de la varianza (ANOVA: un criterio) complementado por el test de Tukey para la comparación de las medidas entre las tres especies a nivel de 1% de significación ( $\alpha = 99\%$ ); y correlación lineal de Pearson para verificar la existencia de la relación mutua entre las medidas de los músculos estudiados.

## Resultados

Todos los miembros torácicos disecados demostraron la presencia de los músculos supinador, pronador redondo y pronador cuadrado.

El músculo supinador presentó origen en el epicóndilo lateral del húmero e inserción en el tercio proximal de la fase craneal de la diáfise del radio en todas los especímenes.

El músculo pronador redondo tuvo origen en el epicóndilo medial del húmero e inserción también en el tercio proximal del radio, distal a la inserción del músculo supinador en todos los miembros.

El músculo pronador cuadrado estaba presente ocupando el espacio interóseo radio-ulnar en todas los especímenes.

Cuando consideradas todas las especies, hubo correlación lineal positiva y moderada ( $r = 0,65$ ) entre los índices **CMP/CAB** y **CMS/CAB** lo que indica que, en proporción a la longitud del antebrazo, cuanto más largo es un músculo, el otro tiende a ser también.

Esta correlación fue aún mas fuerte en el *Procyon cancrivorus* ( $r = 0,78$ ) que en las demás especies. Hubo correlación débilmente negativa ( $r = -0,2985$ ) entre los índices **LMP/CiAB** y **LMS/CiAB**, sugiriendo que cuanto más ancho un músculo, más angosto el otro es.

Cuando comparados los índices de **CMP/CAB**, **CMS/CAB**, **LMP/CiAB** y **LMS/CiAB** separados por antímeros ( $n = 66$ ) no hubo diferencia significativa.

Cuando comparados por sexo, apenas el índices **LMP/CiAB** fue significativamente mayor en los macho que en las hembras de *Lycalopex gymnocercus*.

La **Tabla I** muestra los resultados de las mediciones e índices separados por especies. Las **Tablas II, III, IV y V** demuestran los resultados de los índices comparados por sexo.

Medida/Especie	L. gymnocercus	C. thous	P. cancrivorus
Nº de miembros	19	37	10
Machos	11	12	4
Hembras	8	25	6
CMP (mm)	53.7611 ± 5,607a	54.7824 ± 5.6068a	67.7580 ± 4.7463b
LMP (mm)	5,8995 ± 0,9949a	7,3038 ± 1,5529b	10,8430 ± 0,6001c
CMS (mm)	39.810 ± 2.820a	43.7057 ± 5.1122b	50.1520 ± 3.2342c
LMS (mm)	9,6611 ± 0,7008a	9,9027 ± 0,7562b	9,9780 ± 0,4236b
CAB (mm)	111,6668 ± 8,8541a	108,9676 ± 9,9794a	118,8860 ± 5,0862b
CiAB (mm)	74,7100 ± 3,2660a	81,7141 ± 6,0488b	89,5840 ± 8,5784c
LMP/CiAB	0,0788 ± 0,0113a	0,0903 ± 0,0173b	0,1219 ± 0,0122c
CMP/CAB	0,4833 ± 0,0346a	0,5081 ± 0,0477a	0,5697 ± 0,0276b
LMS/CiAB	0,1293 ± 0,0077c	0,1229 ± 0,0071b	0,1122 ± 0,0106a
CMS/CAB	0,358 ± 0,0306a	0,4029 ± 0,0472b	0,4218 ± 0,0189b

Letras diferentes en la misma línea indican diferencias significativas a nivel de 1% ( $p < 0,01$ ) por el test de Tukey

**Tabla I:** Valores de la media y respectiva desviación estándar de las mediciones absolutas (mm) e índices relativos a los músculos pronador redondo y supinador, divididos por especies

Especies / Índices	LMP / CiAB (Macho)	LMP / CiAB (Hembra)	Teste-t
L. gymnocercus	0,0801 ± 0,0142	0,0769 ± 0,0066	$p < 0,05$
C. thous	0,0877 ± 0,0143	0,0916 ± 0,0187	ns
P. cancrivorus	0,1155 ± 0,0158	0,1262 ± 0,0088	ns

ns: no significativo

**Tabla II:** Media y desviación estándar de los índices LMP / CiAB, separados por sexo

Especies / Índices	CMP / CAB (Macho)	CMP / CAB (Hembra)	Teste-t
L. gymnocercus	0,4647 ± 0,0217	0,5088 ± 0,0334	ns
C. thous	0,5249 ± 0,0361	0,4942 ± 0,0444	ns
P. cancrivorus	0,5839 ± 0,0212	0,5603 ± 0,0289	ns

ns: no significativo

**Tabla III:** Media y desviación estándar de los índices CMP / CAB, separados por sexo

Especies / Índices	LMS / CiAB (Macho)	LMS / CiAB (Hembra)	Teste-t
L. gymnocercus	0,1313 ± 0,0074	0,1267 ± 0,0078	ns
C. thous	0,1253 ± 0,0066	0,1217 ± 0,0072	ns
P. cancrivorus	0,1022 ± 0,0062	0,1188 ± 0,0068	ns

ns: no significativo

**Tabla IV:** Media y desviación estándar de los índices LMS / CiAB, separados por sexo

Especies / Índices	CMS / CAB (Macho)	CMS / CAB (Hembra)	Teste-t
L. gymnocercus	0,3404 ± 0,0184	0,3821 ± 0,0278	ns
C. thous	0,4247 ± 0,0513	0,3924 ± 0,0422	ns
P. cancrivorus	0,4342 ± 0,0146	0,4135 ± 0,0176	ns

ns: no significativo

**Tabla V:** Media y desviación estándar de los índices CMS / CAB, separados por sexo

## Discusión

Los locales de origen e inserción y disposición anatómica de los músculos supinador, pronador redondo y pronador cuadrado en las tres especies de carnívoros silvestres evaluadas fueron similares a los descritos para carnívoros domésticos por Dyce et al.,<sup>4</sup> König & Liebich<sup>5</sup> y por Evans & DeLahunta.<sup>6</sup>

Los índices LMP/CiAB y LMS/CiAB fueron calculados para reflejar una proporción relativa de la participación de los músculos pronador redondo y supinador en la región del antebrazo de los especies. De esta manera, cuando comparamos especies diferentes, aquellos con mayores índices deben ser aquellos en que los músculos tienen una mayor contribución relativa en el grupo de los músculos del antebrazo.

Aunque el cálculo del área de corte transversal fisiológica ser utilizado para estimar la fuerza isométrica máxima de los músculos,<sup>14</sup> en este presente estudio consideramos esta determinación menos importante una vez que genera un valor absoluto que es muy influenciado por el tamaño de los individuos.

Una vez que los músculos supinador y pronador redondo tienen predominio de fibras paralelas, la determinación de su ancho en relación a la circunferencia del antebrazo puede proporcionar una estimación mas proporcional de relevancia funcional de estos músculos en el antebrazo.

El músculo pronador redondo del *Procyon cancrivorus* fue más ancho tanto en valores absolutos como proporcionales en relación al de *Lycalopex gymnocercus* (Fig.1) y *Cerdocyon thous*. (Fig.2) Esto se explica por el hecho de que el *Procyon cancrivorus* (Fig.3) es una especie que más necesitan de la pronación durante los movimientos del miembro torácico, ya que tienen una mayor capacidad para nadar, escalada y mantenerse equilibrado en grandes alturas.<sup>15-16</sup>

De hecho, los hábitos escansorial y la capacidad de manipular el alimento del *Procyon cancrivorus* requieren movimientos tridimensionales precisos que requieren adaptaciones morfológicas, funcionales, alto reclutamiento y la precisión en la contracción muscular.<sup>17-18</sup>

Los prociónidos usan sus manos para llevar el alimento hasta la boca, lo que requiere una gran capacidad de rotación del antebrazo.<sup>19</sup>

El músculo pronador redondo fue proporcionalmente más ancho en los machos que en las hembras de *Lycalopex gymnocercus*. Esto permite suponer que los machos tengan más capacidad de pronación del antebrazo y manos para capturar la presa.

Sin embargo, este hallazgo no se repitió en las otras especies. Tal vez un número mayor de muestras puede caracterizar de manera efectiva si existe dimorfismo sexual para estos músculos.



Fig. 1: Fotomacrografía del miembro torácico izquierdo del *Lycalopex gymnocercus*. 1) Músculo pronador redondo. 2) Músculo supinador



Fig. 2: Fotomacrografía del miembro torácico izquierdo del *Cerdocyon thous*. 1) Músculo pronador redondo; 2) Músculo supinador



Fig. 3: Fotomacrografía del miembro torácico izquierdo del *Procyon cancrivorus*. 1) Músculo pronador redondo. 2) Músculo supinador

En valores absolutos, el músculo supinador fue significativamente más estrecho en *Lycalopex gymnocercus*, seguido de *Cerdocyon thous* por *Procyon cancrivorus*. Sin embargo, cuando adotado el índice LMS/CiAB se puede constatar que el músculo es proporcional y significativamente más estrecho en el antebrazo en *Procyon cancrivorus*, a continuación, el *Cerdocyon thous* y finalmente en *Lycalopex gymnocercus*. Aunque se espera que *Procyon cancrivorus* tenga mayor capacidad de supinación que las otras especies el músculo braquiorradial, que también tiene función de supinación, es más desarrollado en procionidos que en los cánidos<sup>20</sup> que puede compensar un músculo supinador relativamente estrecho.

Los índices CMP/CAB y CMS/CAB representan la proporción de la longitud del músculo en relación a la longitud del antebrazo. Los músculos más largos, en especial aquellos con fibras paralelas, tienen más sarcomeros en serie lo que resulta en una mayor velocidad durante la contracción muscular.<sup>21</sup>

Los músculos pronador redondo y supinador de *Procyon cancrivorus* mostraron significativamente más largo, tanto en valores absolutos como proporcionales a la longitud del antebrazo cuando se compara las dos especies de cánidos. Según Polly,<sup>22</sup> mamíferos cursoriales tienden a tener movimientos de pronación y supinación más restringidos y las especies escansoriales pueden girar completamente el antebrazo.

En comparación, *Cerdocyon thous* y *Lycalopex gymnocercus* tienen hábitos cursoriales más especializados que *Procyon cancrivorus*. Por lo tanto, se espera movimientos más rápidos de pronación y supinación del *Procyon cancrivorus* para el nado y escalada, por ejemplo.

En contrapartida, en las especies cursoriales más especializadas los movimientos en el plano sagital son privilegiados sobre la rotación del miembro.<sup>21</sup>

El músculo pronador redondo fue significativamente más largo que el músculo supinador en todas las especies, tanto en valores absolutos como proporcionales a la longitud del antebrazo.

Esto se deriva de una inserción más distal del músculo pronador redondo, ya que el origen de ambos ocurren en el mismo plano transversal a nivel de epicóndilos.

Como pronación y supinación son movimientos antagónicos, el músculo supinador fue significativamente más ancho que el músculo pronador redondo quizás para compensar una longitud más corta.

Aunque algunas diferencias significativas en los índices y valores absolutos se podían encontrar entre *Lycalopex gymnocercus* y *Cerdocyon thous*, los valores de ambas especies eran siempre más parecidos de lo que en relación con *Procyon cancrivorus*. Esto se explica por la proximidad filogenética y por la forma de uso de su miembro torácico más similar entre miembros de una misma familia.

## Conclusiones

Los músculos pronador redondo y supinador están presente en *Lycalopex gymnocercus*, *Cerdocyon thous* y *Procyon cancrivorus* con la misma gama de puntos de origen e inserción relatada para carnívoros domésticos.

Comparativamente, ambos músculos son significativamente más desarrollados en *Procyon cancrivorus* debido a la mayor necesidad de movimientos de rotación del antebrazo de esta especie.

## Agradecimientos

Al Programa de Desarrollo Académico (PDA) de la UNIPAMPA

## Referencias

1. Andersson, K. *Predicting carnivoran body mass from a weight-bearing joint*. Journal of Zoology 2004; 262(2): 161-172.
2. Fabre, A.C.; Cornette, R.; Peigné, S.; Goswami, A. *Influence of body mass on the shape of forelimb in musteloid carnivorans*. Biological Journal of the Linnean Society 2013; 110: 91-103.
3. Iwaniuk, A.N.; Pellis, S.M.; Whishaw, I.Q. *Are long digits correlated with high forepaw dexterity? A comparative test in terrestrial carnivores (Carnivora)*. Canadian Journal of Zoology 2001; 79(5): 900-906.
4. Dyce, K.M.; Sack, W.O.; Wensing, C.J.G. *Membro Torácico. Tratado de Anatomía Veterinária*. 4ª Edição, Editora Elsevier, São Paulo, 2010, 856p.
5. Liebich, H.G.; Maierl, J.; König, H.E.; *Membros Torácicos ou Anteriores (Membra Thoracica), Anatomia dos Animais Domésticos: Texto e Atlas Colorido*, 4ª Edição, Editora Artmed, Porto Alegre, 2011, pp. 165-234.
6. Evans, H.E.; Delahunta, A. *Miller's Anatomy of the Dog*. 4ª Edição, Editora Elsevier, Missouri, 2012, 872p.
7. Lucherini, M.; Pessino, M.; Farias, A.A. (2004). *Pampas fox Pseudalopex gymnocercus (Fischer, 1814)*. In C. Sillero-Zubiri, M. Hoffmann & D. W. Macdonald (Eds.), *Canids: Foxes, Wolves, Jackals and Dogs. Status Survey and Conservation Action Plan* (pp. 63-68). Gland / Cambridge: IUCN
8. Jiménez, J.E.; Lucherini, M.; Novaro, A.J. *Pseudalopex gymnocercus*. *The IUCN Red List of Threatened Species*. 2008, Version 2015.2. Disponible en <http://www.iucnredlist.org/details/6928/0>

9. Di Bitetti, M.S.; Di Blanco, Y.E.; Pereira, J. A.; Paviolo, A.; Perez, I.J. *Time partitioning favors the coexistence of sympatric Crab-eating Foxes (Cerdocyon thous) and Pampas Foxes (Lycalopex gymnocercus)*. Journal of Mammalogy, 2009; 90, 479-490.
10. Courtenay, O.; Maffei, L. Cerdocyon thous. *The IUCN Red List of Threatened Species*. 2008, Version 2015.2. Disponible en <http://www.iucnredlist.org/details/4248/0>
11. Michalski, F.; Peres, C. A. *Anthropogenic determinants of primate and carnivore local extinctions in a fragmented forest landscape of southern Amazonia*. Biological Conservation, 2005; 124, 383-396.
12. Emmons, L.H.; Feer, F. *Neotropical rainforest mammals: a field guide*. Chicago: University of Chicago Press, 1997; 307p.
13. Yanosky, A.A.; Mercolli, C. *Activity pattern of Procyon cancrivorus (Carnivora, Procyonidae) in Argentina*. Revista de Biología Tropical, 1993; 41, 157-159.
14. Williams, S.B.; Wilson A.M.; Rhodes L.; Andrews J.; Payne R.C. *Functional anatomy and muscle moment arms of the thoracic limb of an elite sprinting athlete: the racing greyhound (Canis familiaris)*. Journal of Anatomy, 2008; 213(4): 361-372.
15. Reis, N.R.; Peracchi, A.L.; Fregonezi, M.N.; Rossaneis, B.K. *Mamíferos do Brasil: Guia de identificação*. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010; 560p.
16. Hunter, L. *Carnivores of the world*. Princeton University Press, 2011; 240p
17. Ewer, R.F.; *The Carnivores*. Cornell University Press, 1973; 494p.
18. Fabre, A.C.; Cornette, R.; Slater, G.; Argot, C.; Peigné, S.; Goswami, A.; Pouydebat, E.; *Getting a grip on the evolution of grasping in musteloid carnivorans: a three-dimensional analysis of forelimb shape*. Journal of Evolutionary Biology, 2013; 26: 1521-1535.
19. Paranaíba, J.F.; Helrigle, C.; Araújo, E.G.; Pereira, K.F. (2012) *Aspectos morfológicos da mão e pé de Procyon cancrivorus*. Natureza On line, 2012; 10(4): 165-169.
20. Junior, P. S.; dos Santos, L.M.R.P.; Nogueira, D.M.P.; Abidu-Figueiredo, M.; Santos A.L.Q. *Occurrence and morphometrics of the brachioradialis muscle in wild carnivorans (Carnivora: Caniformia, Feliformia)*. ZOOLOGIA, 2015; 32 (1): 23-32
21. Kardong, K.V. *Vertebrados: Anatomia comparada, função e evolução*. Editora Roca, São Paulo, 2011; 913p.
22. Polly, P.D. *Limbs in mammalian evolution*. University of Chicago Press 2006; 1(15), 245-268.



## Análisis morfológico: Límites de los tractos de entrada y salida del ventrículo derecho



### Morphological study: Inflow and outflow tract limits from right ventricle



Ganador Premio "Asociación Argentina de Anatomía 2015"

Pérez, Inés V.; Martínez, Micaela L.; Bergilli, Yanina D.; Urrutia, Juan S.; Tartaglia, María L.;  
Rojas Ortiz, María V.

Laboratorio de Técnicas Anatómicas. Centro de Disección  
III Cátedra de Anatomía "Prof. Dr. José Luis Ciucci". Depto. de Anatomía  
Facultad de Medicina - Universidad de Buenos Aires (UBA) Buenos Aires - Argentina

E-mail de autor: Inés Victoria Pérez [ineperez.17@gmail.com](mailto:ineperez.17@gmail.com)

#### Resumen

**Introducción:** Clásicamente dentro de la configuración interna del ventrículo derecho están descritos una serie de límites que demarcan el flujo de entrada y de salida de la sangre conocidos como tractos de entrada y de salida.

Estos componentes se hallan delimitados por tres estructuras; músculo papilar anterior (MPA), trabécula septomarginal (TSM) y cresta supraventricular (CSV)<sup>6</sup>, los cuales demarcan un orificio elíptico<sup>1</sup>. En los estudios morfológicos la disposición de estos elementos, así como los marcos divisores aún no se han homogeneizado. Es por ello que el objetivo de este trabajo se centrará en poder considerar datos medibles acerca de cada componente y posibles patrones que se manifiesten para su mejor entendimiento.

**Materiales y métodos:** Se realizó un estudio descriptivo de corte transversal sobre 16 corazones (n=16) de cadáveres provenientes de la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires.

Se constataron las medidas de los espesores de las paredes ventriculares derecha e izquierda, longitud de la cresta supraventricular (CSV), longitud de la trabécula septomarginal (TSM), longitud del músculo papilar anterior (MPA), longitud de las cuerdas tendinosas del músculo papilar anterior (CTMPA).

**Resultados:** El espesor de la pared del ventrículo derecho pudo ser medido en 14 corazones y su promedio fue de 4,97 mm. El espesor del ventrículo izquierdo pudo ser medido en 9 corazones y su promedio fue de 10,22 mm.

La CSV fue posible medirla en un total de 14 corazones, su promedio de longitud fue de 13,19 mm. Se encontró como una leve protrusión en 4 casos.

La longitud de la TSM fue en promedio de 12,08 mm. Únicamente en 2 casos no fue posible medirla.

En cuanto al MPA y CTMPA, sus promedios de longitud fueron de 13,32 y de 11,94 mm, respectivamente.

**Conclusión:** Consideramos como estructura fiable para dividir los tractos de entrada y de salida del corazón a la trabécula septomarginal en vez de la cresta supraventricular.

El único patrón morfológico observado entre el MPA, el TSV y la CSV fue el ya descrito orificio elíptico.

**Palabras clave:** ventrículo derecho, tractos de entrada y de salida, músculo papilar anterior, trabécula septomarginal, cresta supraventricular

#### Abstract

**Introduction:** Classically inside the right ventricle there are several limits that allows us to divide the inflow and outflow tracts. These elements are limited by three structures; anterior papillary muscle, the moderator band and the upper marginal crest which make an elliptical hole.

Their punctually limits and the divisions between the inflow and outflow tracts are still confuse.

Because of that, the present study is focused on considered the measurable elements about every limit and a possible standard of its positions in the right ventricle.

**Material and methods:** A cross-sectional study was made with 16 hearts coming from a Buenos Aires population, in the Buenos Aires University's Medical School.

The study measure ventricle's thickness walls (right and left), upper ventricle's crest (CSV), moderator band's length (TSM), anterior papillary muscle's length (MPA), chordae tendinea's papillary muscle's length (CTMPA).

**Results:** From the totally of the pieces, the average right ventricle's thickness of 14 of them, was 4,97 mm., and on 9 left ventricle's thickness was 10,22 mm.

The CSV, was measured on 14 hearts, and the average was 13,19 mm. It was founded as a slightly protrusion on 4 cases.

The band moderator length's average was 12,08 mm. It wasn't possible to measure on 2 cases.

The length's average from the MPA and CTMPA were of 13,32 mm and 11,94 mm respectively.

**Conclusions:** Based on our study, only the TSM was a structure which had the possibility to divide the inflow and outflow tracts, instead of the CSV.

The only morphological pattern observed between the MPA, the TSV and the CSV was the already described elliptical hole.

**Keywords:** right ventricle, inflow and outflow tracts, anterior papillary muscle, moderator band, upper ventricle crest

## Introducción

El ventrículo derecho tiene la forma de una pirámide triangular, lo que le permite describir tres paredes (anterior, medial e inferior).

La pared anterior es la más extensa y presenta el músculo papilar anterior, de primer orden, muy voluminoso. La pared medial presenta numerosos mamelones carnosos que forman los músculos papilares mediales.

Entre la pared medial y la base del pilar anterior se extiende una larga columna carnosa de segundo orden, la trabécula septomarginal (TSM). La pared inferior es muy rica en columnas de primer orden y presenta dos tipos de pilares: posterior y externos.<sup>1</sup>

Las primeras descripciones morfológicas del corazón fueron a través de las disecciones realizadas por Aristóteles en la antigua Grecia, desconociendo el tipo de circulación pulmonar.<sup>2</sup> Uno de los primeros textos en describir la circulación a través de los segmentos del corazón fue Galeno (130 – 200 d.C.) quien proponía que la sangre deja el corazón derecho a través del septum interventricular por una serie de poros.<sup>3</sup> En el año 1543 comienza Andrea Vesalius con el cuestionamiento del traspaso de la sangre del ventrículo izquierdo al derecho.<sup>4</sup>

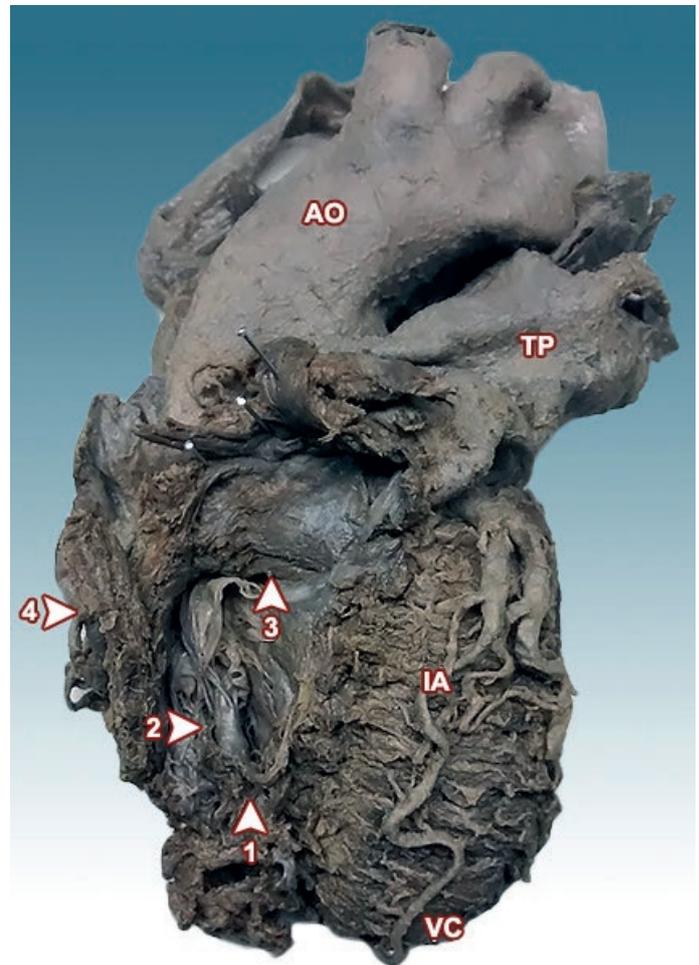
Llegado al año 1553 se formó un nuevo paradigma gracias a Miguel Servet con la publicación de *Restitutio*, quien daba a conocer que, desde el ventrículo derecho, por un largo circuito a través de los pulmones se convertía la sangre arterial y era llevada hacia la arteria venosa (venas pulmonares) atraída luego por el ventrículo izquierdo.<sup>5</sup>

Ya en el siglo XVII William Harvey asienta las bases modernas de la circulación mayor y menor de la sangre y con ello comienzan a realizarse los estudios morfológicos más minuciosos de los componentes del corazón.

Clásicamente dentro de la configuración interna del ventrículo derecho están descritos una serie de límites que demarcan el flujo de entrada y de salida de la sangre denominados trectos de entrada y de salida. Estos espacios se hallan delimitados por tres estructuras; músculo papilar anterior (MPA), trabécula septomarginal (TSM) y cresta supraventricular (CSV).<sup>6</sup> (Fig. 1)

En los estudios morfológicos la disposición de estos elementos, así como los marcos divisores aún no se han homogeneizado, y se ha llegado a describir que, el MPA, la TSM y la CSV demarcan una estructura en orificio elíptico.<sup>1</sup>

Es por ello que este trabajo se centrará en poder considerar datos medibles acerca de cada componente y posibles patrones que se manifiesten para su mejor entendimiento.



**Fig. 1:** 1) Trabécula septomarginal. 2) Músculo papilar anterior. 3) Cresta supraventricular. 4) Cara esternal del ventrículo derecho rebatida. AO) Aorta. TP) Tronco pulmonar. IA) Interventricular anterior. VC) Vértice del corazón

## Materiales y métodos

Se realizó un estudio descriptivo de corte transversal del corazón de 16 cadáveres (n=16) provenientes de la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires.

Las piezas fueron fijadas en formol al 7% v/v. Ocho de las piezas se estudiaron aisladas y las 8 restantes in situ. Posteriormente se procedió a la disección de los corazones y la realización de tres incisiones en el ventrículo derecho, una de ellas por su borde derecho de modo longitudinal, la segunda se realizó en su cara esternal en el borde derecho del tabique interventricular y la última en el borde izquierdo del mismo tabique para poder visualizar eficazmente los elementos que competen al trabajo.

Para analizar las medidas se utilizó un calibre electrónico programado en milímetros teniendo en cuenta las siguientes variables:

- Espesor de la pared del ventrículo derecho (VD) y ventrículo izquierdo (VI).
- Longitud de la cresta supraventricular (CSV)
- Longitud de la trabécula septomarginal (TSM)
- Longitud del músculo papilar anterior (MPA)
- Longitud de las cuerdas tendinosas del músculo papilar anterior (CTMPA).

Finalmente fueron tomadas imágenes del interior del ventrículo derecho con una cámara fotográfica. (Fig. 2)

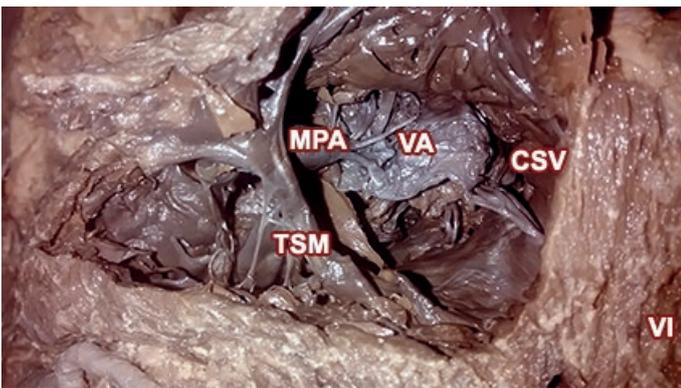


Fig. 2: CSV) Cresta supraventricular. MPA) Músculo papilar anterior. TSM) trabécula Septomarginal. VI) Ventrículo izquierdo

## Resultados

De un total de 16 corazones (100%), el espesor del ventrículo derecho pudo ser medido en 14 de ellos, y el espesor del ventrículo izquierdo en 9. Esto fue debido a alteraciones en la anatomía normal que impedían una medición fiable. El promedio del espesor de la pared del ventrículo derecho fue de 4,97 mm, mientras que el promedio del espesor de la pared del ventrículo izquierdo fue de 10,22 mm. Los máximos valores fueron de 8 mm. y 13.7 mm., y los valores mínimos fueron de 1.43 mm y 6.89 mm respectivamente.

La CSV fue posible medirla en un total de 14 corazones (87.5%), su promedio de longitud fue de 13,19 mm, su media fue de 14 mm. Se encontró como una leve protrusión en 4 casos (25%), de los cuales sólo 2 (12.5%) fueron viables para su medición.

La longitud de la trabécula septomarginal fue en promedio de 12,08 mm y su media correspondiente a 15 mm. Únicamente en 2 casos (12.5%) no fue posible medirla, uno de ellos debido al deterioro de la pieza y el otro por la adherencia que se vio hacia la pared del tabique interventricular.

En cuanto al MPA y CTMPA, sus promedios de longitud fueron de 13,32 y de 11,94 mm. respectivamente.

El único patrón morfológico visible fue el correspondiente a un ojal pero no pudo ser visible la continuidad de la cresta supraventricular a lo largo de toda la pared interna del ventrículo.

## Discusión

El ventrículo derecho del corazón es asiento de una serie de patologías que le ha atribuido mayor interés en cuanto a su estudio morfológico y fisiológico,<sup>7</sup> por ejemplo, cuando se hallan defectos en sus válvulas auriculoventriculares derechas o válvulas sigmoideas que puedan desembocar en alteraciones de su estructura normal.

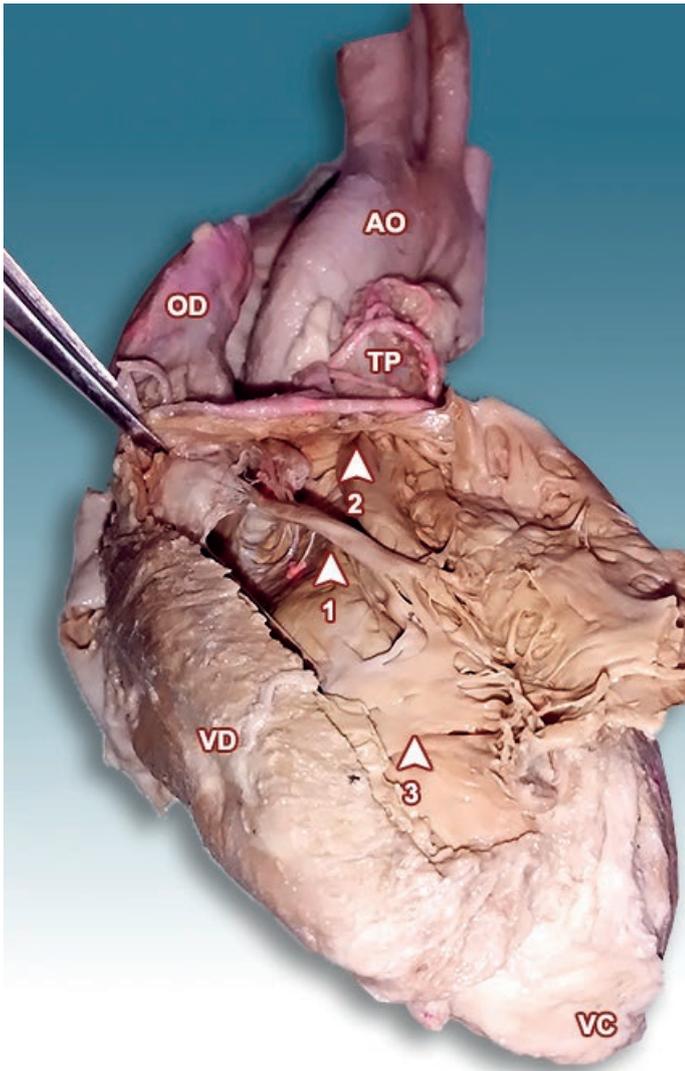
A su vez, el vértice del ventrículo derecho es el sitio elegido para la colocación de marcapasos en ciertos pacientes con defectos en la conducción<sup>8-9</sup> y por ello creemos de relevancia el estudio minucioso de su configuración.

Algunos autores distinguen una topografía completamente distinta entre ambos y delimitadas hacia superior por la cresta supraventricular, y hacia anterior e inferior por la trabécula septomarginal.<sup>6</sup> Dentro de nuestros hallazgos podemos decir que en 1 de los 16 corazones no fue posible medir la TSM debido a su adherencia a la pared del VD.

Otros han hallado que el relieve formado por la cresta supraventricular limita inferiormente y posteriormente la entrada al tracto de salida.<sup>10</sup>

En 4 de los 16 corazones no pudo ser posible evidenciar la cresta supraventricular como una formación completamente marcada, en su lugar se observaba únicamente una sutil protrusión, (ver Fig.3) contrario a la creencia de que podría ser una estructura que genere la división entre los componentes.

Otros autores describieron al componente de entrada y salida dividido por medio de la CSV, MPA y TSM, considerando que la separación de los tractos de entrada y salida es establecida por la trabécula septomarginal.<sup>11</sup>



**Fig 3:** 1) Músculo papilar anterior. 2) Inicio del tronco pulmonar, vista interna del vaso. 3) Trabécula septomarginal. OD) Orejuela derecha. AO) Aorta. TP) Tronco pulmonar. VD) Ventrículo derecho. VC) Vértice del corazón

Finalmente, se describe la comunicación de ambas cámaras como un orificio elíptico cuyo eje mayor se extiende desde la base del músculo papilar anterior hasta la base del músculo papilar medial.

Su límite se encuentra formado hacia superior por la cresta supraventricular y la cara anterior de la valva anterior. Inferior y anteriormente, el límite está formado por el borde cóncavo del llamado fascículo arqueado (músculo papilar de segundo orden).

Por último, la pared medial está comprendida entre ambas eminencias musculares.<sup>12</sup>

Al establecer las medidas y la visualización de cada elemento, pudimos observar que la CSV no siempre es una estructura definida que puede llegar a marcar el cierre del anillo de los elementos divisores de los componentes de entrada y de salida del VD aunque sí fue notoria en la mayoría

de los casos por lo cual, puede ser un elemento considerable al establecer los límites de los componentes de entrada y de salida del VD.

Por otro lado, se pudo comprobar en las piezas que la TSM puede ser la pieza clave que defina la división entre ambos componentes debido a su frecuencia de aparición excepto por casos muy puntuales, coincidiendo con los autores Chorro F. J., García Civeira R. y López Merino, V.

## Conclusión

Por nuestro análisis de la configuración interna del ventrículo derecho, no podemos decir que la cresta supraventricular sea un elemento fiable que pueda dividir a los componentes de entrada y de salida, al contrario de a la trabécula septomarginal la cual, salvo casos puntuales, formaba una estructura bien definida.

El único patrón morfológico observado entre el MPA, el TSV y la CSV fue el ya descrito orificio elíptico. **(Fig. 4)**



**Fig. 4:** 1) Trabécula septomarginal. 2) Músculo papilar anterior. 3) Cresta supraventricular. 4) Inicio del Tronco pulmonar desde su interior. TI) Tabique interventricular. VC) Vértice del corazón. IA) Interventricular anterior. VI) Ventrículo Izquierdo

## Referencias

1. Bouchet A.; Cuilleret J. *Anatomía descriptiva, topográfica y funcional*. Editorial Panamericana 1984, 161.
2. Katz, Arnold M. M.D. *Knowledge of the Circulation Before William Harvey*. Circulation, Vol. XV, 1957;15:726-734.
3. Torresani, E. M. *Historia del conocimiento de la válvula aórtica*. Revista Argentina de Cardioangiología 2011;2(04 ):0118 – 0135.
4. Vesalius, A. *De humanis corporis fabrica*. 1543.
5. de Micheli, A. *Miguel Servet y la circulación sanguínea pulmonar*. Archivos de cardiología de México, Vol 73, N° 3, Julio – Septiembre 2013.
6. Gray, H. *Anatomía del cuerpo humano*. Ed. Churchill Livingstone, 36° edición, 710.
7. Emmot, William W. M.D.; Vacek, James L. M.D., F.C.C.P.; Kimberly Agee, M.D.; Jon Moran, M.D., F.C.C.P.; Marvin I. Dunn, M.D., F.C.C.P. *Metastatic malignant melanoma presenting clinically as obstruction of the right ventricular inflow and outflow tracts. Characterization by magnetic resonance imaging*. Chest. 1987;92(2):362-364. doi:10.1378/chest.92.2.362.
8. Thambo, JB1; Bordachar, P.; Garrigue, S.; Lafitte, S.; Sanders, P.; Reuter, S.; Girardot, R.; Crepin, D.; Reant, P.; Roudaut, R.; Jais, P.; Haissaguerre, M.; Clementy, J.; Jiménez, M.; *Detrimental ventricular remodeling in patients with congenital complete heart block and chronic right ventricular apical pacing*. Circulation. 2004 Dec 21;110(25):3766-72. Epub 2004 Dec 6.
9. Castellanos, L.M.; Galindo-Herrera, M.; Kuri-Nivon, M.; Espínola-Zavaleta, N. *Hipoplasia ventricular derecha. Estudios morfométrico y morfológico*. Arch. Cardiol. Méx. vol.77 no.3 México jul./sep. 2007
10. Moore, Keith L.; Dailey, Arthur F.; Agur, Anne M.R. *Anatomía con orientación clínica*. 7° ed.
11. Chorro, F. J.; García Civeira, R.; López Merino, V. *Cardiología Clínica*. Univesitat de Valencia, 2011. 90 – 92.
12. Testut, L.; Latarjet, A. *Tratado de anatomía humana*. 9ª edición, ed. Salvat. 1980.
13. Henriquez Pino, J; Prates, J.C. *Contribución al estudio de la irrigación en la trabécula septomarginalis en el corazón humano*; Bibliografía Anatómica [online]. 1984, vol, n°47 [citado 2015-08-10], pp. 190, Disponible en <http://www.anatomia-argentina.com.ar/XXI%20Congreso%20Argentino%20de%20Anatom%C3%ADa%201984%20-%2020013.pdf>. ISSN 1852-3889



## Correlatos estructurales y funcionales del lobulo parietal en femeninas con demencia tipo Alzheimer por resonancia magnética y tomografía por emisión de fotón único

*Parietal lobe structural and functional correlate's in female with Alzheimer disease with magnetic resonance and single photon emission tomography*



Ganador del Premio "Horacio Alejandro Conesa 2015" al mejor trabajo de Neurociencias

Tornese, Elba B.; Mazzoglio y Nabar, Martín J.; Dogliotti, Claudia, G.

Laboratorio de Neuroanatomía aplicada a la Neurociencia, III Cátedra de Anatomía,  
Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires (UBA), Buenos Aires - Argentina

E-mail de autor: Martín J. Mazzoglio y Nabar [mazzoglioynabar@hotmail.com](mailto:mazzoglioynabar@hotmail.com)

### Resumen

**Introducción:** Nuestros estudios morfométricos preliminares determinaron la implicancia temprana del lóbulo temporal en la Demencia tipo Alzheimer (DTA) con la utilización de la morfometría basada en vóxeles por resonancia magnética (Tornese y col. 2008, 2007). La mayoría de las estructuras cerebrales se comprometen en la DTA por su componente degenerativo, alternando con respecto al grado de deterioro cognitivo. El lóbulo parietal ha sido poco estudiado en la imagenología aplicada a la DTA y presenta controversias en cuanto a los resultados.

**Objetivo:** Estudiar la volumetría y funcionalidad del lóbulo parietal de pacientes con DTA en comparación con controles normales, y efectuar los correlatos con estructuras corticales cerebrales a fin de determinar su implicancia y relación con la severidad cognitiva.

**Materiales y método:** Estudiamos 52 encéfalos pertenecientes a pacientes femeninas con diagnóstico de Demencia Tipo Alzheimer según parámetros del DSM-IV, edades entre 53 y 70 años, de sexo femenino, con deterioro cognitivo leve, moderado y grave. Se utilizó RM con protocolo de epilepsia para cuantificación volumétrica y SPECT 99Tc-ECD para evaluar la perfusión cortical, en dementes y controles apareados por edad, aplicados a: cortezas frontales, temporales, parietales e hipocampal. Se aplicaron pa-

rámetros estadísticos a los resultados y se cumplió con reparos ético-legales.

**Resultados:** Registramos reducción del volumen cortical total (26.6%,  $p < 0.001$ ), con predominancia en cortezas parahipocampales bilaterales, temporal total izquierda, frontal dorsal lateral izquierda, hipocampal izquierda, frontal dorsal lateral derecha, parietal superior derecha, frontal total izquierda, corteza parietal superior derecha, de la precuña derecha, del cíngulo anterior izquierdo y de la precuña izquierda. La hipoperfusión de la corteza parietal derecha fue menor a diferencia de otros lóbulos y presentó correlación con el hipocampo ( $r^2=0.94$ ) y cíngulo anterior ipsilaterales ( $r^2=0.82$ ). Además, tuvo un flujo correlativo con el cíngulo anterior bilateral y corteza temporal posterior derecha ( $r^2=0.88$ ). La precuña derecha correlacionó con los volúmenes del cíngulo anterior izquierdo ( $r^2=0.731$ ), cortezas parahipocampales (0.73) y frontal lateral izquierda ( $r^2=0.718$ ).

**Conclusiones:** Nuestros hallazgos del compromiso parietal no revelaron implicancia temprana de la precuña ni de otras áreas en relación con la cognición, pero esta corteza fue determinante entre deterioro cognitivo moderado y severo.

**Palabras clave:** demencia tipo alzheimer, lóbulo parietal, volumetría, función cerebral, correlatos corticales

### Abstract

**Introduction:** Our preliminary morphometric studies determined the early implication of the temporal lobe in Alzheimer (DTA) with dementia using voxel-based morphometry MRI (Tornese et al., 2007/08). Most brain structures are engaged in the DTA by its degenerative component, alternating with respect to the degree of cognitive impairment. The parietal lobe has been little studied in the imaging applied to the DTA and presents controversies regarding the results.

**Objective:** To study the volume and functionality of the parietal lobe of patients with DTA compared with normal controls, and

make the brain correlates to determine its implications and relationship with severity of cognitive cortical structures.

**Materials and Methods:**

We studied 52 brains belonging to female patients diagnosed with Alzheimer's dementia according to DSM-IV parameters, aged between 53 and 70 years old, female, with mild, moderate and severe cognitive impairment. RM protocol was used for volumetric quantification epilepsy and 99 Tc-ECD SPECT to assess cortical perfusion in dementia and age-matched controls applied to: frontal, temporal, parietal and hippocampal cortices. Results statistical parameters were applied and complied with ethical and legal objections.

**Results:** We recorded lower total cortical volume (26.6%,  $p < 0.001$ ), predominantly in bilateral parahippocampal cortices, temporary full left, front left lateral dorsal hippocampal left, front right side column, top right parietal, frontal full left, bark top right parietal, the precuneus right, the left anterior cingulate and left precuneus. Hypoperfusion of the right parietal cortex was less unlike other lobes and hippocampus was correlated with ( $r2 = 0.94$ ) and anterior cingulate ipsilateral ( $r2 = 0.82$ ). He also had a corresponding flow with the bilateral anterior cingulate and right

posterior temporal cortex ( $r2 = 0.88$ ). Right precuneus correlated with the volume of the left anterior cingulate ( $r2 = 0.731$ ), parahippocampal cortices (0.73) and front left side ( $r2 = 0.718$ ).  
**Conclusions:** Our findings revealed parietal compromise early implications of precuneus or other areas related to cognition, but this crust was decisive moderate to severe cognitive impairment.

**Keywords:** dementia alzheimer type, parietal lobe, volume, brain function, cortical correlates

## Introducción

La Demencia tipo Alzheimer (DTA) es la forma más prevalente de demencia, con una edad típica de inicio más allá de 75 años de edad. En pacientes de edad avanzada, el sello clínico distintivo de la enfermedad es la progresiva alteración de la memoria, seguido por el deterioro cognitivo global. La atrofia de las estructuras neuroanatómicas del lóbulo temporal medial, incluyendo el hipocampo, es uno de los marcadores más importantes en las imágenes de Resonancia Magnética (RM).<sup>1-2-3</sup> Sin embargo, la DTA también puede desarrollarse a una edad temprana (DTA de comienzo temprano) y con un cortejo signo-sintomatológico heterogéneo comórbido al deterioro mnésico, como las alteraciones visuoespaciales, atencionales, ejecutivas o práxicas, los cuales reflejan un patrón diferente de participación cortical.<sup>4-5</sup>

Las imágenes por RM estructural proporcionan un amplio detalle acerca de la estructura anatómica del cerebro; es necesario e importante poder caracterizar los cambios corticales asociadas con el proceso normal de envejecimiento (Raz, 2004) y su diferenciación con los cambios degenerativos asociados con síndromes demenciales, como el caso de la DTA.<sup>6-7-8</sup>

Además, la RM estructural se posicionó como una herramienta esencial para la atención clínica de los pacientes. Otra aplicación con uso creciente es en los ensayos clínicos para identificar y valorar la respuesta al tratamiento (la RM es un criterio de valoración secundario en ensayos clínicos de pacientes con esclerosis múltiple dado que permite cuantificar de forma rápida y fiable las lesiones de EM (Bakshi et al., 2005).

La investigación básica y las investigaciones clínicas de los pacientes con DTA están empezando a incorporar mediciones de RM, pero éstas se han limitado principalmente a las evaluaciones de la atrofia de todo el cerebro<sup>9-10</sup> o las medidas manuales del hipocampo<sup>11</sup> dado fueron los targets neuroanatómicos que presentaron mayor significación. Un factor que incidió en el uso de estos targets es la eficiencia de dichas mediciones, según momento evolutivo de la enfer-

medad, y su descripción, validación y normatización basadas en protocolos internacionales, los cuales se desprenden no sólo de parámetros imagenológicos sino de correlatos con parámetros de microneuroanatomía, histología y patología cerebral.<sup>12</sup>

La aplicación de la RM a la investigación y a los estudios clínicos se vio limitada por la capacidad de cuantificar las dimensiones críticas de interés (tanto por cuestiones de parámetros neuroanatómicos como por cuestiones relativas a los instrumentos de medición).

Se han desarrollado métodos para cuantificar automáticamente regiones de interés (ROI), tanto en una sola ROI como el hipocampo,<sup>13-14</sup> y la circunvolución del cíngulo,<sup>15-16</sup> o conjuntos de ROIs subcorticales.<sup>17</sup>

El lóbulo parietal es un área cerebral poco estudiada en la imagenología aplicada a la DTA y presenta controversias en cuanto a sus resultados e interpretación de los mismos.

Por último, cabe destacar que el recurso de la neuroimagenología estructural y funcional recientemente ha sido incluido como criterio menor en el *Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales (5ª edición)* de la Asociación Americana de Psiquiatría.

Esta clasificación categorial y con un enfoque más dimensional, incluye en la sección II los criterios y códigos diagnósticos de los distintos trastornos mentales, incorporando un apartado específico de trastornos neurocognitivos, en el que se especifican subtipos etiológicos entre los que se incluye la demencia tipo Alzheimer.<sup>18</sup>

El objetivo del presente trabajo de investigación fue estudiar la volumetría y funcionalidad del lóbulo parietal de pacientes con DTA en comparación con controles normales, y efectuar los correlatos con estructuras corticales cerebrales a fin de determinar su implicancia y relación con la severidad cognitiva.

## Materiales y método

Estudiamos 52 encéfalos pertenecientes a pacientes con diagnóstico de Demencia Tipo Alzheimer según parámetros del DSM-IV, edades entre 53 y 70 años (promedio=61.4), de sexo femenino, con deterioro cognitivo leve, moderado y grave. Las pacientes fueron evaluadas neuropsiquiátricamente, con pruebas bioquímicas en sangre y técnicas de neuroimágenes volumétrica y funcional.

La evaluación neuropsiquiátrica incluyó el examen del Estado Mental Mínimo de Folstein y colaboradores,<sup>19</sup> la Escala de Deterioro Global de Reisberg y colaboradores<sup>20</sup> y se aplicó el Test de Dominancia Manual (Tornese y Mascitti)<sup>21</sup>

Las pruebas bioquímicas en sangre se realizaron con el fin de descartar patología clínica comórbida que constituyese un sesgo para el diagnóstico como en los resultados. Se solicitó: hemograma y hepatograma completos, hemoglobina, glucemia, urea, creatinina, dosaje de hormonas tiroideas, de vitamina B12 y folatos, homocisteinemia y serología para sífilis y VIH.

Las neuroimágenes solicitadas incluyeron la Resonancia Magnética volumétrica y la Tomografía por Emisión de Fotón nico.

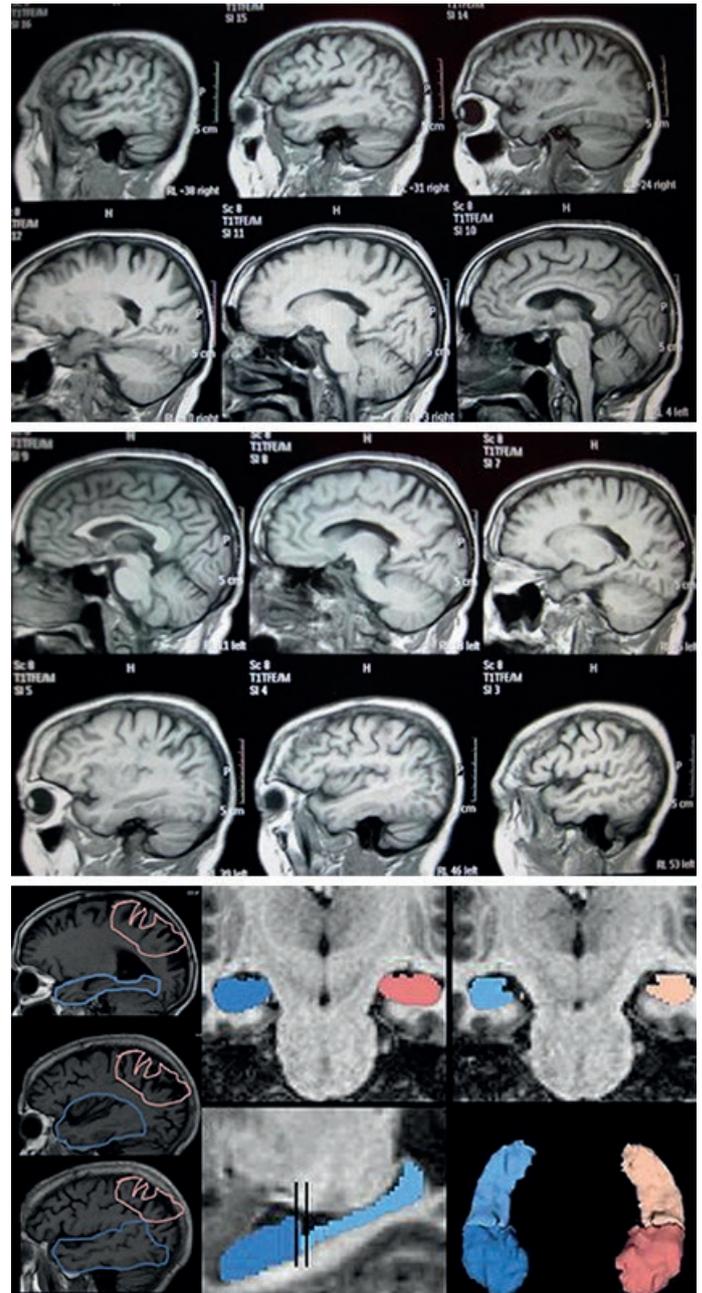
Para la adquisición de las neuroimágenes estructurales se utilizó un Resonador magnético de 1.5T, se exploraron las regiones solicitadas en secuencias que ponderan los tiempos de relajación titulares T1, T2 y FLAIR, con registro en planos axial, coronal y sagital. **(Fig. 1)**

Las imágenes en T1 fueron realizadas mediante cortes de 1.5 mm. en el plano axial y de 2 mm. en el plano coronal perpendiculares al eje del plano temporal, las que luego fueron obtenidas por gradiente de 3D con extracción de artificios y reconstrucción de imágenes estáticas firmes.

Se solicitó la Resonancia Magnética con protocolo de epilepsia (cortes coronales finos a 3 mm perpendiculares al eje temporal) para la cuantificación volumétrica de áreas previamente seleccionadas con el método de ROI (region of interest en inglés, región de interés).

Se estudiaron volumétricamente las regiones según los protocolos internacionales<sup>22-23</sup> y sus posteriores modificatorias basadas en estudios de neuroanatomía aplicada la cuantificación por imágenes.

Las áreas seleccionadas fueron: cortezas frontales (con su parcelación en frontal orbital, frontal dorsal lateral y del



**Fig. 1:** Imágenes de RM de pacientes con DTA con volumetría

cíngulo anterior; protocolo de Wible et al.),<sup>24</sup> temporales (protocolo de Insausti et al.),<sup>25</sup> parietales (con su parcelación según mapa citoarquitectónico de Brodmann) e hipocampal y parahipocampales (incluyendo la entorrinal y perirrinal; protocolo de Insausti y cols).<sup>25</sup>

En el caso del lóbulo parietal, se aplicó la siguiente parcelación en función de parámetros neuroanatómicos:

**Giro postcentral (B3,1,2):** Las extensiones rostral y caudal del surco central fueron los límites rostral y caudal del giro postcentral respectivamente. Los límites medial y lateral fueron el borde lateral de la circunvolución precentral y la cisura lateral y/o borde medial del giro parietal superior respectivamente.

**Giro supramarginal (B40):** La extensión caudal de la circunvolución temporal superior fue el límite rostral y la extensión rostral de la circunvolución parietal superior su límite caudal. Los límites mediales y laterales fueron los bordes laterales del surco intraparietal y los bordes mediales de la cisura lateral y/o el giro temporal superior respectivamente.

**Corteza parietal superior (B5 y B7):** Los límites rostral y caudal de la corteza parietal superior fueron la circunvolución postcentral y corteza occipital lateral respectivamente. Los límites medial y lateral fueron el precúneo y la corteza parietal inferior, respectivamente. Para la cuantificación se diferenció la volumetría de la corteza B5 y B7.

**Corteza parietal inferior (B39 y B40):** La región de la corteza parietal inferior incluye la circunvolución supramarginal y la angular; se encuentra inferior a la corteza parietal superior, sus límites rostral y caudal son el surco postcentral y la corteza occipital lateral respectivamente. La circunvolución supramarginal se arquea sobre el extremo superior de la cisura lateral y se continúa rostralmente del giro postcentral y caudalmente con la circunvolución temporal superior. La circunvolución angular se arquea sobre el extremo posterior del surco temporal superior y se continúa con el giro temporal medio.

**Corteza del precúneo (B7):** Ubicado en la cara medial del lóbulo parietal posterior, su límite rostral es la extensión posterior del lóbulo paracentral del cual está separado por la rama marginal del surco cingular anterior, el caudal es la circunvolución lingual, los límites medial y lateral son la surco parieto-occipital posterior y la circunvolución parietal superior respectivamente. Se encuentra inmediatamente anterior al cuneus y posterior a la corteza cingulada posterior (PCC) y la corteza retrosplenial, mientras que más superiormente se separa de la corteza sensitivomotora primaria por la rama marginal del surco cingular.

Para la evaluación neurofuncional se utilizó la Tomografía por Emisión de Fotón Único (TEFU o SPECT según siglas en inglés) con aplicación del radiotrazador <sup>99</sup>Tc-ECD para evaluar la perfusión cortical cerebral. (Fig. 2)

Los datos fueron reconstruidos mediante método OSEM, realizando corrección de atenuación (método de Chang) (26) y análisis semi-cuantitativo de la perfusión cortical (método de Tanaka et al)<sup>27</sup> aplicado a las cortezas parietal, frontal y temporal. (Fig. 3)

Los estudios de neuroimagen y bioquímicos fueron aplicados en las pacientes con demencia y en los controles apareados por edad para su comparación.

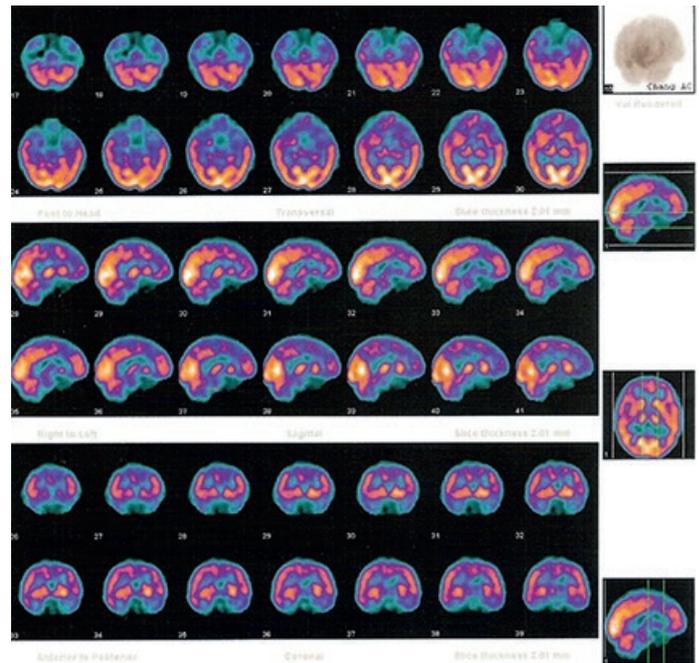


Fig. 2: Imágenes de SPECT de paciente con DTA

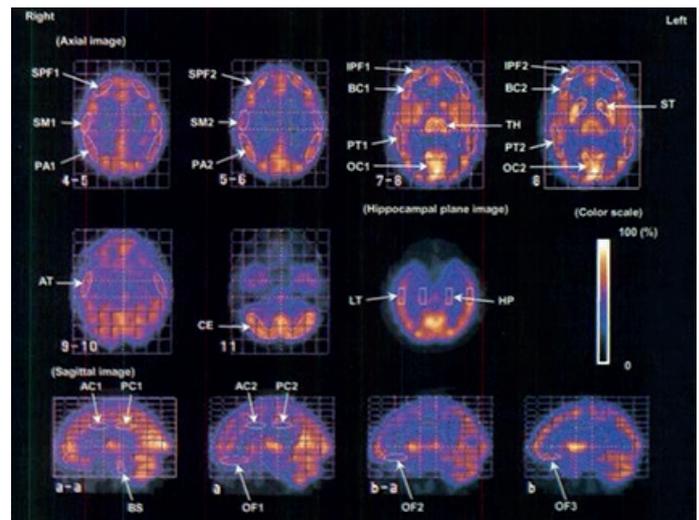


Fig. 3: Imágenes de patrones de perfusión normal en SPECT normalizado por Tanaka et al

Se establecieron como criterios de exclusión: el uso de medicación psicofarmacológica (excepto ansiolíticos), patologías neurológicas centrales, otros trastornos mentales y/o comportamentales, enfermedades autoinmunes, hematológicas o cardíacas, alteraciones significativas en las pruebas bioquímicas en sangre descriptas y antecedentes de traumatismo craneoencefálico o neurocirugías previas.

Los resultados de las neuroimágenes fueron sometidos a pruebas estadísticas y se cumplió con los reparos ético-legales (consentimiento informado de controles, pacientes y familiares acorde con el tipo y periodo evolutivo, disposición ANMAT 6677/10 y principios éticos de la Declaración de Helsinki).

## Resultados

El volumen cerebral total de los pacientes fue volumétricamente menor de forma significativa. (21.61%,  $p < 0.001$ ). Dicha afectación volumétrica fue correlativa con el estado evolutivo y gravedad de la enfermedad. **(Apéndice ver Fig. 4)**

Todos los volúmenes analizados en el lóbulo frontal y en el temporal de pacientes registraron disminuciones.

En el lóbulo parietal, de los 12 targets neuroanatómicos analizados, 10 registraron disminuciones; sólo la corteza parietal postcentral derecha y la corteza parietal inferior (B40) "supramarginal" ipsilateral registraron aumentos los cuales no fueron significativos. **(Apéndice ver Figs. 5, 6 y 7)**

Registramos disminuciones significativas respecto con controles en las siguientes estructuras neuroanatómicas, según severidad:; cortezas parahipocampales bilaterales (izquierda=38.62%; derecha=26.45%), corteza temporal total izquierda (25.75%), corteza frontal dorsal lateral izquierda (22.03%), hipocampo izquierdo (17.95%), corteza frontal dorsal lateral derecha (17.06%), corteza parietal superior B7 derecha (16.48%), corteza frontal total izquierda (15.86%), corteza parietal superior B5 derecha (12.88%), corteza parietal superior B7 izquierda (11.76%), corteza de la precuña B7 derecha (11.67%), corteza del cíngulo anterior izquierda (10.44%), corteza de la precuña B7 izquierda (7.82%) **(Apéndice ver Fig. 8)**

Objetivamos mayor disminución de las estructuras en el hemisferio izquierdo **(Apéndice ver Fig. 9)**, principalmente en los lóbulos temporal y parietal; en el caso del frontal se registró que la disminución total era mayor en el hemisferio derecho pero sin significancia estadística, y las estructuras volumétricamente más alteradas estructuralmente de forma significativa pertenecían al hemisferio izquierdo **(Apéndice ver Fig. 10)**

Al analizar los valores del lóbulo parietal verificamos que la disminución total promedio de los targets anatómicos seleccionados era mayor en su hemisferio izquierdo (a expensas de los registros de aumentos volumétricos en el hemisferio derecho sin significación estadística), pero se destaca que la mayor afectación volumétrica con significación estadística fue en el hemisferio derecho a diferencia de los otros lóbulos (cortezas parietales superiores B5, B7 y corteza de la precuña) **(Apéndice ver Fig. 11)**

Por gráfico de correlación aplicado a la morfometría pudimos objetivar que en pacientes con DTA:

- la edad presentaba un comportamiento inversamente proporcional con la volumetría de la corteza frontal orbital y dorsal lateral izquierdas ( $r^2=0.863$ ;  $r^2=0.918$ ) **(Apéndice ver Fig. 12)**
- el volumen cerebral total fue correlativo con la volumetría de la corteza frontal izquierda ( $r^2=0.905$ ) **(Apéndice ver Fig. 13)**
- el hipocampo izquierdo presentó un comportamiento directamente proporcional con la volumetría de la corteza del cíngulo anterior ( $r^2=0.867$ ) y del cíngulo posterior ipsilaterales ( $r^2=0.894$ ) **(Apéndice ver Figs. 14 y 15)**
- la corteza B5 izquierda presentó correlación con las cortezas parahipocampales derechas ( $r^2=0.89$ ), menor con las izquierdas ( $r^2=0.77$ ) y el cíngulo anterior izquierdo ( $r^2=0.74$ ) **(Apéndice ver Fig. 16)**
- la corteza parietal B5 derecha presentó correlación con las cortezas parahipocampales derechas ( $r^2=0.773$ ) y la corteza del cíngulo anterior izquierda ( $r^2=0.74$ ) **(Apéndice ver Fig. 17)**
- las cortezas B7, izquierda y derecha, no presentaron correlación volumétrica con ninguno de los targets neuroanatómicos estudiados
- el precúneo izquierdo presentó correlación con los volúmenes de las cortezas parahipocampales derechas ( $r^2=0.746$ ) y leve correlación con las cortezas dorsal lateral y temporal izquierdas ( $r^2=0.68$ ;  $r^2=0.67$ ); cabe destacar que esta estructura no presentó correlación con el hipocampo izquierdo ( $r^2=0.338$ ) **(Apéndice ver Fig. 18)**
- el precúneo derecho presentó correlación con los volúmenes de la corteza del cíngulo anterior izquierda ( $r^2=0.731$ ), de las cortezas parahipocampales (izquierda  $r^2=0.725$ ; derecha  $r^2=0.721$ ) y de las cortezas frontal y lateral izquierda ( $r^2=0.718$ ); destacando la falta de correlación con el hipocampo izquierdo **(Apéndice ver Fig. 19)**

La disminución de la volumetría cingular anterior permitió discriminar entre el deterioro cognitivo leve y moderado, detectándose su implicancia progresiva.

La gravedad evolutiva correlacionó con la reducción cortical total, cingular posterior y temporal derecha.

Se registraron hipoperfusiones en el flujo sanguíneo cortical (FSC) de las cortezas frontales, temporales y parietales estudiadas, con excepción de la corteza del cíngulo posterior (PC2) bilateral y la corteza prefrontal inferior (IPF1) derecha. **(Apéndice ver Fig. 20)**

En el promedio de FSC de las cortezas, sin discriminación del hemisferio correspondiente, objetivamos que sólo la corteza del cíngulo posterior presentaba una hipoperfusión. **(Apéndice ver Fig. 21)**

Al analizar el FSC por lóbulo cerebral determinamos que perfusión en los lóbulos frontal y temporal es menor en el hemisferio izquierdo, pero en el lóbulo parietal este comportamiento se invierte y se registró una menor perfusión en el hemisferio derecho. **(Apéndice ver Fig. 22)**

Por gráfico de correlación aplicado a los valores del FSC se determinó que:

- la perfusión de la corteza parietal PA2 derecha no correlacionó ni se implicó en los valores del FSC de la corteza de hipocampo **(Apéndice ver Fig. 23)**
- la corteza parietal PA2 derecha tuvo un FSC correlativo con el de la corteza del cíngulo anterior AC2 bilateral (izquierdo  $r_2= 0.89$ ; derecho  $r_2= 0.82$ ) y la corteza temporal posterior P1 derecha ( $r_2= 0.88$ ) **(Apéndice ver Figs. 24, 25 y 26)**
- la corteza parietal PA2 izquierda registró una alta correlación e implicancia con el FSC de la corteza prefrontal superior SPF1 ipsilateral ( $r_2=0.95$ ) **(Apéndice ver Fig. 27)**
- la corteza parietal PA1 derecha presentó correlación con la perfusión del hipocampo derecho ( $r_2=0.94$ ) y del cíngulo anterior AC2 ipsilateral ( $r_2=0.82$ ) **(Apéndice ver Fig. 28)**
- la corteza parietal PA1 izquierda mantuvo correlación con el FSC del hipocampo derecho ( $r_2=0.78$ ), registrándose una correlación más débil con la misma estructura en el hemisferio contralateral ( $r_2=0.72$ ) **(Apéndice ver Fig. 29)**

## Discusión

Los nuevos criterios del DSM han incorporado el uso de las neuroimágenes para el diagnóstico de la DTA. Esto se basa en su alto poder de sensibilidad y especificidad, así como implica una profunda responsabilidad de quienes interpretan

estos datos y quienes los informan.<sup>28-29</sup>

De las áreas del lóbulo parietal que se describen como posibles marcadores precoces, la precuña, las áreas B5 y los giros angular y supramarginal fueron los más estudiados.<sup>30</sup>

Citoarquitectónicamente, la precuña corresponde al área de Brodmann 7, la cual presenta estrecha relación con las áreas de Brodmann 31 y 23. Su red de conectividad cortical y subcortical es extensa e incluye a: las cortezas parietal medial y lateral, frontales, temporales, al tálamo, cuerpo estriado, claustró y tronco del encéfalo.

Karas et al.<sup>31</sup> hallaron que los pacientes con DTA de comienzo temprano presentaban una atrofia de la precuña la cual era desproporcionada e independiente de otras estructuras neuroanatómicas al compararlas con otros pacientes con DTA. La especificidad de la atrofia de la precuña se comprueba a partir de la ausencia relativa de atrofia hipocampal y se acompaña de puntuaciones bajas en los test cognitivos.

Dicho grupo de investigación fue el primero en disociar la atrofia de la precuña de la atrofia del hipocampo. Destacaron que no encontraron diferencias en las pruebas de memoria episódica, semántica y ejecutivas al compararlo con otros pacientes con DTA, y objetivaron significativas diferencias a nivel del funcionamiento visuoespacial, de la velocidad de procesamiento y funciones atencionales.

En los estudios de Greicius et al.<sup>32</sup> y Ishii et al.,<sup>33</sup> previos al de Karas et al, se publicó que las precuñas podrían tener un volumen más pequeño o con alteraciones neurofuncionales, como fuera descrito por Sakamoto et al.<sup>34</sup> y Scarmeas et al.<sup>35</sup> en aquellos pacientes con edades de comienzo más temprano de la DTA o con formas atípicas.

Desde una perspectiva neuropatológica de la DTA, los estudios que sentaron las bases de la estadificación de Braak y Braak en 1991<sup>12</sup> y revisada en 1999<sup>36</sup> han descrito que el daño se inicia en la corteza entorrinal, extendiéndose en el lóbulo temporal medial y posteriormente al resto de la corteza de forma centripeta. De hecho, la pérdida de células neuronales del hipocampo es mayor en pacientes con DTA de edad avanzada.

La continuidad de las investigaciones llevó a sugerir que los pacientes con DTA de inicio temprano también pueden registrar una temprana pérdida sináptica en la corteza del cíngulo posterior y la precuña.<sup>37</sup> Bradley et al.<sup>38</sup> realizaron un estudio que combinó la TEFU con el estudio post-mortem de encéfalos clasificados según los estadios de Braak y Braak y hallaron que el hipometabolismo de la precuña se objetivaba

en los pacientes que habían sido clasificados en las etapas entorrinal o límbica de dicha clasificación Braak (es decir, cambios leves). La precuña y la corteza del cíngulo posterior desempeñan un papel importante en una red cortical ya que presentan el mayor nivel de actividad metabólica basal en controles según los estudios con RMf publicados por Wang et al.<sup>39</sup>

Funcionalmente estas regiones están implicadas en procesos visuoespaciales tales como la recuperación del contexto espacial de eventos, detección de la velocidad de los objetivos espaciales y en el procesamiento de los aspectos egocéntricos de movimiento. La corteza del cíngulo posterior<sup>37</sup> y la corteza retrosplenial (parecen tener un papel secundario en funciones de la memoria episódica, ya sea espacial o no espacial)<sup>40</sup> y la región más anterior de las precuñas estarían involucradas en el modo de recuperación, mientras que la posterior en la consolidación de la recuperación.

En consecuencia, no es sorprendente la heterogeneidad del perfil clínico con un predominio de los trastornos visuoespaciales en la DTA, en especial en los estadios tempranos.

Correlativo con la clínica, dichos hallazgos sustentan las descripciones de los estudios neuropsicológicos<sup>41</sup> que al comparar a los pacientes con DTA de inicio temprano y los de inicio tardío, los primeros obtienen peores resultados en las habilidades lingüísticas, habilidades visuoespaciales y fun-

ciones ejecutivas, mientras que el deterioro de la memoria inmediata y retardada se presenta igualmente en los dos grupos.<sup>42-43-44-45</sup>

Por lo expuesto, la bibliografía internacional encuentra a la atrofia de la precuña como la más prevalente en el inicio temprano de la DTA y en ausencia de la atrofia del hipocampo. En nuestro estudio observamos mayor porcentaje de afectación volumétrica en cortezas parahipocampales bilaterales (38.62% en hemisferio izquierdo, 26.45% en hemisferio derecho) e hipocampo izquierdo (17.95%) en relación con la corteza de la precuña derecha (11.67%) y la corteza de la precuña B7 izquierda (7.82%).

## Conclusiones

Nuestros hallazgos del compromiso parietal no revelan implicancia temprana de precuña ni de otras áreas en la determinación del deterioro cognitivo temprano.

La disminución volumétrica cingular anterior permitió discriminar entre deterioro cognitivo leve y moderado, detectándose su implicancia progresiva. La gravedad evolutiva correlacionó con la reducción cortical total, cingular posterior y temporal derecha, siendo la afectación de corteza parietal derecha determinante entre deterioro cognitivo moderado y severo.

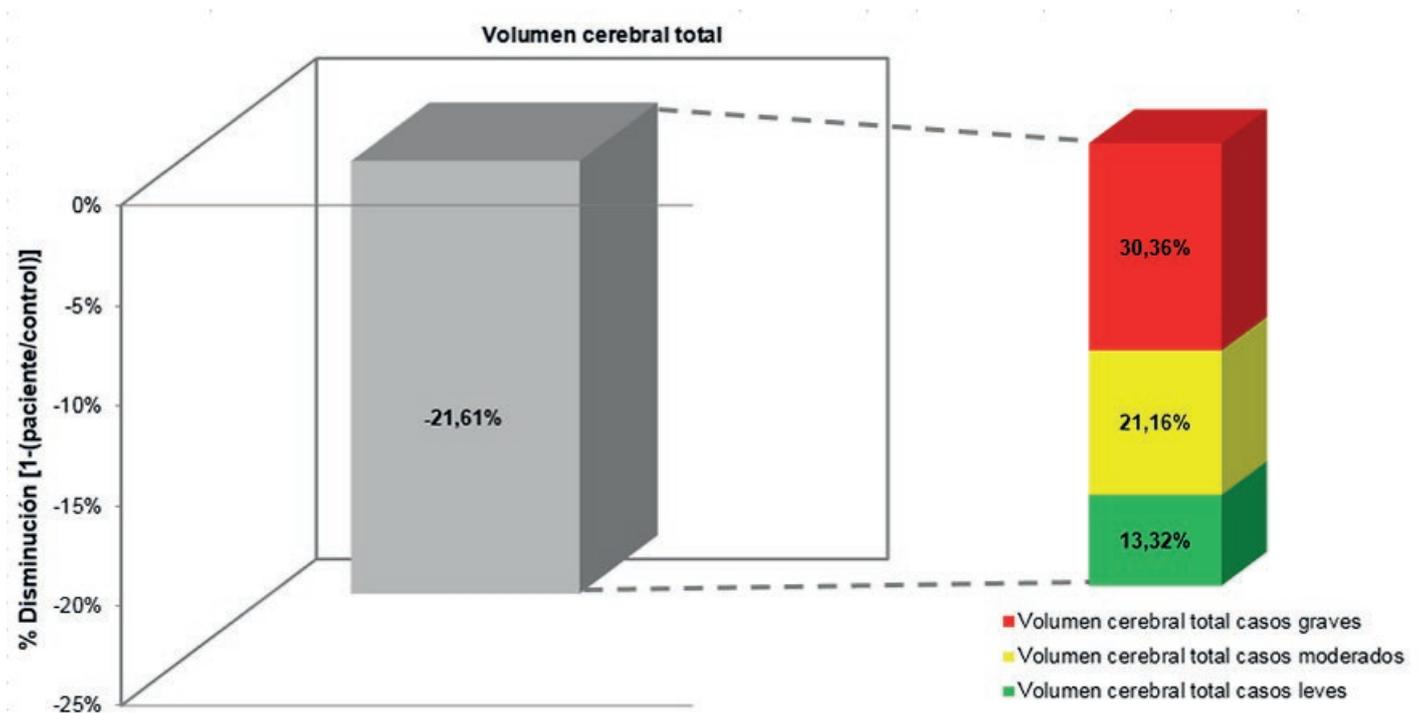


Fig. 4: Porcentaje de disminución volumétrica cortical total con especificación de la gravedad evolutiva de pacientes con DTA según RM

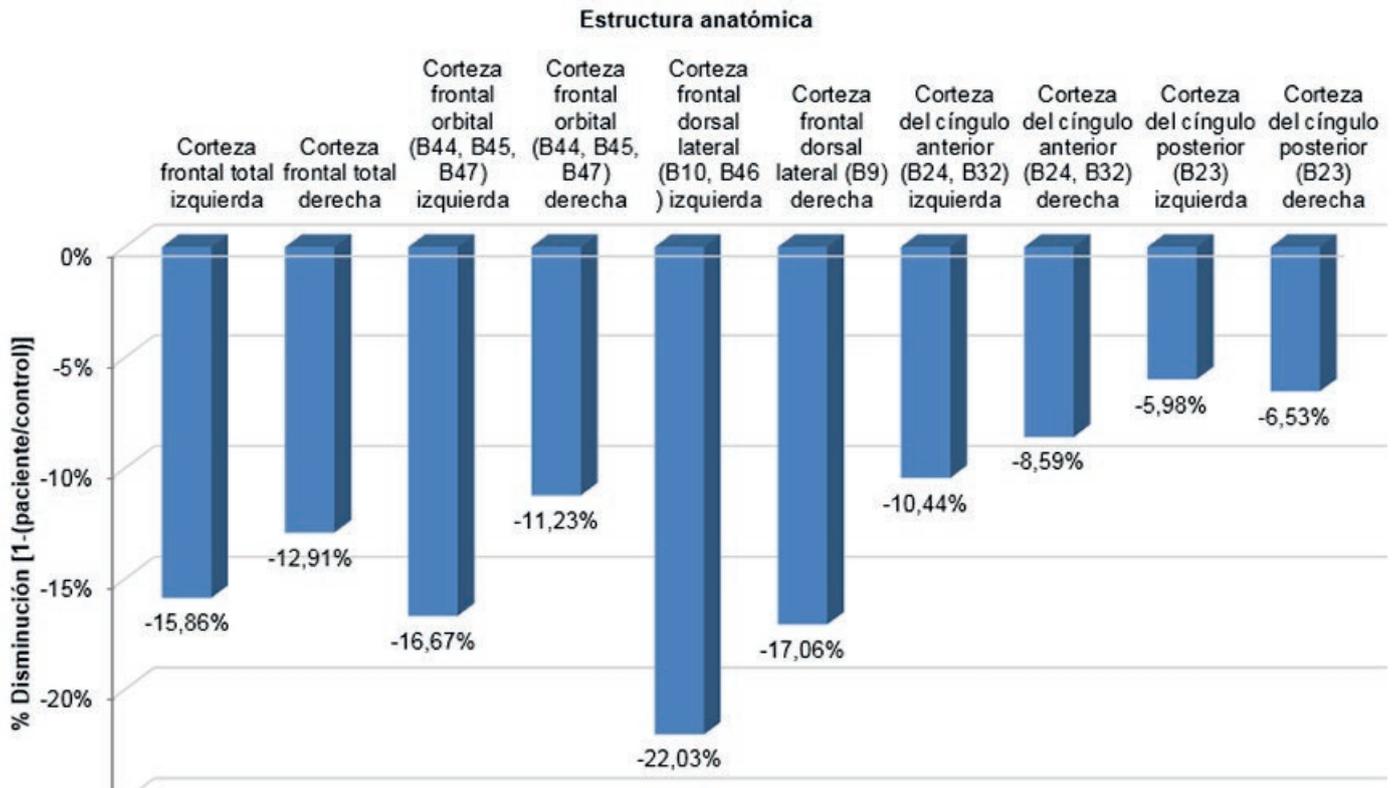


Fig. 5: Porcentaje de disminución volumétrica entre pacientes con DTA y controles en las cortezas frontales cuantificadas por RM

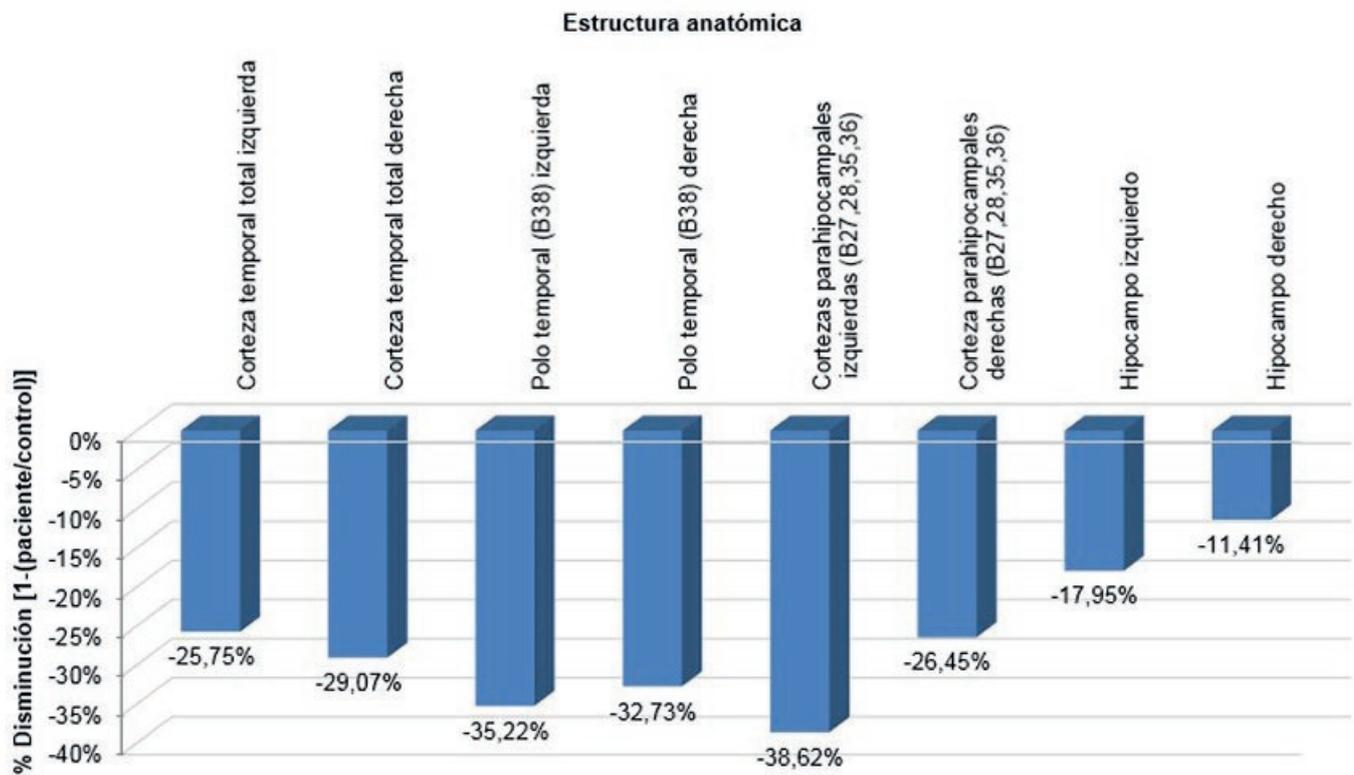


Fig. 6: Porcentaje de disminución volumétrica entre pacientes con DTA y controles en las cortezas temporales cuantificadas por RM

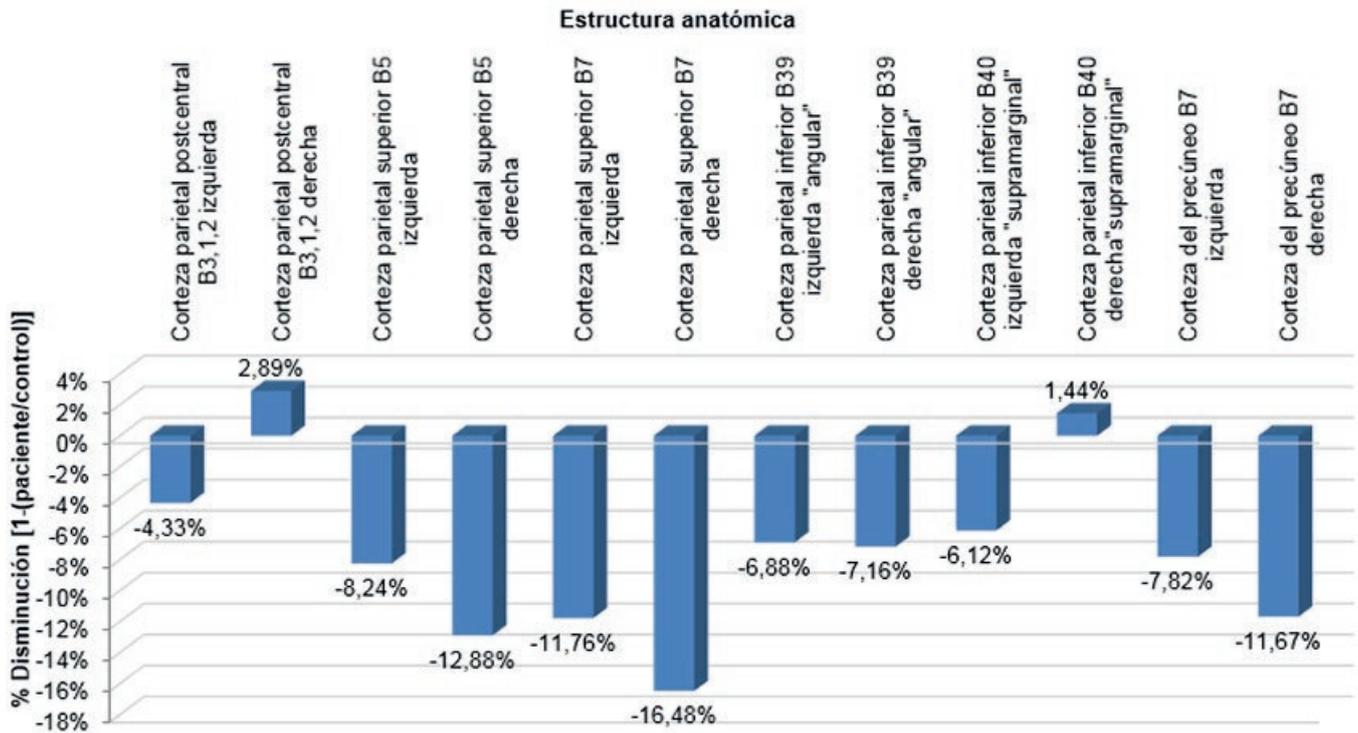


Fig. 7: Porcentaje de disminución volumétrica entre pacientes con DTA y controles en las cortezas parietales cuantificadas por RM

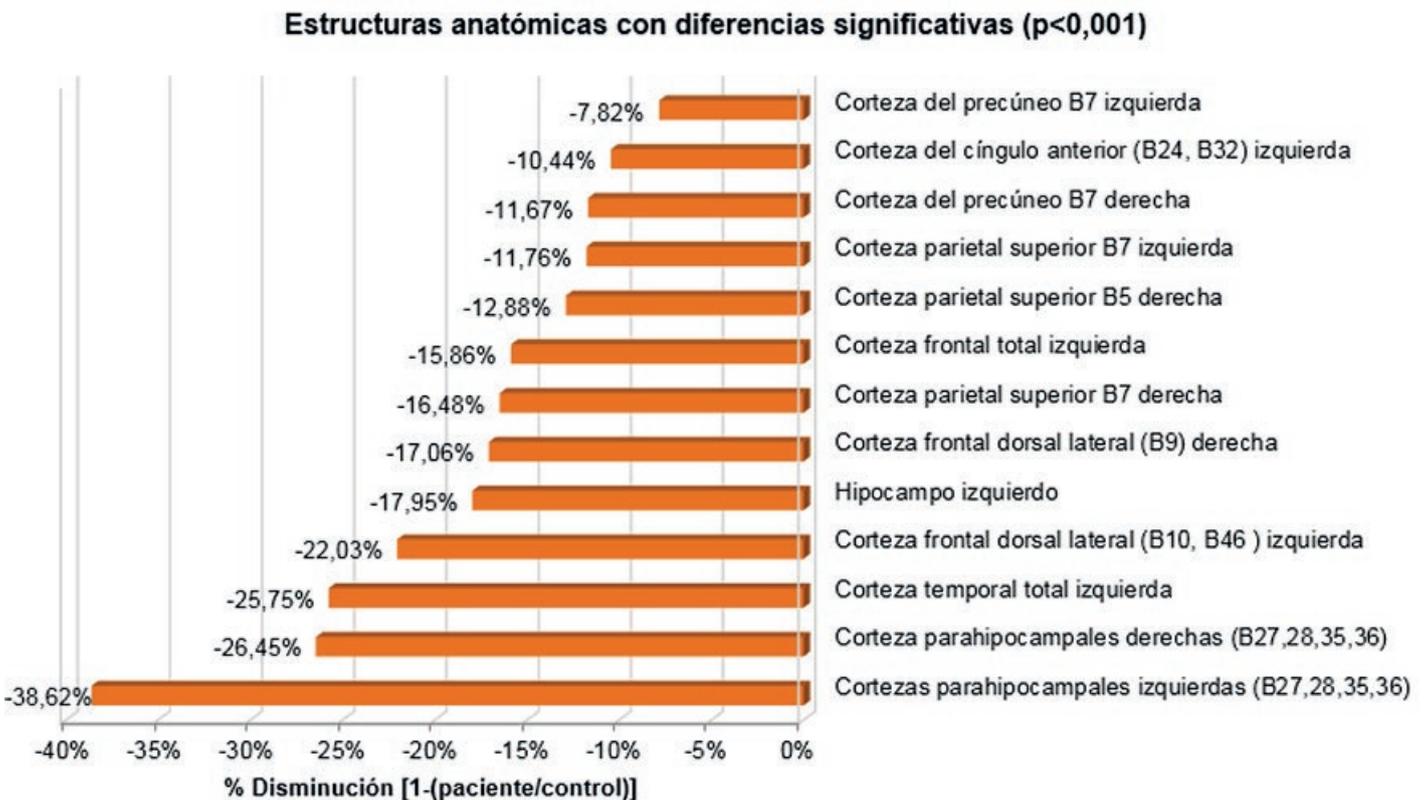
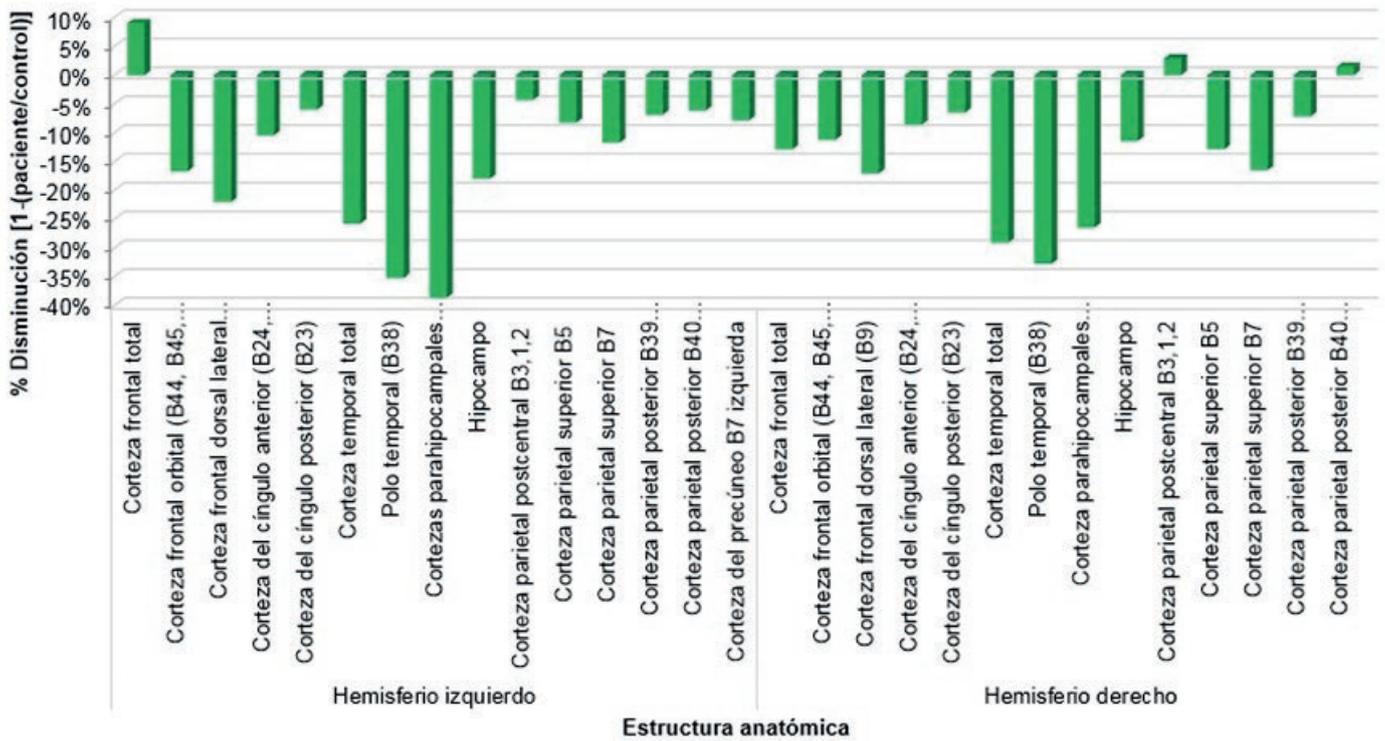
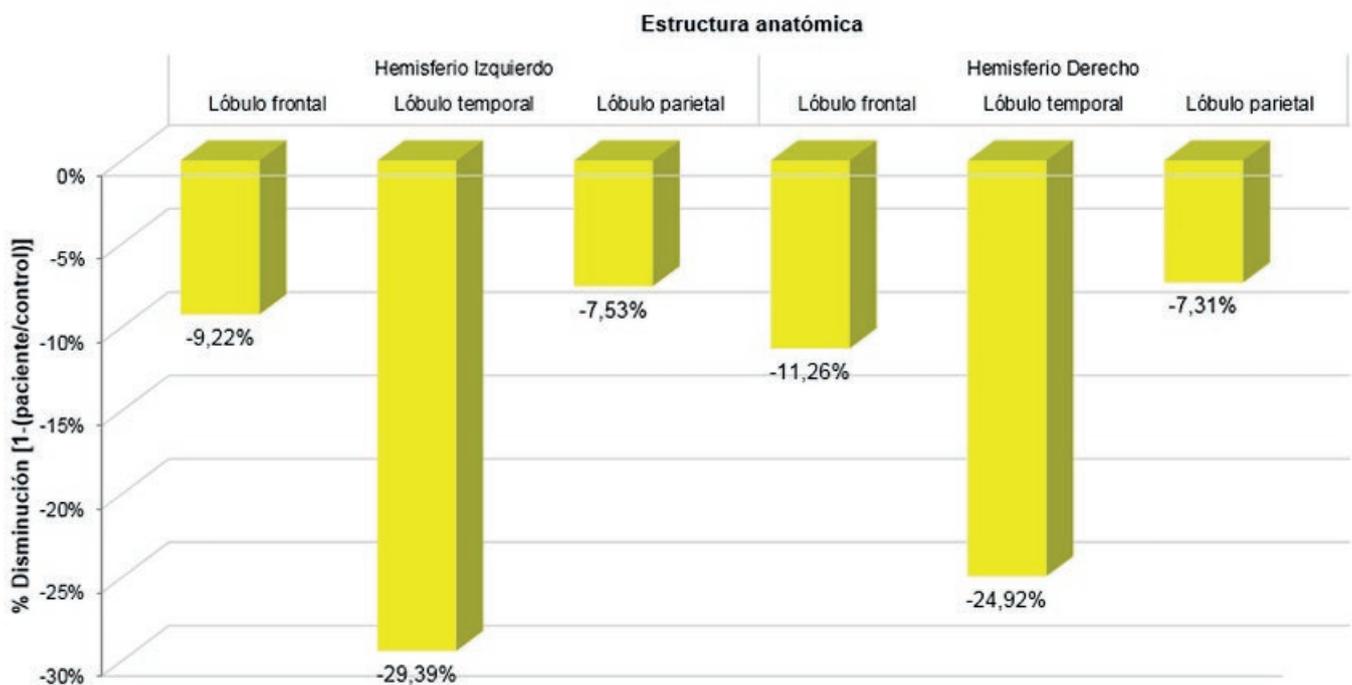


Fig. 8: Porcentaje de disminución volumétrica significativa ( $p < 0,001$ ) entre pacientes con DTA y controles cuantificadas por RM



**Fig. 9:** Porcentaje de disminución volumétrica según hemisferio cerebral entre pacientes con DTA y controles cuantificadas por RM



**Fig. 10:** Porcentaje de disminución volumétrica según hemisferio cerebral y con especificación del lóbulo cerebral entre pacientes con DTA y controles cuantificadas por RM

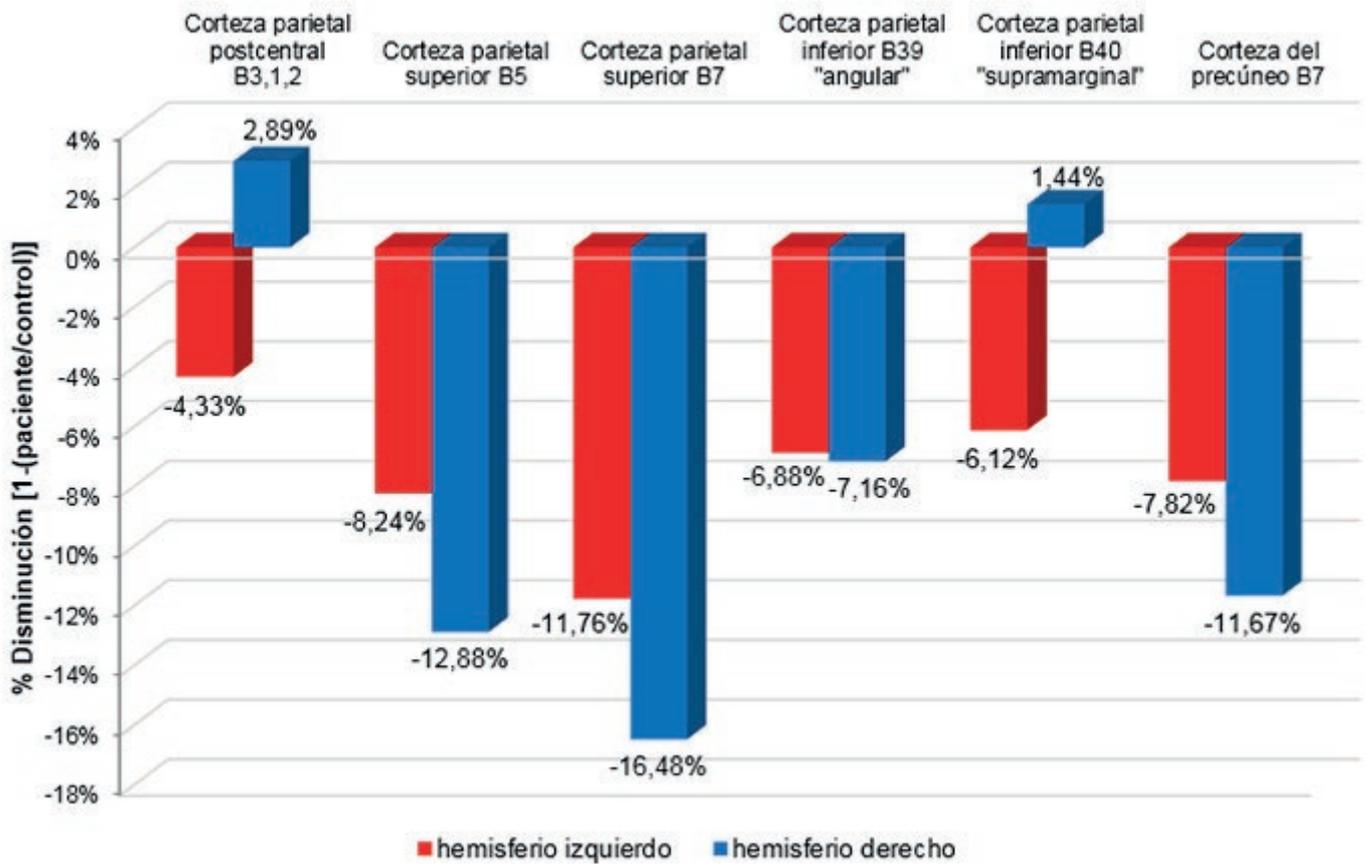


Fig. 11.: Porcentaje de disminución volumétrica en la corteza parietal según hemisferio entre pacientes con DTA y controles cuantificadas por RM

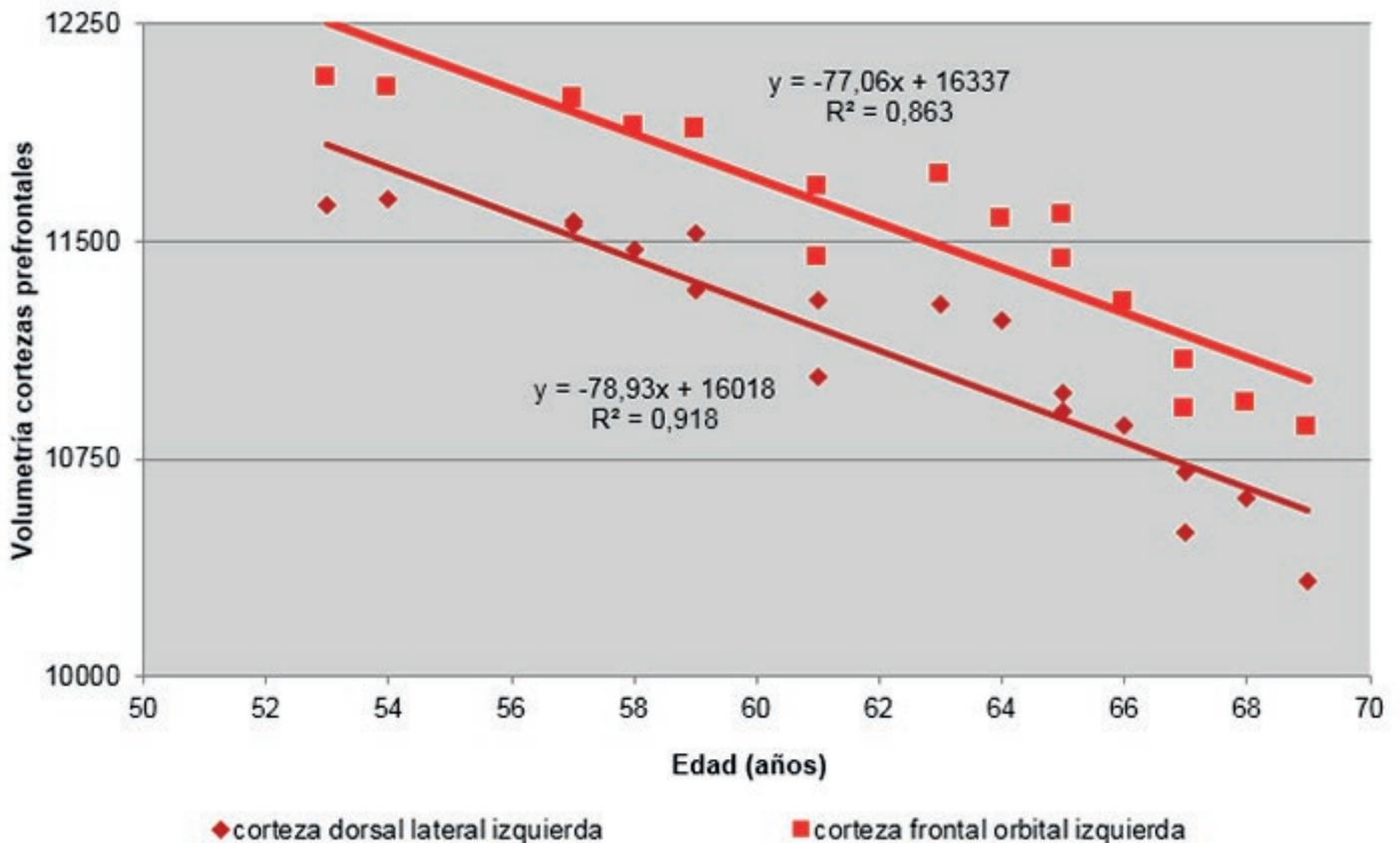


Fig. 12: Correlación entre la edad y la volumetría de cortezas prefrontales de pacientes con DTA por RM

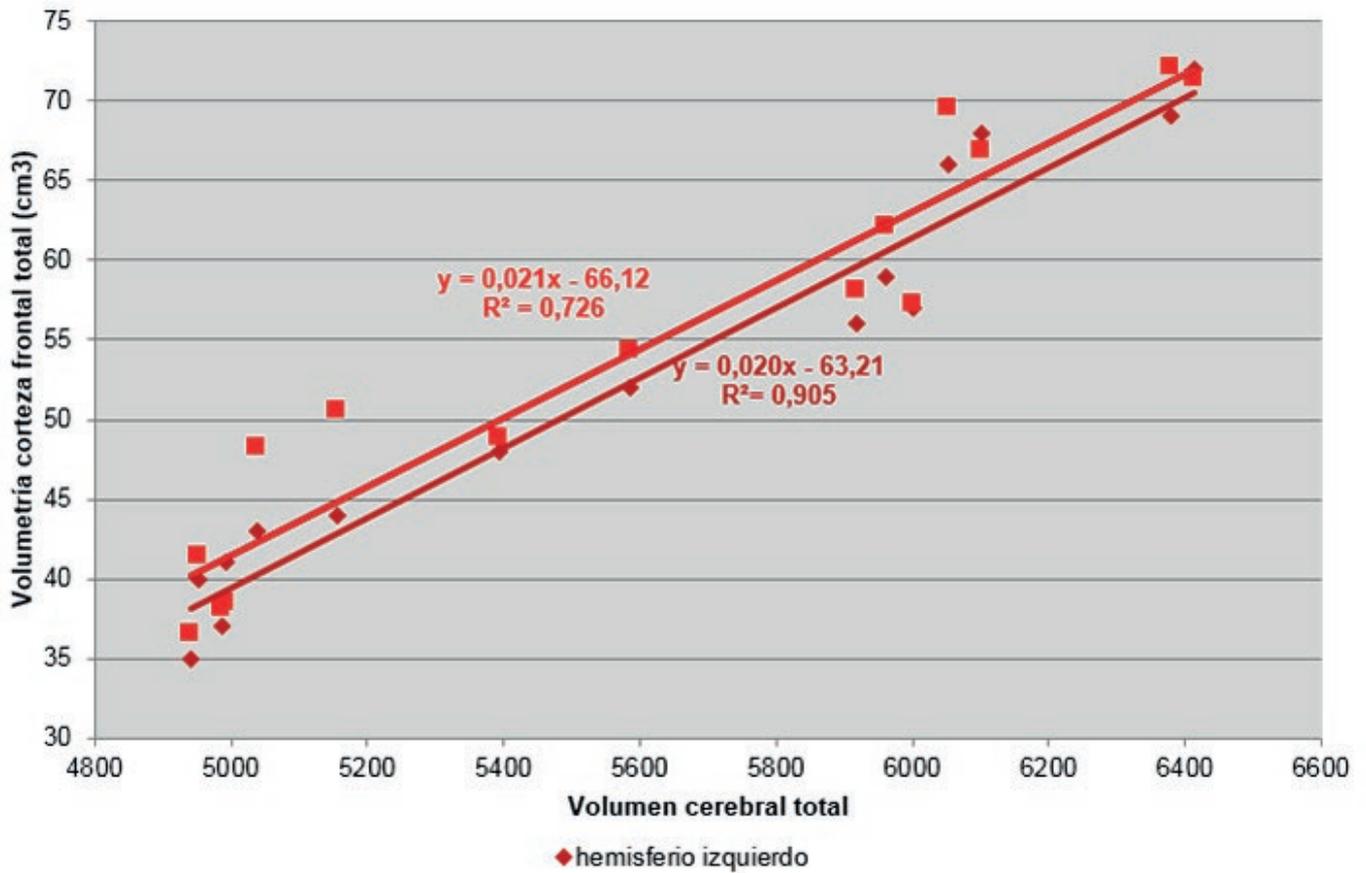


Fig. 13: Correlación entre el volumen cerebral total y el de la corteza frontal total de pacientes con DTA por RM

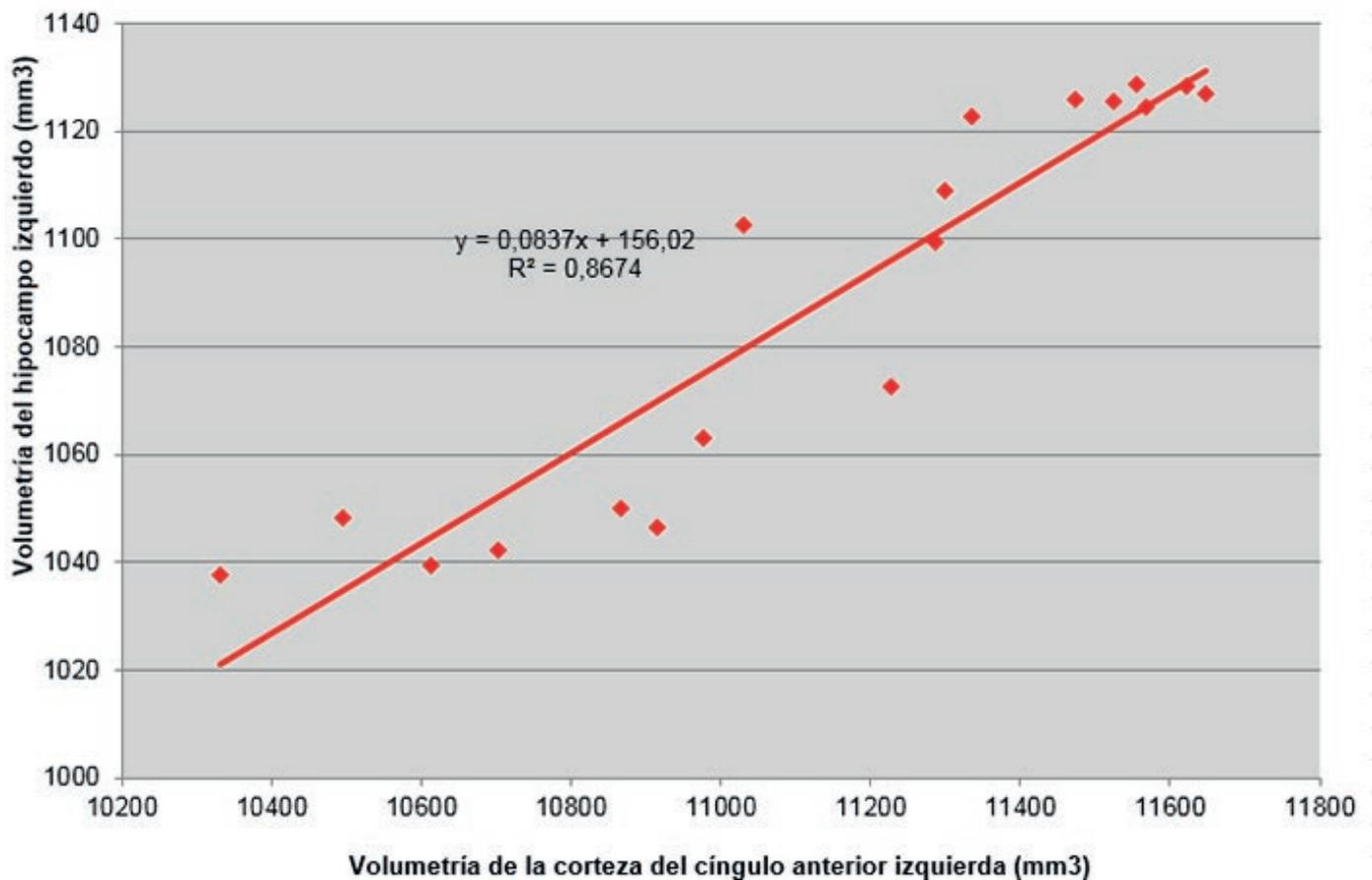


Fig. 14: Correlación entre la volumetría del cíngulo anterior izquierdo y la del hipocampo ipsilateral de pacientes con DTA por RM

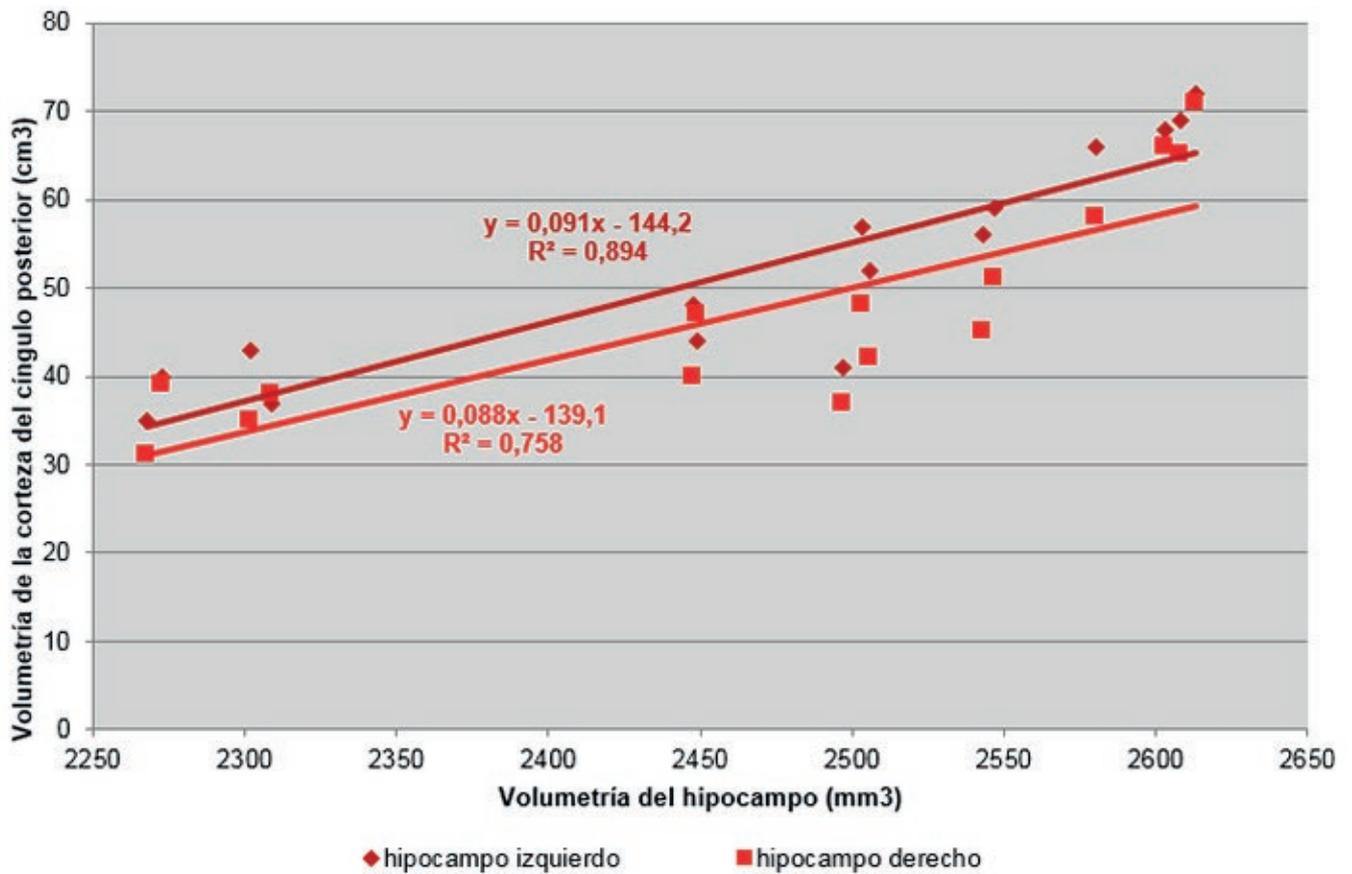


Fig. 15: Correlación entre la volumetría del hipocampo y de la corteza del cíngulo posterior de pacientes con DTA por RM.

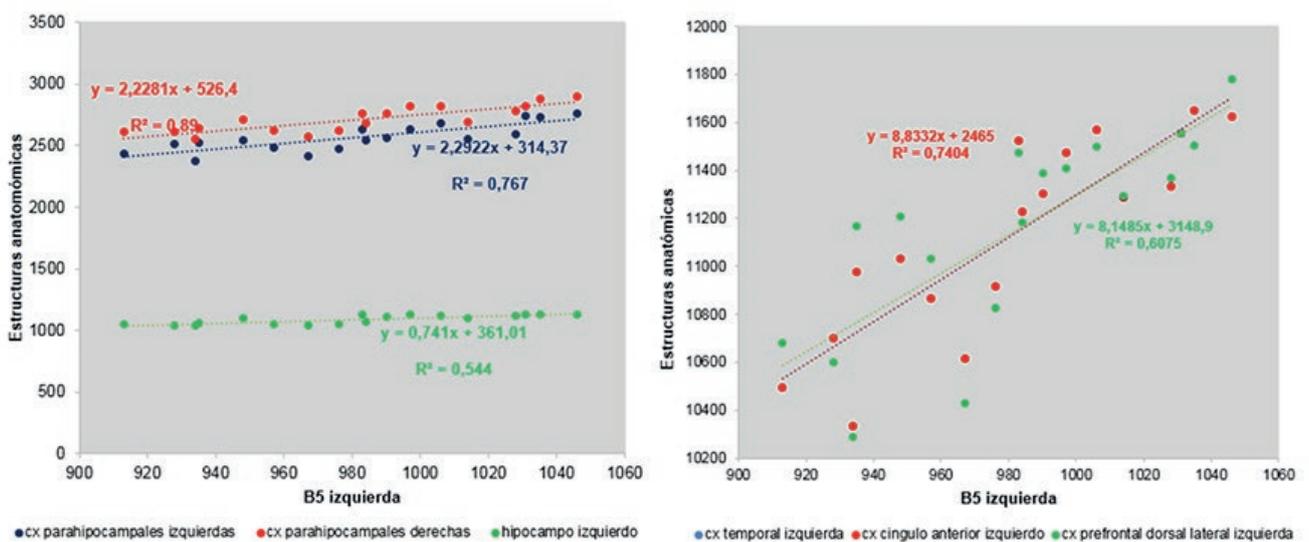


Fig. 16: Correlación entre la volumetría del área B5 izquierda y cortezas cerebrales en pacientes con DTA por RM

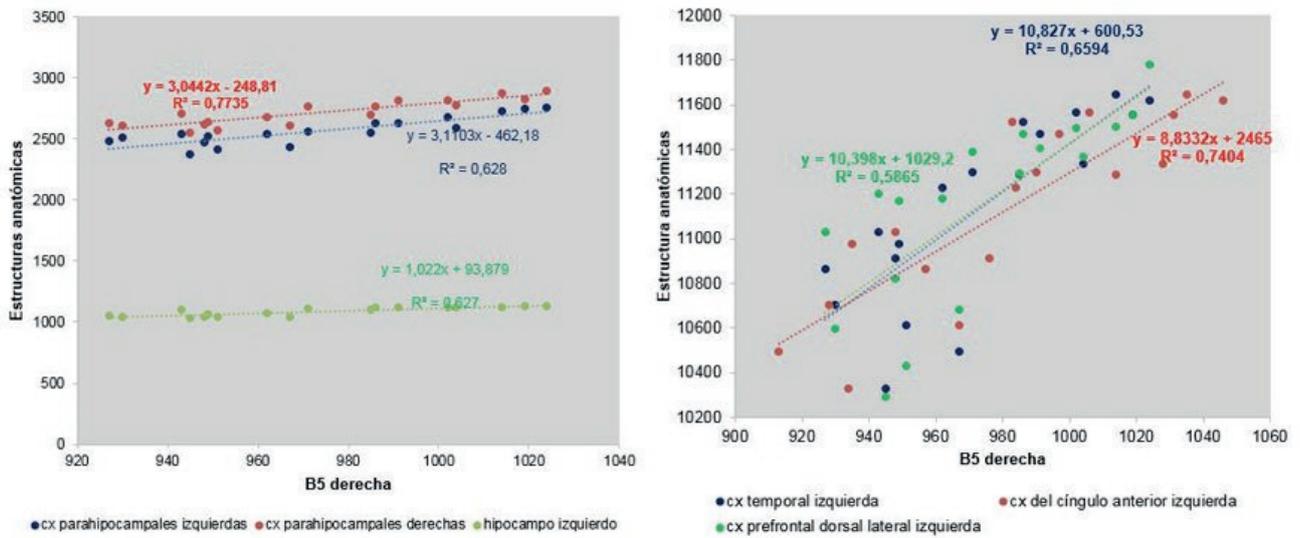


Fig. 17: Correlación entre la volumetría del área B5 derecha y cortezas cerebrales en pacientes con DTA por RM

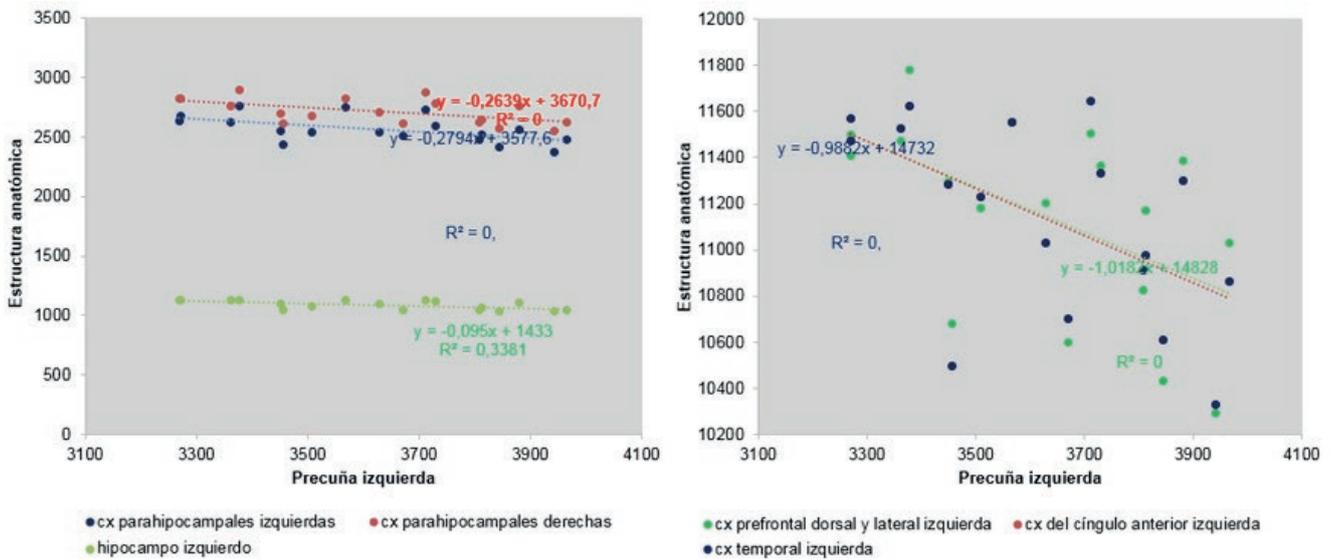


Fig. 18: Correlación entre la volumetría de la precuña izquierda y cortezas cerebrales en pacientes con DTA por RM

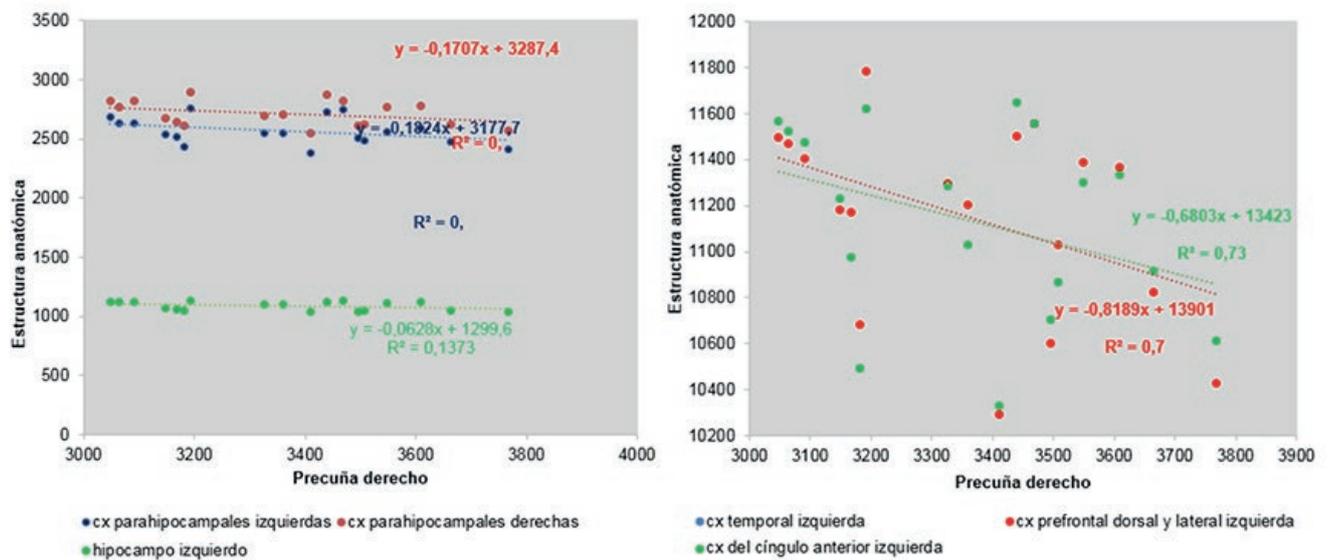


Fig. 19: Correlación entre la volumetría de la precuña derecha y cortezas cerebrales en pacientes con DTA por RM

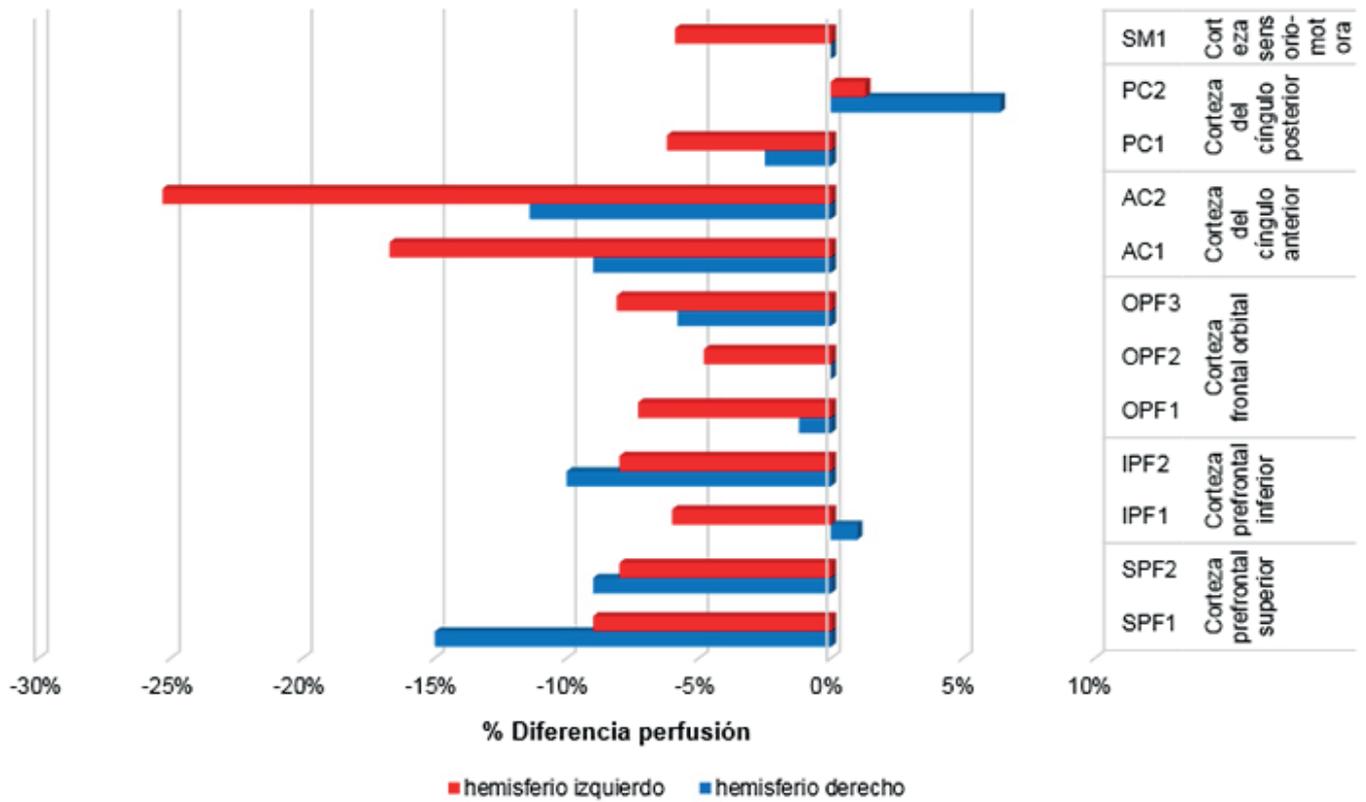


Fig. 20: Diferencias perfusionales registradas entre pacientes con DTA y controles en las áreas de los lóbulos frontal, temporal y parietal (Tanaka et al.)

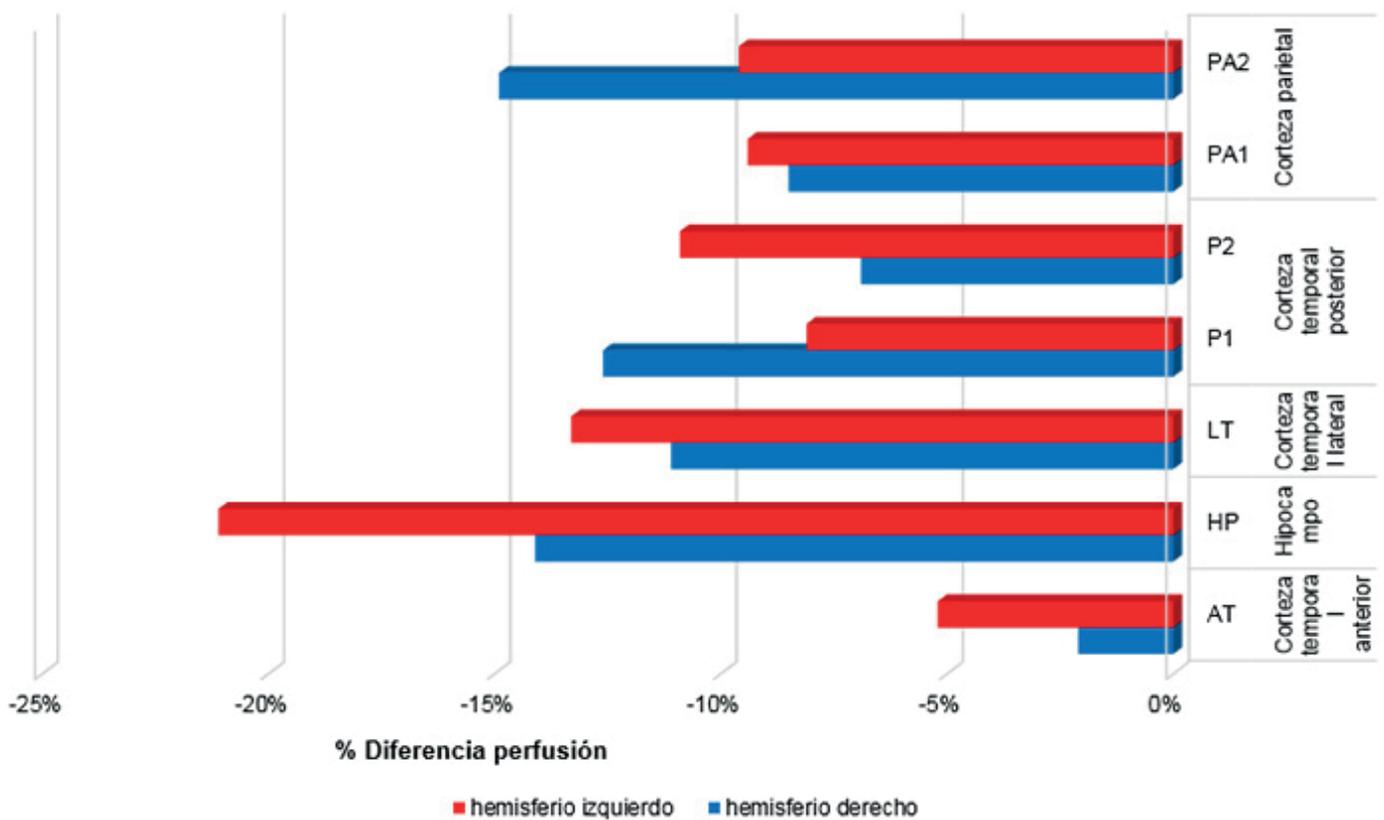


Fig. 21: Diferencias perfusionales según hemisferio registradas entre pacientes con DTA y controles en las áreas de los lóbulos temporales y parietales (Tanaka et al.)

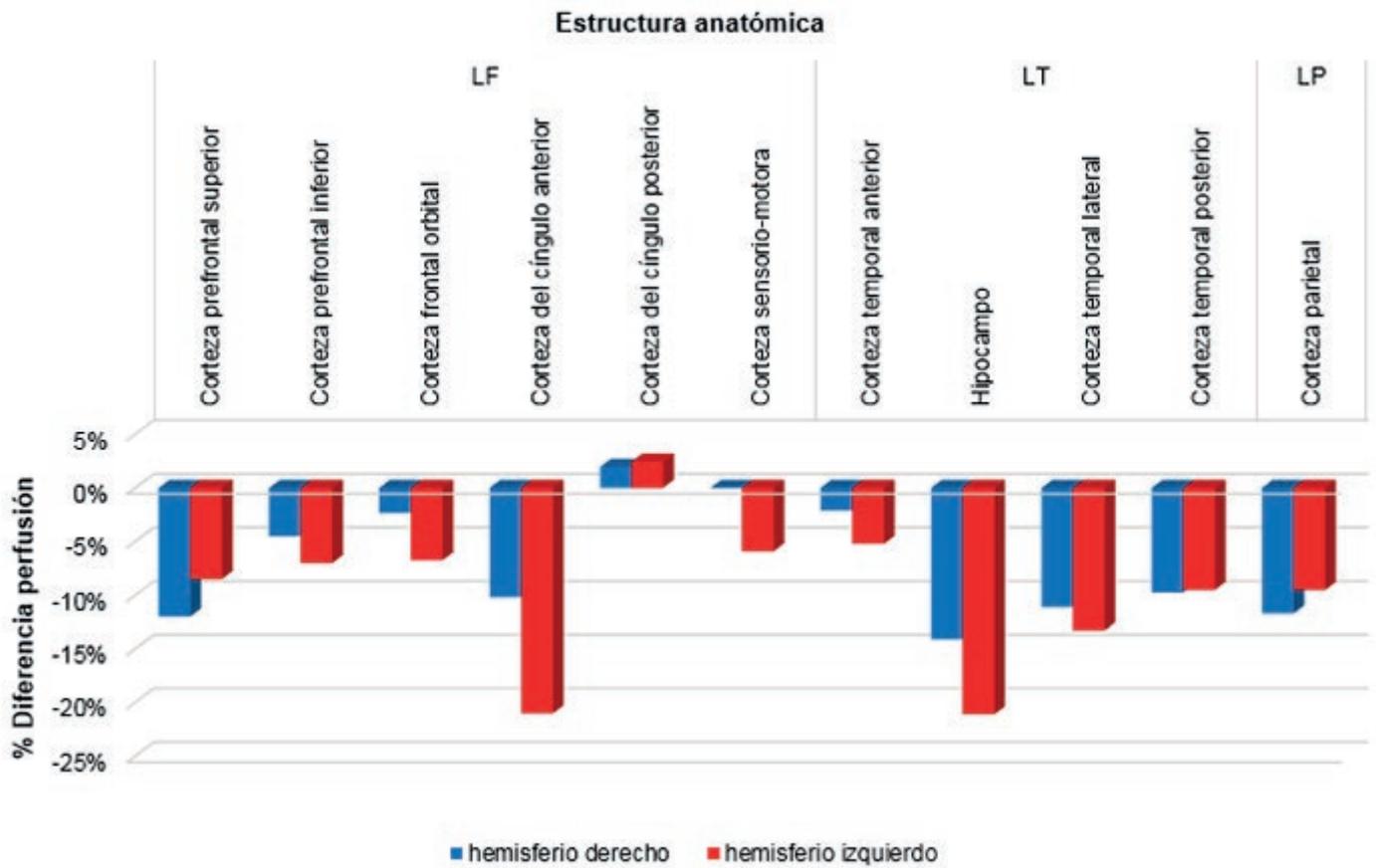


Fig. 22: Diferencias perfusionales según hemisferio registradas entre pacientes con DTA (Tanaka et al.)

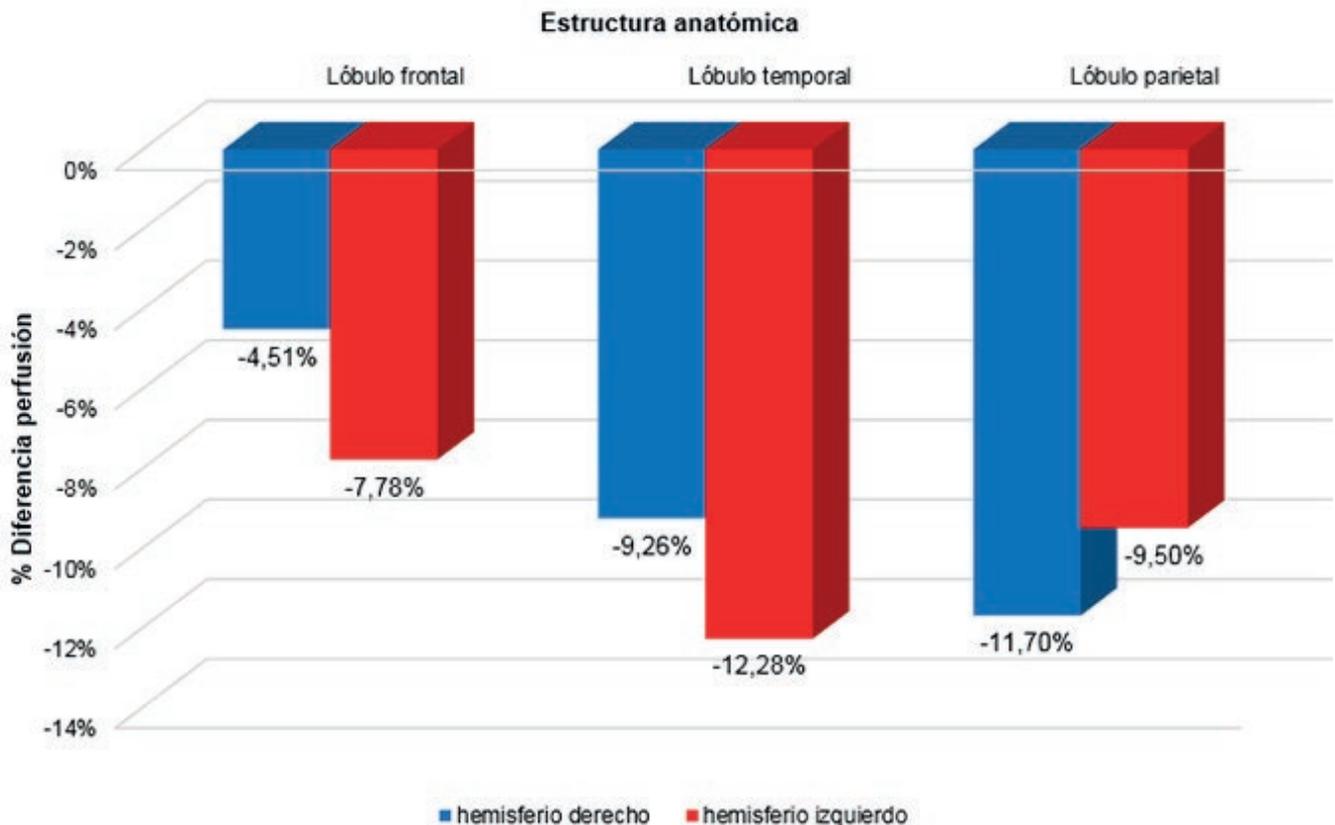


Fig. 23: Diferencias perfusionales registradas entre pacientes con DTA en los lóbulos estudiados (Tanaka et al.)

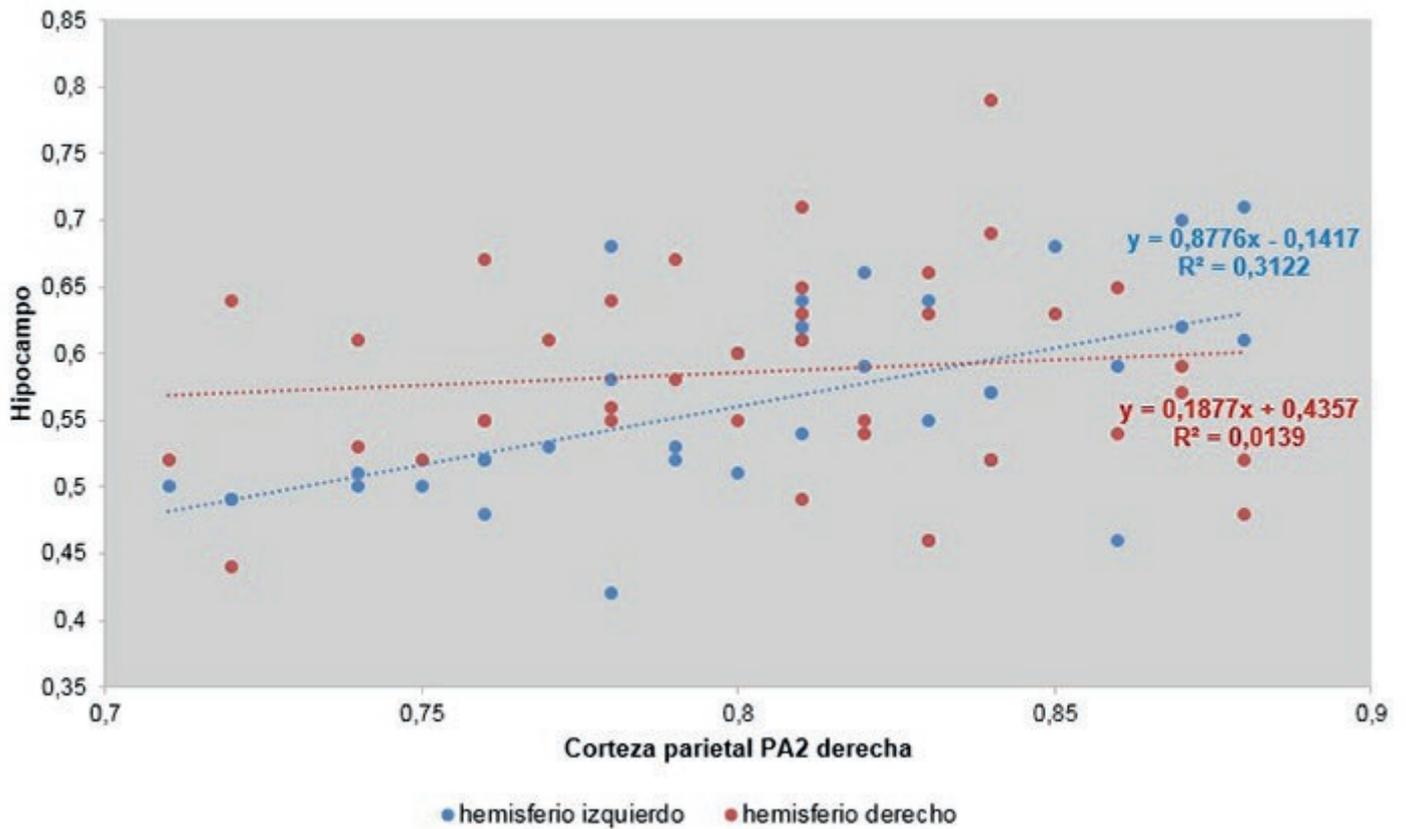


Fig. 24: Correlación entre la perfusión de la corteza parietal PA2 derecha y la corteza del hipocampo en pacientes con DTA por SPECT

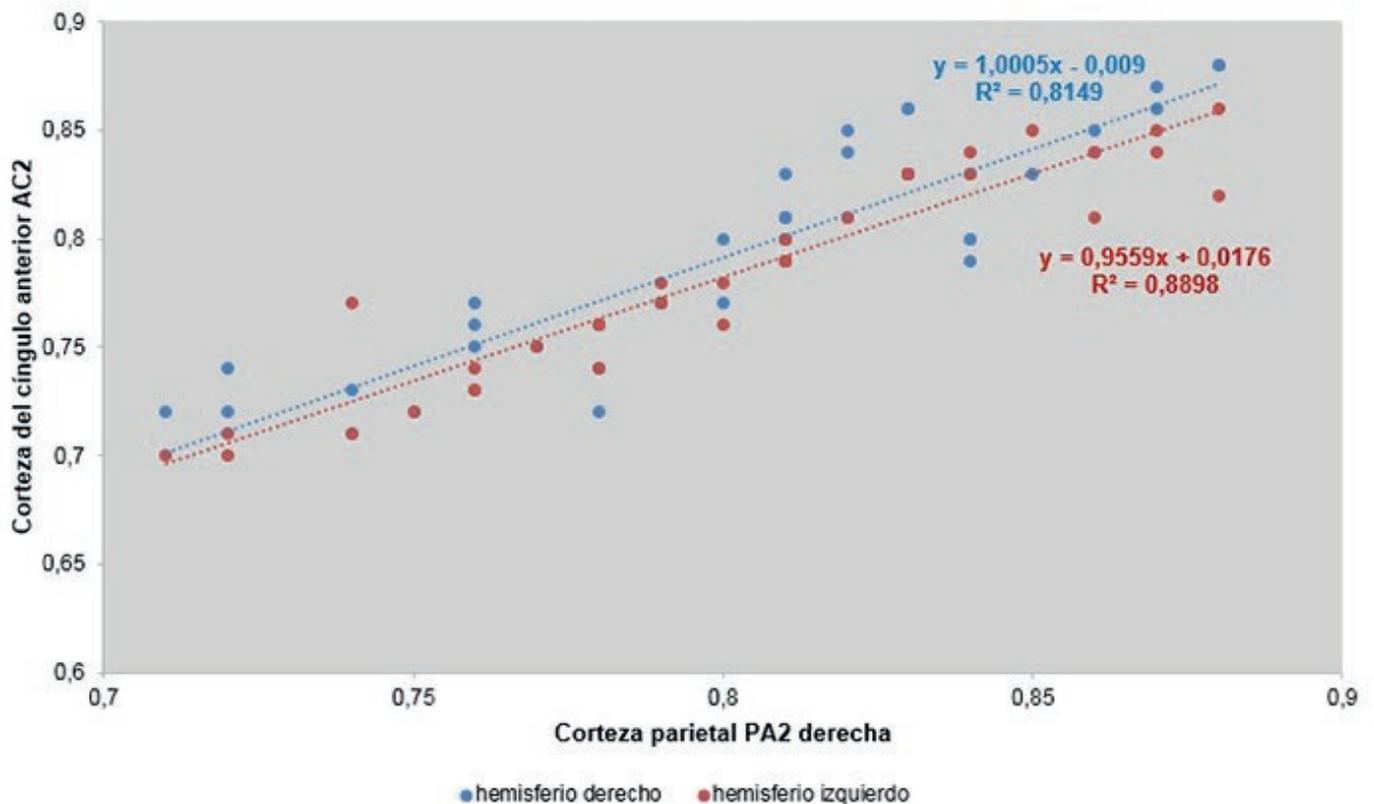


Fig. 25: Correlación entre la perfusión de la corteza parietal PA2 derecha y la corteza del cíngulo anterior AC2 en pacientes con DTA por SPECT

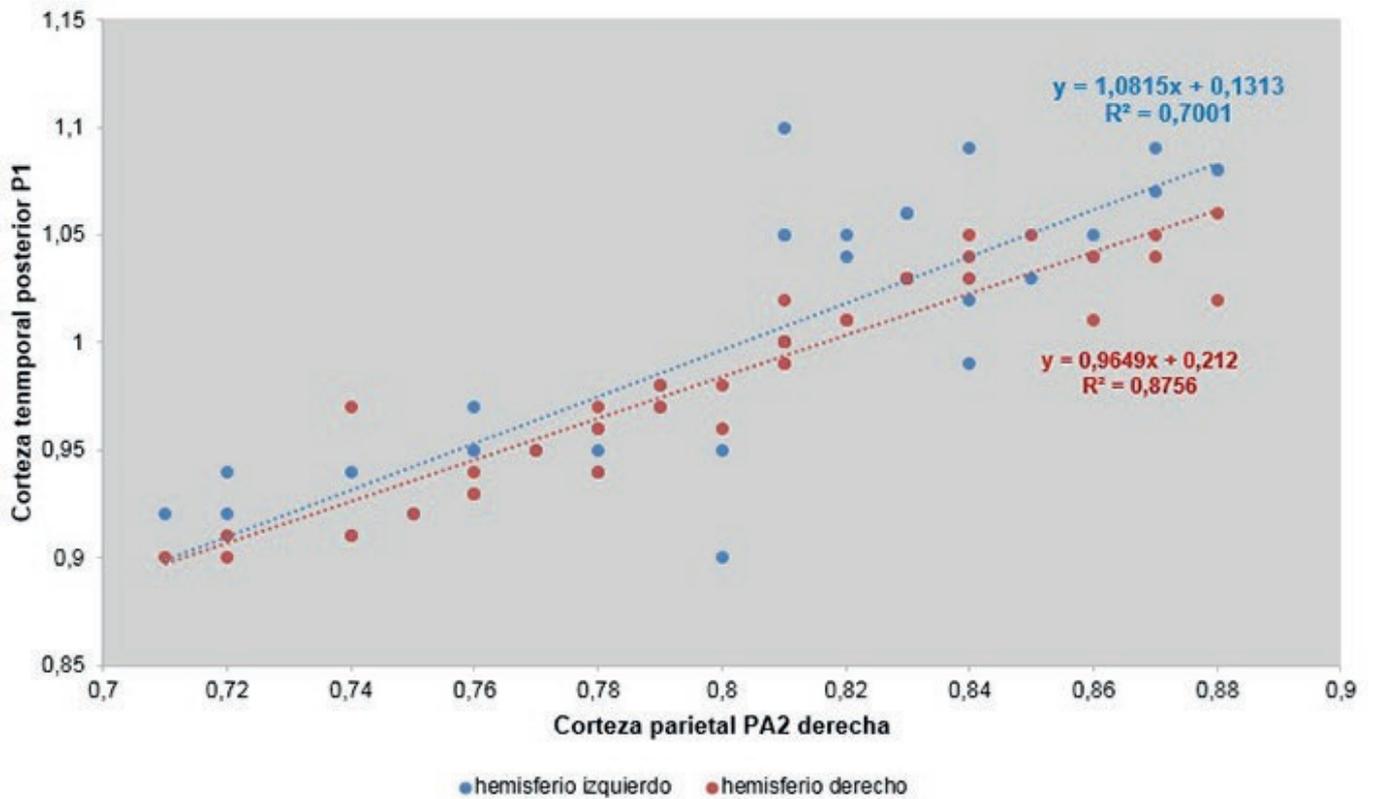


Fig. 26: Correlación entre la perfusión de la corteza parietal PA2 derecha y la corteza temporal posterior P1 en pacientes con DTA por SPECT

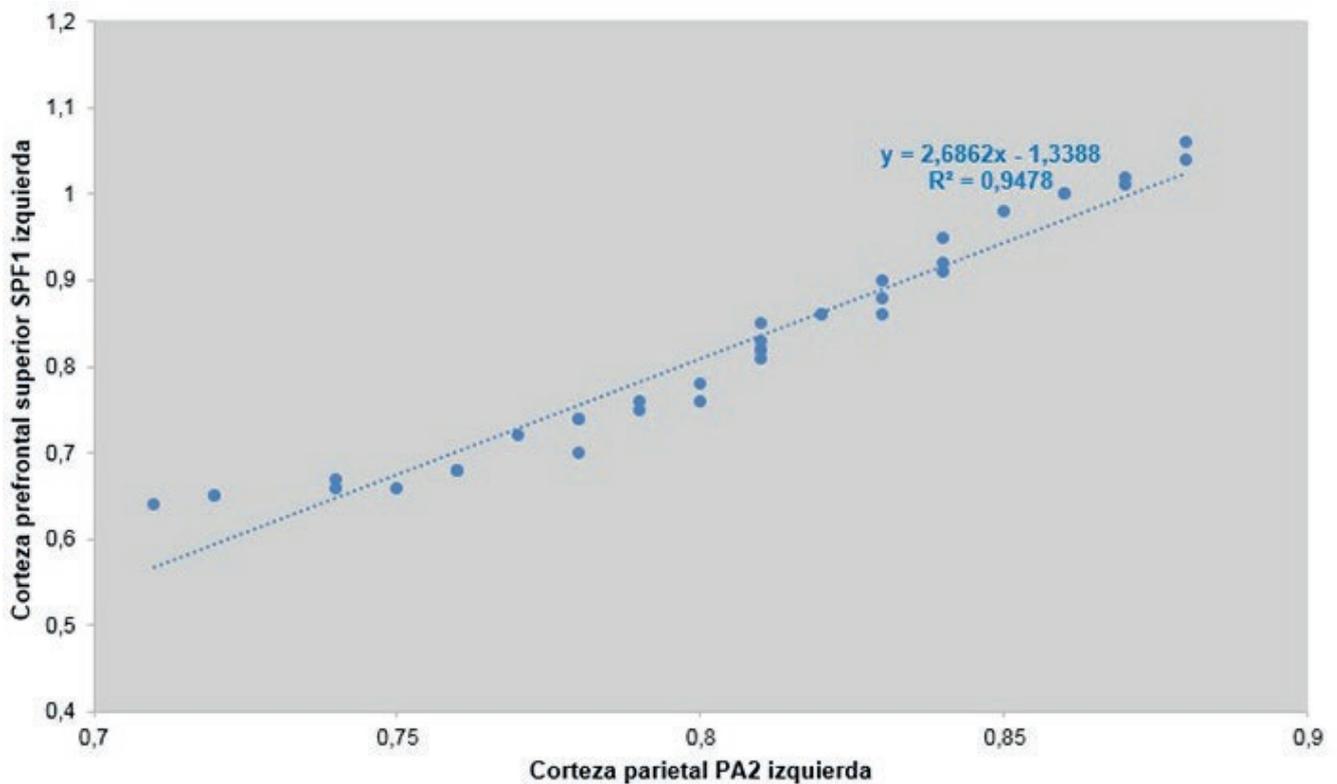


Fig. 27: Correlación entre la perfusión de la corteza parietal PA2 izquierda y la corteza prefrontal superior CPF1 ipsilateral en pacientes con DTA por SPECT

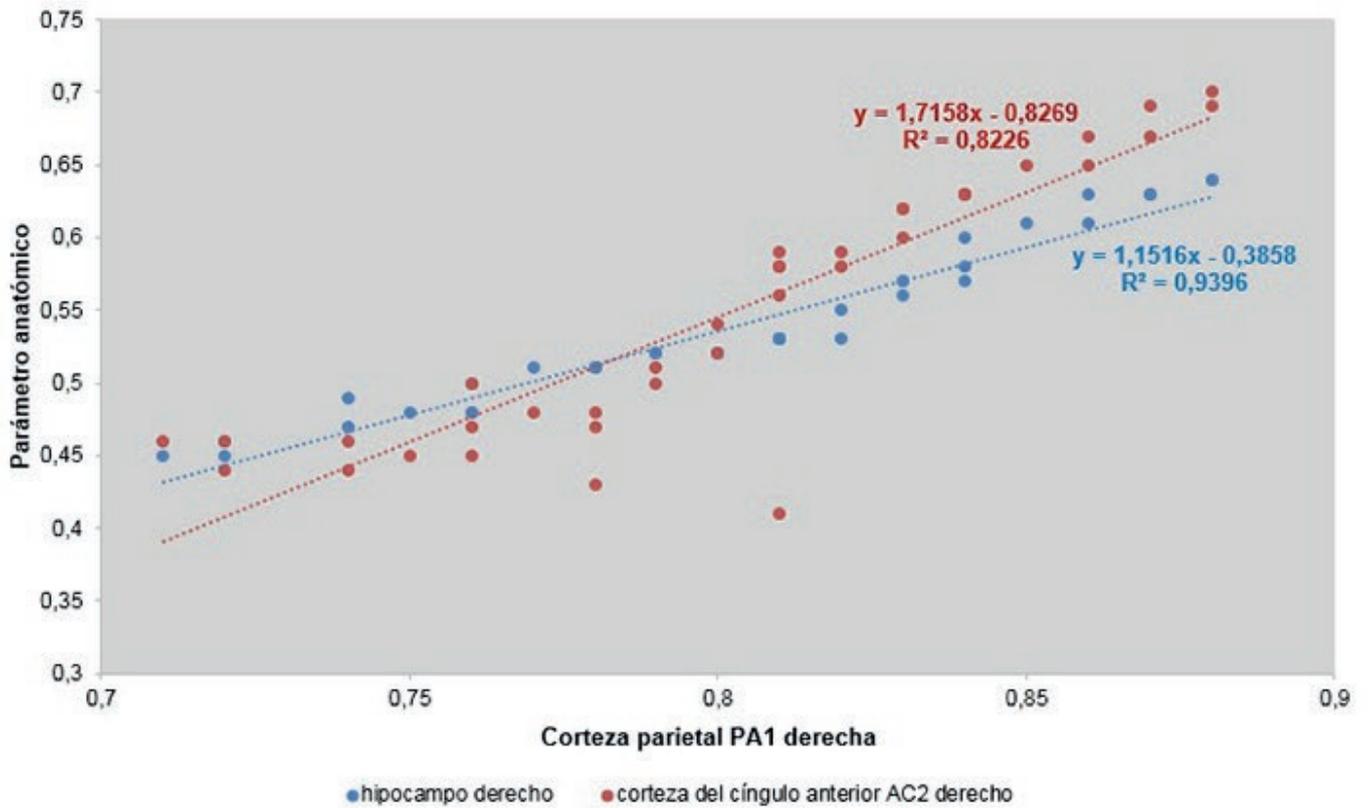


Fig. 28: Correlación entre la perfusión de la corteza parietal PA1 derecha y la corteza del hipocampo y del cíngulo anterior AC2 ipsilaterales en pacientes con DTA por SPECT

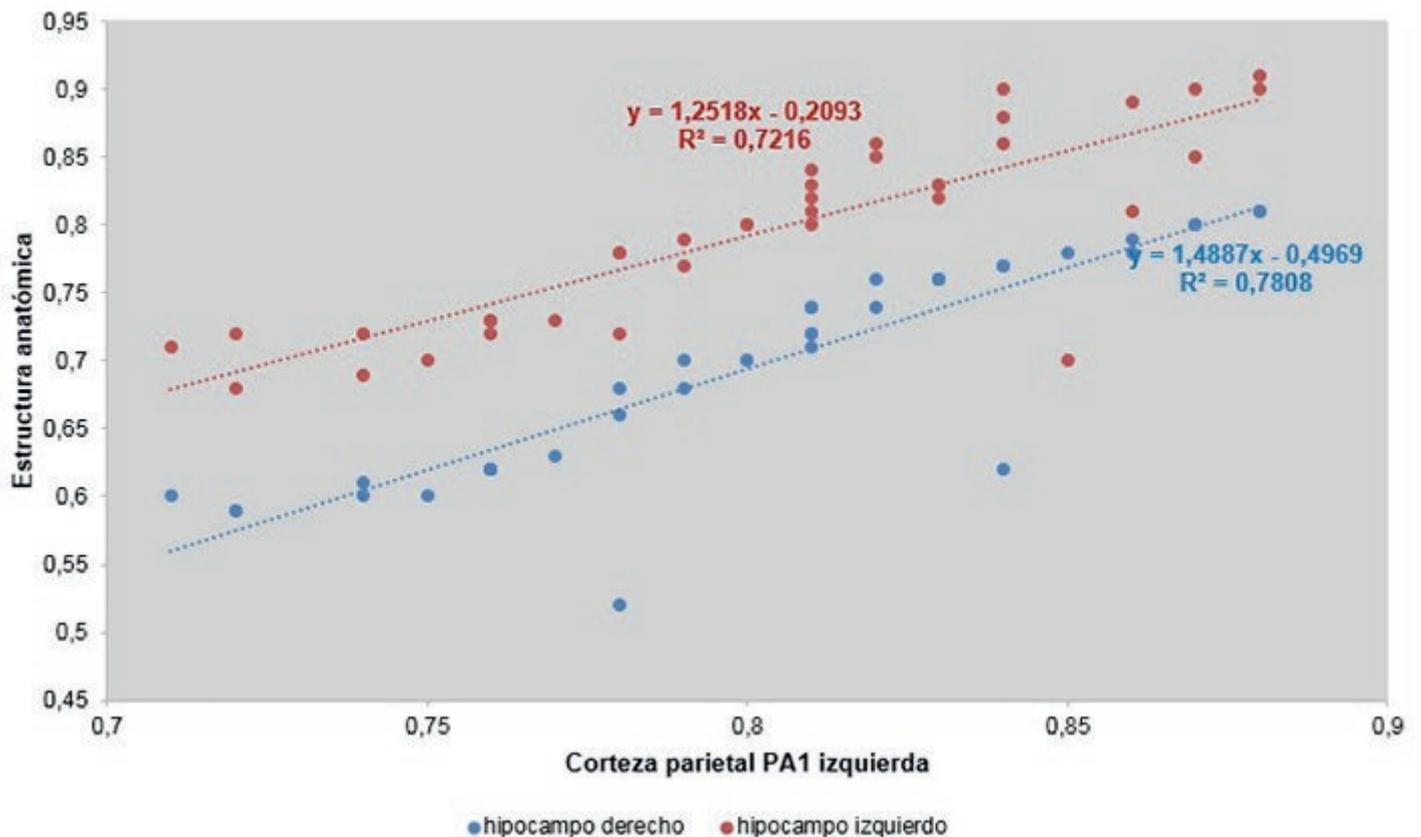


Fig. 29: Correlación entre la perfusión de la corteza parietal PA1 izquierda y la corteza del hipocampo bilateral en pacientes con DTA por SPECT

## Referencias

1. Pearlson, G.D.; Harris, G.J.; Powers, R.E. et al. *Quantitative changes in mesial temporal volume, regional cerebral blood flow, and cognition in Alzheimer's disease*. Arch Gen Psychiatry 1992;49:402-408.
2. Tornese, E.B.; Mazzoglio y Nabar, M. *Parcelación de la corteza temporal por resonancia magnética en femininas con Demencia tipo Alzheimer*. 11° Congreso Argentino de Neurociencia y Salud Mental. Buenos Aires, Argentina. 2008.
3. Tornese, E.B.; Mazzoglio y Nabar, M.J. *Correlatos anatómo-clínicos de la memoria declarativa en la Demencia tipo Alzheimer*. XXVI Congreso Argentino de Psiquiatría, Mar del Plata 21 al 24 de abril de 2010.
4. Frisoni, G.B.; Testa, C.; Sabatoli, F. et al (2005) *Structural correlates of early and late onset Alzheimer's disease: voxel based morphometric study*. J Neurol Neurosurg Psychiatry 76:112-114.
5. Galton, C.J.; Patterson, K.; Xuereb, J.H. et al (2000) *Atypical and typical presentations of Alzheimer's disease: a clinical, neuropsychological, neuroimaging and pathological study of 13 cases*. Brain 123:484-498.
6. Fujimori, M.; Imamura, T.; Yamashita, H. et al (1998) *Age at onset and visuocognitive disturbances in Alzheimer disease*. Alzheimer Dis Assoc Disord 12:163-166.
7. Galton, C.J.; Patterson, K.; Xuereb, J.H. et al (2000) *Atypical and typical presentations of Alzheimer's disease: a clinical, neuropsychological, neuroimaging and pathological study of 13 cases*. Brain 123:484-498.
8. Blessed, G.; Tomlinson, B.E.; Roth, M. *The association between quantitative measures of dementia and of senile change in the cerebral grey matter of elderly*
9. Freeborough, P.A.; Fox, N.C. (1998) *Modeling brain deformations in Alzheimer disease by fluid registration of serial 3D MR images*. J Comput Assist Tomogr 22:838-843.
10. Najlerahim, A.; Bowen, D.M. (1988) *Regional weight loss of the cerebral cortex and some subcortical nuclei in senile dementia of the Alzheimer type*. Acta Neuropathol (Berl) 75:509-512.
11. Jack, C.M. Jr.; Peterson, R.C.; O'Brien, P.C.; Tangalos, E.G. *MR-based hippocampal volumetry in the diagnosis of Alzheimer's disease*. Neurology 1992, 42, 183-188.
12. Braak, H.; Braak, E. (1991) *Neuropathological staging of Alzheimer-related changes*. Acta Neuropathol (Berl) 82:239-259.
13. Jouttonen, K.; Laakso, M.P. et al. *Comparative MR analysis of the entorhinal cortex and hippocampus in diagnosing Alzheimer's disease*. American Journal of Neuroradiology 1999, 20, 139-144.
14. Chetelat, G.; Desgranges, B.; De La Sayette, V. et al (2002) *Mapping gray matter loss with voxel-based morphometry in mild cognitive impairment*. Neuroreport 13:1939-1943.
15. Maddock, R.J.; Garrett, A.S.; Buonocore, M.H. (2001) *Remembering familiar people: the posterior cingulate cortex and autobiographical memory retrieval*. Neuroscience 104:667-676.
16. Mesulam, M.M.; Nobre, A.C.; Kim, Y.H. et al (2001) *Heterogeneity of cingulate contributions to spatial attention*. Neuroimage 13:1065-1072
17. Smith, S.M.; Jenkinson, M.; Woolrich, M.W.; Beckmann, C.F.; Behrens, T.E.J.; Johansen-Berg, H. et al. *Advances in functional and structural MR image analysis and implementation as FSL*. NeuroImage 2004; 23(S1): 208-219.
18. American Psychiatric Organization. DSM 5, 2014.
19. Folstein, M.F.; Folstein, S.E.; McHugh, P.R. *Mini mental state. A practical method of patients for the clinical*. J. Psychiatr Res 1975; 12: 189-198.
20. Reisberg, B.; Ferris, S.H.; De León, M.J.; Crook, T. *The global deterioration scale assessment of primary degenerative dementia*. Am J Psychiatry 1982; 139: 1136-1139.
21. Tornese, E. B.; Mascitti, T. *Parámetros del test Barcelona predictivos de esquizofrenia*. I Congreso Nacional de Neuropsicología. Buenos Aires. Argentina. 1994.
22. Duvernoy, H.M. *The Human Brain: Structure, Three-Dimensional Sectional Anatomy and MRI*. New York: Springer-Verlag, 1991.
23. Ono, M. *Atlas of cerebral sulci*. Alemania, 1990.
24. Wible, C.G.; Shenton, M.E.; Hokama, H.; Kinikis R.; Josesz, F.A.; Metcalf, D.; McCarley, R.W. *Prefrontal cortex and schizofrenia: a quantitative magnetic resonance imaging study*. Arch Gen Psychiatry 1995; 52: 279-288.
25. Insausti, R.; Jouttonen, K.; Insausti, A.M. et al. *MR volumetric analysis of the human entorhinal, perirhinal, and temporopolar cortices*. American Journal of Neuroradiology 1998, 19, 659-671.
26. Chang, L.T. *Attenuation correction and incomplete projection in SPECT*. Nuclear Science 1979, 2780:89.
27. Tanaka, F.; Vines, D.; Tsuchida, T. et al. *Normal Patterns on 99mTc-ECDBrain SPECT Scans in Adults*. J Nucl Med 2000;41:1456-1464.
28. Ashburner, J.; Friston, K.J. (2000) *Voxel-based morphometry – The methods*. Neuroimage 11:805-821.
29. Baron, J.C.; Chetelat, G.; Desgranges, B. et al (2001) *In vivo mapping of gray matter loss with voxel-based morphometry in mild Alzheimer's disease*. Neuroimage 14:298-309.
30. Burgess, N.; Maguire, E.A.; Spiers, H.J. et al (2001) *A temporoparietal and prefrontal network for retrieving the spatial context of lifelike events*. Neuroimage 14:439-453.
31. Karas, G.B. et al. *Global and local gray matter loss in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease*. NeuroImage 23 (2004) 708-716
32. Greicius, M.D.; Geschwind, M.D.; Miller, B.L. (2002) *Presenile dementia syndromes: an update on taxonomy and diagnosis*. J Neurol Neurosurg Psychiatry 72:691-700.
33. Ishii, K.; Kawachi, T.; Sasaki, H. et al (2005) *Voxel-based morphometric comparison between early – and late-onset mild Alzheimer's disease and assessment of diagnostic performance of z score images*. AJNR Am J Neuroradiol 26:333-340.
34. Sakamoto, S.; Ishii, K.; Sasaki, M. et al (2002) *Differences in cerebral metabolic impairment between early and late onset types of Alzheimer's disease*. J Neurol Sci 200:27-32.
35. Scarmeas, N.; Habeck, C.; Anderson, K.E. et al (2004) *Altered PET functional brain responses in cognitively intact elderly persons at risk for Alzheimer disease (carriers of the epsilon4 allele)*. Am J Geriatr Psychiatry 12:596-605.
36. Braak, E.; Griffing, K.; Arai, K. et al (1999) *Neuropathology of Alzheimer's disease: what is new since A. Alzheimer?* Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci 249 (Suppl 3):14-22.
37. Scheff, S.W.; Price, D.A. (2001) *Alzheimer's disease-related synapse loss in the cingulate cortex*. J Alzheimers Dis 3:495-505.
38. Bradley, K.M.; O'Sullivan, V.T.; Soper, N.D. et al (2002) *Cerebral perfusion SPET correlated with Braak pathological stage in Alzheimer's disease*. Brain 125:1772-1781.
39. Wang, L.; Zang, Y.; He, Y. et al (2006) *Changes in hippocampal connectivity in the early stages of Alzheimer's disease: evidence from resting state fMRI*. Neuroimage 31:496-504.
40. Maguire, E.A. (2001) *The retrosplenial contribution to human navigation: a review of lesion and neuroimaging findings*. Scand J Psychol 42:225-238
41. Bondi, M.W.; Houston, W.S.; Salmon, D.P. et al (2003) *Neuropsychological deficits associated with Alzheimer's disease in the very-old: discrepancies in raw vs. standardized scores*. J Int Neuropsychol Soc 9:783-795
42. Buktenica NA (1989) *Developmental test of visual-motor integration*. Psychological Assessment Resources, Odessa, FL
43. Fujimori, M.; Imamura, T.; Yamashita, H. et al (1998) *Age at onset and visuocognitive disturbances in Alzheimer disease*. Alzheimer Dis Assoc Disord 12:163-166.
44. Imamura, T.; Takatsuki, Y.; Fujimori, M. et al (1998) *Age at onset and language disturbances in Alzheimer's disease*. Neuropsychologia 36:945-949.
45. Jacobs, D.; Sano, M.; Marder, K. et al (1994) *Age at onset of Alzheimer's disease: relation to pattern of cognitive dysfunction and rate of decline*. Neurology 44:1215-1220.



## Distribución anatómica de venas superficiales dorsales de la mano



COLOMBIA

### Anatomical distribution of superficial dorsal veins of the hand

Atilano Macías, Dilan; Díaz Plata, Yulieth V.; Restrepo Bolaño, Melissa E.; De la Hoz, Oswaldo; Linero Cueto, Gary

Programa de Medicina. Facultad de Ciencias de la Salud  
Universidad del Magdalena (UNIMAGDALENA) Santa Marta, Colombia

E-mail de autor: Oswaldo De la Hoz [ofahoz@yahoo.es](mailto:ofahoz@yahoo.es)

#### Resumen

**Introducción:** La red venosa superficial del dorso de la mano está constituida por 3 o 4 venas metacarpianas que se unen para formar el arco venoso dorsal de la mano, el cual es descrito como convexo hacia distal y dispuesto transversalmente a nivel de los metacarpianos, a él se unen, además, la vena metacarpiana dorsal del meñique (o vena sálvatela) por la parte medial y la vena cefálica del pulgar por la parte lateral. Ahora bien, respecto a la descripción de las variaciones anatómicas del sistema venoso del dorso de la mano existen escasos estudios.

El objetivo del presente trabajo es determinar los patrones anatómicos de la red venosa dorsal superficial de la mano, de importancia a nivel clínico

**Materiales y método:** Investigación, de tipo observacional y descriptivo, la muestra fue de 326 estudiantes de la facultad de salud, Universidad del Magdalena, se aplicó un torniquete en el tercio medio de los antebrazos, durante 3 min en posición anatómica y expuesto al calor de manta térmica a 45°C, marcamos en la mano con el género y la lateralidad, por último se tomó registro fotográfico: 196 mujeres y 130 hombres; además se clasificaron en VII patrones dependiendo de la forma, el I lineal el II y el III en forma de Y vertical pero el último con más colaterales, IV el forma de arco, V es la combinación del III y el IV, el VI una Y con una vena horizontal el VII no cumple con ningún patrón anterior.

**Resultados:** En mujeres el patrón más frecuente fue el VI con 103 casos (29,26%), seguido del patrón II con 81 casos (23,01%). En varones los patrones más recurrentes fueron el VI y el II, ambos con 43 casos correspondientes al 20,48% del total de hombres para cada uno; estos patrones son seguidos del patrón VII con 34 casos (16,19%), solo se encontró un 14,4% de personas que tenían el mismo patrón venoso en ambas manos.

**Conclusiones:** Concluimos que el patrón venoso dorsal de la mano es muy inconstante tanto así que varía en una misma persona entre sus dos manos, además los modelos anatómicos que comúnmente son descritos en la bibliografía no constituyen un porcentaje estadísticamente significativo de la población estudiada en el presente trabajo.

**Palabras clave:** venas, mano, dorso, patrón venoso, venopunción.

#### Abstract

**Introduction:** The superficial venous network of the back of the hand is made up of 3 or 4 metacarpal veins join to form the dorsal venous arch of the hand, which is described as convex distally and transversely disposed at the level of the metacarpal, he is also joined dorsal metacarpal vein little finger (or sálvatela vein) by the medial and cephalic vein of the thumb side. Now, regarding the description of the anatomical variations of the back of the hand there are few studies venous system.

The objective of this study is to determine the anatomical surface patterns dorsal venous network of hand, clinically important

**Materials and method:** The Investigation is observational and descriptive, the sample was 326 students from the Faculty of Health, University of Magdalena, a tourniquet was applied in the middle third of the forearms for 3 min in anatomical position and exposed to heat thermal blanket 45 ° C mark in hand with gender and laterality, finally photographic record was made: 196 women and 130 men; also were classified VII patterns depending on the shape, the I linear II and III Y-shaped upright but the last with more side, IV arched, V is the combination of III and IV, VI A And with a horizontal vein VII does not meet any previous employer.

**Results:** In women the most common pattern was the sixth with 103 cases (29.26%), followed the pattern II with 81 cases (23.01%). In males the most frequent patterns were the VI and II, both with 43 cases corresponding to 20.48% of men to each; these patterns are followed VII pattern with 34 cases (16.19%), only 14.4% of people who had the same vein pattern found in both hands.

**Conclusions:** We conclude that the dorsal hand vein pattern is highly variable so much so that one person varies between her two hands, plus anatomical models that are commonly described in the literature do not constitute a statistically significant percentage of the population studied in the present work.

**Keywords:** veins, hand, dorso, vein pattern, venipuncture

## Introducción

Las Venas son vasos sanguíneos de paredes finas y preparadas para soportar baja presión a través de los cuales la sangre retorna al corazón.

Se originan mediante pequeños ramos en las redes capilares y siguen dirección contraria a la de las arterias.

El diámetro de las venas varía entre 0,1 mm y más de 1 mm.

Las venas son de mayor volumen que las arterias, el volumen de las venas varía con la constitución individual, siendo más gruesas en los individuos delgados que en los gordos, y varía también con ciertos estados fisiológicos, como el esfuerzo y la agitación, etc.<sup>1</sup>

En esta investigación el tema principal hace referencia a los patrones encontrados en la red venosa del dorso de la mano, la cual es descrita de forma clásica como constituida por 3 o 4 venas metacarpianas que se unen para formar un arco venoso dorsal, el cual es descrito como convexo hacia distal y dispuesto transversalmente a nivel de los metacarpianos, a él se unen, además, la vena metacarpiana dorsal del meñique (o vena sálvatela) por la parte medial y la vena cefálica del pulgar por la parte lateral.<sup>2</sup>

La importancia que presenta el conocer con mayor aproximación el recorrido de la red venosa en esta zona anatómica es con fines prácticos en el ejercer clínico, ya que esto contribuye a la ubicación anatómica en la veno-punción ya sea con fines de extracción sanguínea, administración de líquidos parenterales e introducción de catéteres, de forma que se disminuya el número de punciones fallidas, sobre todo en la población pediátrica.<sup>3</sup>

El hecho de que sea la región anatómicamente más importante para la realización de la veno-punción con fines terapéuticos y profilácticos, llama la atención el no presentar estudios previos que identifiquen y describan variaciones de los patrones de la red venosa en esta zona en poblaciones de diversos lugares del mundo, puesto que de esta manera se disminuiría el número de punciones fallidas y se evitaría el trauma significativo en estos vasos.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar los diversos patrones de la red venosa del dorso de la mano, especificando el predominio de cada uno, con distinción en sexo (masculino y femenino), y lateralidad (izquierda y derecha).

## Materiales y método

### Tipo de diseño, población y muestra

El presente trabajo es de carácter observacional y de tipo descriptivo en el que los sujetos de estudio son estudiantes de la facultad de ciencias de la salud de la Universidad del Magdalena en la ciudad de Santa Marta (Colombia).

El Universo es definido por los estudiantes de la Universidad del Magdalena, la Población así mismo la constituyen los estudiantes de la facultad de ciencias de la salud de la Universidad del Magdalena, Además el procedimiento estadístico que se utilizará para la selección de la muestra será el método aleatorio.

Asimismo las únicas Variables tenidas en cuenta en el presente estudio son de tipo sociodemográfico y de naturaleza cualitativa:

- Programa de ciencias de la salud
- Sexo

Dimensión	Variable	Naturaleza	Nivel de medición	Categoría
Variable socio-demográfica	Programa de Ciencias de la Salud	Variable cualitativa	Nominal	Medicina Odontología Enfermería Psicología
	Sexo	Variable cualitativa	Nominal	Masculino Femenino

### Operacionalización de variables

### Instrumento de recolección

Para la recolección de la muestra ya delimitada, se tuvo como principal instrumento la toma de imágenes fotografías del dorso de la mano de los participantes del estudio, la principal razón para la escogencia de este instrumento radica en su rápida aplicación y efectivo almacenamiento, lo cual facilitaría el posterior análisis y clasificación, además de disminuir las molestias de los participantes y aplicadores de la prueba.

Además de la toma de imágenes otro instrumento importante para el registro de las variables sociodemográficas es el almacenamiento de los consentimientos informados firmados y clasificados por sexo y programa de los participantes.

## Procedimiento

De acuerdo con el protocolo estimado para la realización del proyecto se procede de la siguiente manera:

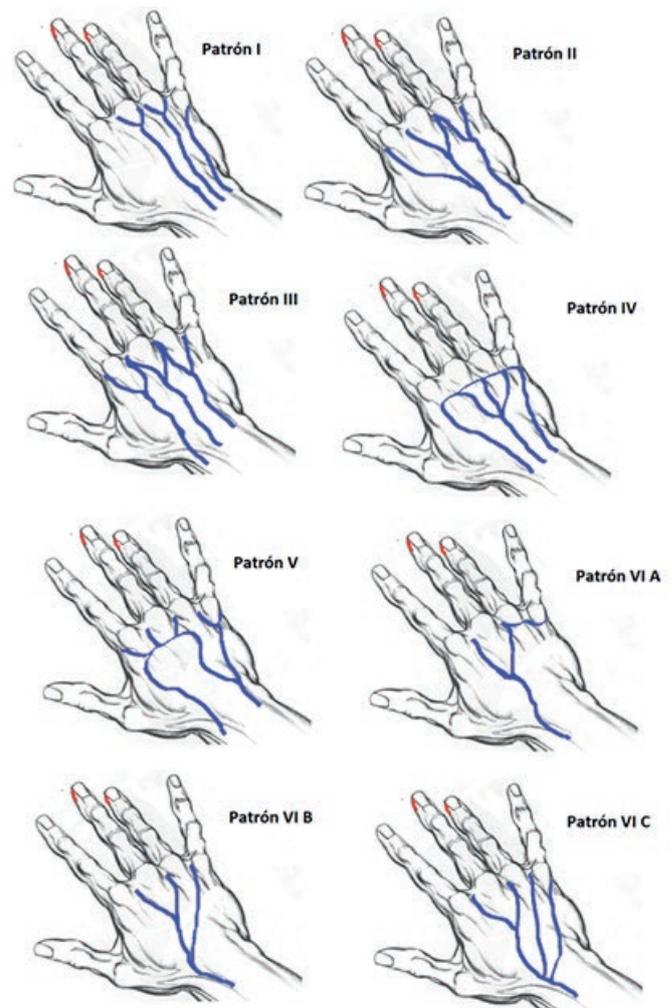
1. Se da consentimiento informado, firmado y fechado acerca del estudio a realizar y las posibles repercusiones que podría traer la administración de calor en la mano derecha e izquierda.
2. A partir de la autorización del consentimiento informado, se procede a realizar un marcaje en donde especifique lateralidad (D: derecha / I: izquierda) y género (F: Femenino / M: Masculino) en ambas manos de los individuos participantes del estudio.
3. Se precalienta la compresa térmica por un período de 20 minutos.
4. Se ubica al estudiante en posición anatómica y se procede a aplicar calor con la compresa sobre el dorso de la muñeca derecha en primera instancia a una temperatura de 45° por un período de 2 minutos.
5. Pasado el tiempo estimado, se procede a retirar la compresa térmica de la mano derecha, y se coloca en tercio distal del antebrazo un torniquete de velcro con el fin de visualizar la dilatación de las estructuras venosas dorsales de la mano.
6. Contando con un sitio con adecuada iluminación. Se retira el torniquete y se procede a capturar con una cámara fotográfica la dilatación de las venas de la mano.
7. Se repite el procedimiento descrito anteriormente en la mano izquierda.
8. Se almacena la información obtenida en una carpeta medio magnético, que contendrá las fotografías de todo el estudio.

## Resultados

En esta investigación se estudiaron 652 dorsos de mano de 326 estudiantes 196 mujeres y 130 hombres pertenecientes a estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad del Magdalena.

Al patrón venoso de cada individuo se le realizó un bosquejo que fue reconocido y descrito por dos observadores

que luego determinaron la frecuencia con que se repetían dentro de la muestra. De esta forma, se describieron 6 patrones anatómicos diferentes que se repitieron dentro de la muestra más de 10 veces y que fueron categorizados con números romanos así: patrón I, II, III, IV, V, VIA, VIB y VIC, además de ello se describió un último patrón como Patrón VII donde se incluyeron todos aquellos que no mostraban una secuencia determinada. (**Fig. 1**)

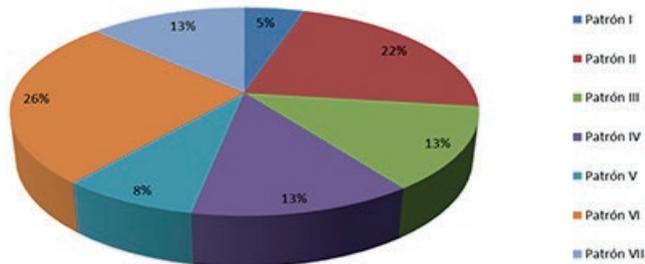


**Fig. 1:** Patrones anatómicos de la red venosa del dorso de la mano descritos en el presente estudio

Así mismo, en un 13,8% de los casos no fue posible determinar un patrón venoso específico, aún con el uso de un tercer evaluador, por lo cual se incluyeron en una categoría denominada "descartados".

Estas muestras definidas como "descartados" fueron sacadas de los cálculos estadísticos debido a que no constituyen un patrón venoso reconocible. De este modo se incluyen en las tablas de distribución un total de 562 miembros superiores, 283 del lado derecho y 279 del lado izquierdo

Obtuvimos entonces que el patrón predominante fue el VI con 146 casos (25,98%), de los cuales el 45,2% (66 casos) corresponden al lado derecho y el 54,8% restante (80 casos) al lado izquierdo; seguido del patrón II con 124 casos (22,06%) (**Fig. 2**)

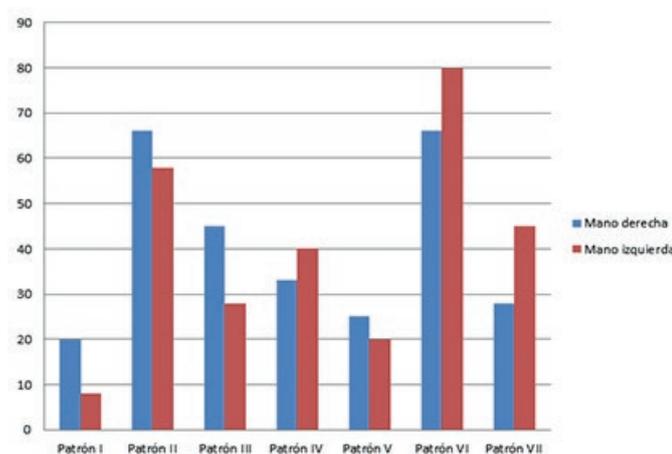


**Fig. 2:** Distribución de los patrones anatómicos de la red venosa dorsal de ambas manos encontrados en una muestra de 562 dorsos de manos en estudiantes de la facultad de ciencias de la salud de la Universidad del Magdalena

En el miembro superior derecho los patrones más frecuentes fueron el VI y el II, ambos con 66 casos que corresponden al 23,32% para cada uno.

El tercer patrón que más se repitió del lado derecho fue el III, el cual se presentó en 45 casos (15,9%).

Para el miembro superior izquierdo el patrón que más se presentó fue el VI con 80 casos (28,67%), seguido del patrón II con 58 casos (20,79%) y el patrón VII con 45 casos, correspondientes al 16,13% (**Fig. 3**)



**Fig. 3:** Frecuencia en la que se presentaron los patrones anatómicos de la red venosa dorsal de la mano encontrados en una muestra de 562 dorsos de mano en estudiantes de ciencias de la salud de la Universidad del Magdalena de acuerdo a la lateralidad evaluada

En mujeres el patrón más frecuente fue el VI con 103 casos (29,26%), seguido del patrón II con 81 casos (23,01%) y el patrón III con 43 casos (12,21%). En varones los patrones más recurrentes fueron el VI y el II, ambos con 43 casos correspondientes al 20,48% del total de hombres para cada uno; estos patrones son seguidos del patrón VII con 34 casos (16,19%)

En el lado derecho en hombres predominó el patrón II con 25 casos (23,58%), seguido del patrón III con 21 casos (19,81%). En el lado derecho en mujeres presentó con más frecuencia el patrón VI con 49 casos (27,68%), seguido del patrón II con 41 casos (23,16%). En el lado izquierdo en hombres predominó el patrón VI con 26 casos (25%), seguido del patrón VII con 21 casos (20,19%). En el lado izquierdo en mujeres predominó el patrón VI con 54 casos (30,86%), seguido del patrón II con 40 casos (22,86%) (**Tabla I**)

PATRÓN	MANO DERECHA	% (fi)	MANO IZQUIERDA	% (fi)	TOTAL	%
I	20	7,07	8	2,87	28	4,98
II	66	23,32	58	20,79	124	22,06
III	45	15,9	28	10,03	73	12,99
IV	33	11,66	40	14,34	73	12,99
V	25	8,83	20	7,17	45	8,01
VI	66	23,32	80	28,67	146	25,98
VII (otros patrones)	28	9,89	45	16,13	73	12,99
<b>TOTAL</b>	<b>283</b>	<b>100</b>	<b>279</b>	<b>100</b>	<b>562</b>	<b>100</b>

**Tabla I:** Distribución de la frecuencia de patrones de las venas del dorso de la mano de acuerdo al lado en una muestra de 562 dorsos de mano en estudiantes de ambos sexos de la facultad de ciencias de la salud de la Universidad del Magdalena

De esta forma, se encontró que no existe diferencia en el patrón predominante ni de acuerdo a la lateralidad de la mano evaluada, ni respecto al género del individuo. Chi cuadrado de 11.3 y 11.11, respectivamente (ambos con un valor de p de 0,95).

Del total de participantes, el 14,42% (47 personas) tuvieron una coincidencia del mismo patrón en ambas manos, siendo el patrón II el que más se presentó bilateralmente (**Tabla II**)

PATRÓN	N	%
I	0	0
II	15	31,91
III	7	14,89
IV	9	19,15
V	6	12,76
VI	10	21,28
<b>TOTAL</b>	<b>47</b>	<b>100</b>

**Tabla II:** Frecuencia de equivalencia del mismo patrón venoso en ambos miembros superiores para la misma persona

## Discusión

Para la presente investigación el patrón anatómico para la red venosa dorsal de la mano que mayor frecuencia fueron el VI y el II. Para ambos miembros superiores, derecho e izquierdo, así como en ambos sexos. Es importante anotar que estos dos patrones tiene una forma lineal vertical con tributarias y forma de "Y" respectivamente. Analizando la distribución total de los patrones en la muestra por orden de frecuencia podemos afirmar que la mayor presentación fue hecha por el patrón VI con 26% del total de individuos incluidos, seguido por el patrón II con 22%, el patrón III, IV, VII con 13% , el V con 8% y por último el I con 5%.

De igual forma, el patrón VI fue el que más predominó en mujeres tanto en el miembro superior derecho como el izquierdo, así mismo fue el que más se repitió en el lado izquierdo en hombres. En el lado derecho en varones predominó el patrón II.

Hasta el momento no se han encontrado otros estudios que se hayan realizado acerca de la variación anatómica de la región dorsal de la mano, por lo que no existe un marco en el que se pueda realizar una comparación respecto a lo encontrado en otras poblaciones del la región o el país.

Por otro lado, en lo que respecta a lo descrito en los tratados y textos de anatomía, en donde se describe el sistema venoso de la región dorsal de la mano como un arco venoso convexo hacia distal formado por vasos metacarpianos\* no se presentó de forma recurrente dentro de la muestra, por lo que no fue catalogado como patrón frecuente en este estudio, donde sí se presentaron otras distribuciones lineales y en "Y".

## Conclusiones

- El método empleado es seguro y permite visualizar con facilidad las venas superficiales del dorso de las manos.
- Los patrones II y IV son los que más se asemejan a lo descrito en los textos de anatomía.
- Los patrones II y VI son los más frecuentes en ambos sexos.
- No encontramos relación entre sexo y patrón venoso.
- Sólo el 14% de las personas tienen la misma forma de retorno venoso en ambas manos

## Referencias

1. Tortora, J. G., Derrickson, B. *El Aparato Circulatorio: vasos sanguíneos y hemodinamia*; Cap. 21; Principios de Anatomía y Fisiología; 11a Ed. Ed. Médica Panamericana P.p. 740-807.
2. Quiroz-Gutiérrez, F. *Venas*; Cap. 4, Tratado de Anatomía Humana, 1a ed. tomo II; Ed. Porrúa, P.p. 133-188.
3. Montoya, Alexis. *Programa educativo referido a la prevención de lesiones causadas por venopunción, dirigida a los profesionales de enfermería que elaboran en el área de emergencia adultos del hospital militar durante el segundo semestre del año 2.008, Caracas*, Trabajo Especial de Grado presentado como requisito parcial para optar al Título de Licenciado en Enfermería., Caracas, Abril 2.009., Universidad Central de Venezuela Facultad de Medicina Escuela de Enfermería, pag. 3-11.
4. Ramos, J. *Lesión del nervio cutáneo antebraquial lateral relacionada con la venopunción: ¿qué debemos saber?* Revista Brasileira de Anestesiología. Elsevier. 64(2). 2014; P 131-133.
5. Correcher Medina, P.; Pedrón Marzal, G.; Rey Simon, R.; Calvo Rigual, F. *Venopunción en el dorso de la mano. ¿Una alternativa a la punción del talón?* Anales de Pediatría. Elsevier. 77(6), 2012, P. 381-385.
6. Benito Ruiz, J.; Carrera Burgaya, A. Barcelona, 2002. Pág. 194. *Estudio de la vascularización cutánea del 4to espacio intermetacarpiana dorsal. Aplicación en cirugía reconstructiva de la mano*. Universidad de Barcelona. Facultad de Medicina. Disponible en [http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/2495/TSYK\\_TESIS.pdf?sequence=1](http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/2495/TSYK_TESIS.pdf?sequence=1)
7. Loro Sancho, N.; Sancho Sánchez, M.J.; Sancho Sánchez, M.T.; Martínez Hernández, E.; Peiró Andrés, A. *Enfermería: Canalizaciones Periféricas, Atención, Cuidados, Mantenimiento y Complicaciones*. Revista Enfermería Global. Universidad de Murcia. Nov 2005. 19 p. ISSN 1695 – 6141. Disponible en <http://revistas.um.es/eglobal/article/viewFile/481/465>.
8. Lenhardt R.; Seybold T. et al. *Aplicación local de calor e inserción de cánulas en venas periféricas: estudio prospectivo controlado aleatorizado a simple ciego y estudio aleatorizado cruzado a simple ciego*. British Medical Journal 325:409, Ago. 2002.
9. Horowitz, S.H. *Peripheral nerve injury and causalgia secondary to routine venipuncture*. Neurology, 44 (1994), P. 962-964
10. Newman, B. *Venipuncture nerve injuries after whole-blood donation Transfusion* (Paris), 41 (2001), P. 571-572.
11. Cagnon, R. *Superficial arteries of the cubital fossa with reference to accidental intra-arterial injections*. Can. J. Surg. 1996; 9:57-65.
12. Del Sol, M.; Vásquez, B. *Venas superficiales de la fosa cubital: aspectos anátomo-clínicos y antropológicos*. Int. J. Morphol. [Internet]. 27(2). 2009; P 527-538. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-95022009000200037&lng=es](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022009000200037&lng=es). y <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022009000200037>.
13. Del Sol, M.; Lillo, E.; Lobos, L.; Vásquez, B. *Estudio de las venas de la fosa cubital a través de la tomografía computada helicoidal y su aplicación clínica*. International Journal of Morphology, 30(1):64-69, 2012.
14. Otero Reyes, M.; Duménigo Arias, O.; Gil Hernández, A.; Gordis Aguilera, M. *Accesos vasculares quirúrgicos para hemodiálisis: experiencia de 100 casos*.
15. Corzo Gómez, E.; Gómez Díaz, O.; Niño Mantilla, M.; Rey Triana, R.; Pedraza Díaz, L. *Distribución de los patrones venosos de la fosa cubital en una muestra de personas nacidas en Bucaramanga, Colombia*. International Journal of Morphology, 28(4):1011-1018, 2010.
16. Vialle, R.; Pietin-Vialle, C.; Cronier, P.; Brillu, C.; Villapadierna, F.; Mercier, P. *Anatomic relations between the cephalic vein and the sensory branches of the radial nerve: How can nerve lesions during vein puncture be prevented?* Anesth Analg. 2001 Oct; 93(4):1058-61.
17. Lirk, P.; Keller, C.; Colvin, J.; Colvin, H.; Rieder, J.; Maurer, H. & Moriggi B. *Unintentional arterial puncture during cephalic vein cannulation: case report and anatomical study*. Br. J. Anaesth., 92(5):740-2, 2004.
18. Moore, K.; Dalley, A. *Anatomía con orientación clínica*. 2007. Quinta edición. Editorial Médica Panamericana, S.A de C.V.

19. Ruiz Vargas, J. *Anatomía topográfica con uso de nomenclatura internacional*. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Instituto de Ciencias Biomédicas. Academia de Anatomía. 2002, pp 46.
20. Latarjet, M.; Ruiz Liard, A. *Anatomía Humana. Tomo 1*. 2004. Cuarta edición. Editorial Médica Panamericana, S.A de C.V.
21. Del Sol, M.; Mardones, L. M. & Bustos, T. E. *Formaciones Venosas de la Fosa Cubital en el Individuo Mapuche. Estudio Bioscópico*. Int. J. Morphol, 25(4):885-94, 2007.
22. *Pautas éticas internacionales para la investigación biomédica en seres humanos, preparadas por el consejo de organizaciones internacionales de las ciencias médicas (cioms) en colaboración con la Organización Mundial de la Salud.*, Ginebra 2002.
23. República de Colombia, Ministerio de Salud. Resolución N° 008430 De 1993 (4 De Octubre de 1993), *Normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud*. Santa Fé de Bogotá, D.C. 04 Octubre 1993 pág. 1-21.



## Desarrollo de técnicas neuroquirúrgicas en dos modelos animal de experimentación



### Development of neurosurgical techniques in two animal models of experimentation



Ganador del Premio "Domingo Mansi 2015" al mejor trabajo de Anatomía Experimental o de Investigación

Unda Velasco, Santiago R.

Instituto de Biotecnología, Centro de Investigación e Innovación Tecnológica de la Universidad de La Rioja (CENIIT) La Rioja - Argentina

E-mail de autor: Santiago R. Unda Velasco [santiagounda94@gmail.com](mailto:santiagounda94@gmail.com)

#### Resumen

La investigación básica ha generado gran cantidad de información en lo referente al conocimiento del sistema nervioso tanto en su situación fisiológica como en diferentes situaciones patológicas, estos conocimientos han logrado importantes avances que son resultado de la aplicación de distintos modelos experimentales que han tenido como propósito estudiar la capacidad de regeneración neuronal en animales de laboratorio, especialmente mediante la implementación de técnicas neuroquirúrgicas con las cuales se intenta reproducir un daño o lesión nerviosa.

El objetivo de nuestro trabajo fue caracterizar dos modelos de lesión animal, la axonotmesis de nervio ciático (ANC) y la constricción crónica de nervio ciático (CCN) en ratas, a los fines constituir una herramienta para estudios de la medicina traslacional.

En el presente trabajo se desarrollaron dos modelos de lesión nerviosa periférica, la lesión mediante el pinzamiento del nervio ciático (ANC) y la constricción crónica del nervio ciático (CCN) los cuales fueron llevados a cabo en el laboratorio del Instituto de Biotecnología del Centro de Investigación e Innovación Tecnológica (CENIIT) de la Universidad Nacional de La Rioja, Argentina.

Se utilizaron ratas Wistar adultas (Bioterio CENIIT, 200-250 g de peso), mantenidas en condiciones estándar, cumplimentando las normas y protocolos vigentes para el cuidado de animales de laboratorio (Canadian Council on Animal Care, 1993). El protocolo a seguir previo a la intervención quirúrgica ha sido aprobado por el Comité de Ética del Instituto de Biotecnología de la UNLaR (CICUAL-UNLAR).

Durante la aplicación de los modelos de Constricción Crónica de Nervio Ciático (CCN) y Axonotmesis de Nervio Ciático (ANC), se detallaron distintos parámetros a considerar que pueden ser útiles al momento de ser realizados por el investigador, tales como dificultad, tiempo, grado de invasión, variabilidad de la técnica, respuesta nociceptiva, regeneración neuronal.

Las técnicas neuroquirúrgicas aplicadas constituyen una herramienta valiosa para la investigación de distintos aspectos relacionados del sistema nervioso como su regeneración, su respuesta nociceptiva y los cambios histopatológicos que se pueden trasladar a las patologías de la clínica. Es importante la descripción detallada de los protocolos actualmente utilizados para así reducir la variabilidad de la aplicación de los mismos.

**Palabras clave:** medicina traslacional, axonotmesis, nervio ciático

#### Abstract

Basic research has generated a great amount of information regarding the knowledge of the nervous system both in its physiological situation and in different pathological situations, this knowledge have achieved important advances that are the result of the application of different experimental models that have had as purpose to study The capacity of neuronal regeneration in laboratory animals, especially through the implementation of neurosurgical techniques with which an attempt is made to reproduce a nerve damage or injury.

The aim of our study was to characterize two models of animal injury, sciatic nerve axonotmesis (ANC) and chronic constriction of sciatic nerve (CCN) in rats, in order to constitute a tool for studies of translational medicine.

In the present work, two models of peripheral nerve injury, sciatic nerve impingement (NCA) and chronic constriction of the sciatic nerve (CCN) were developed, which were carried out in the laboratory of the Biotechnology Institute of the Center for Research and Technological Innovation (CENIIT) of the National University of La Rioja, Argentina.

Adult Wistar rats (Bioterium CENIIT, 200-250 g in weight) were kept in standard conditions, complying with the standards and protocols for the care of laboratory animals (Canadian Council on Animal Care, 1993). The protocol to be followed prior to surgery has been approved by the Ethics Committee of the Institute of Biotechnology of the UNLaR (CICUAL-UNLAR).

During the application of the models of Chronic Constriction of Sciatic Nerve (CCN) and Axonotmesis of Sciatic Nerve (ANC), different parameters to be considered that can be useful at the moment of being realized by the researcher, such as difficulty, time, degree Of invasion, variability of technique, nociceptive response, neuronal regeneration. The applied neurosurgical techniques constitute a valuable tool for the investigation of different related aspects of the nervous system as its regeneration, its nociceptive response and the histopathological changes that can be transferred to the pathologies of the clinic. It is important the detailed description of the protocols currently used to reduce the variability of the application of the same.

**Keywords:** translational medicine, axonotmesis, sciatic nerve

## Introducción

Entre los primeros estudios en los cuales se sustenta la neurobiología moderna se encuentran los realizados por Ramón y Cajal, y sobre todo Tello, uno de sus discípulos, ambos hicieron reveladoras observaciones en torno a la capacidad regeneradora de los sistemas nerviosos periférico y central,<sup>1</sup> en los cuales se demostró que estos dos sistemas nerviosos presentan distintas formas de regeneración.

Así, mientras que en el SNP las neuronas son capaces de regenerar espontáneamente sus axones y, en el mejor de los casos, alcanzar sus dianas desnervadas restableciendo contacto sináptico con ellas, en el SNC los axones dañados no presentan esta facultad "auto-reparadora".<sup>2</sup>

Siguiendo esta línea, la investigación básica ha generado gran cantidad de información en lo referente al conocimiento del sistema nervioso tanto en su situación fisiológica como en diferentes situaciones patológicas,<sup>3</sup> estos conocimientos han logrado importantes avances que son resultado de la aplicación de distintos modelos experimentales que han tenido como propósito estudiar la capacidad de regeneración neuronal en animales de laboratorio, especialmente mediante la implementación de técnicas neuroquirúrgicas con las cuales se intenta reproducir un daño o lesión nerviosa.

Estas técnicas han servido para investigar el proceso que se lleva a cabo en el sistema nervioso y para entender mejor su capacidad de regeneración parcial y completa;<sup>4</sup> esta posible reparación del nervio depende de los distintos grados de lesión nerviosa periférica que se realice, tomando como referencia los 5 grados de establecidos por Sunderland, el cual toma la neuropraxia y la neurometosis realizado por Hebert Seddon (Seddon, 1942<sup>5</sup>, 1943<sup>6</sup>) y divide la axonotmesis en 3 grados de injuria que tienen progresivamente peor pronóstico de regeneración espontánea (Sunderland, 1951).<sup>7</sup>

La lesión en el nervio ciático se ha estandarizado con distintos modelos que logran representar todos los grados de lesión nerviosa explicados previamente, entre los cuales se ha utilizado ligaduras con distintos grados de compresión en el nervio, así como también la colocación de manguitos de polietileno y la axonotmesis mediante pinzamiento.

El desarrollo de técnicas neuroquirúrgicas que logren tener menor porcentaje de error humano y sean de fácil estandarización han sido fundamental para el avance de las neurociencias que se enfocan en el estudio de la regeneración nerviosa y la neuropatía periférica, estos modelos experimentales suponen actualmente la mejor herramienta para el estudio de los mecanismos subyacentes a las lesiones<sup>8</sup> que

se intentan reproducir.

La utilidad de estas técnicas neuroquirúrgicas ampliamente usadas en el campo de las neurociencias se justifican en medida que contribuyan a conocer la fisiopatología de distintos cuadros clínicos, así como a probar nuevos fármacos ya que a pesar de tener limitaciones las representaciones animales, pueden ayudar a predecir la utilidad terapéutica de nuevos medicamentos.<sup>9</sup>

El objetivo del presente trabajo es desarrollar y reproducir el modelo de ligadura laxa y de axonotmesis por pinzamiento realizados en el nervio ciático de ratas de laboratorio y a la vez hacer una descripción de los protocolos utilizados en ambos procedimientos con el fin de aportar a los conocimientos de los avances en técnicas quirúrgicas aplicadas a las neurociencias.

## Materiales y métodos

En el presente trabajo se desarrollaron dos modelos de lesión nerviosa periférica, la lesión mediante el pinzamiento del nervio ciático (ANC) y la constricción crónica del nervio ciático (CCI) los cuales fueron llevados a cabo en el laboratorio del Instituto de Biotecnología del Centro de Investigación e Innovación Tecnológica (CENIIT) de la Universidad Nacional de La Rioja, Argentina.

Se utilizaron ratas Wistar adultas (Bioterio CENIIT, 200-250 g de peso), mantenidas en condiciones estándar, cumplimentando las normas y protocolos vigentes para el cuidado de animales de laboratorio (Canadian Council on Animal Care, 1993).

El protocolo a seguir previo a la intervención quirúrgica ha sido aprobado por el Comité de Ética del Instituto de Biotecnología de la UNLaR (CICUAL-UNLAR).

### 1. Reactivos

- Ketamina, 50 mg/ml
- Xylacina, 2% (w/v) solución.
- 70% (v/v) etanol en agua
- YodoPovidona solución
- Lubricante ocular

## 2. Materiales de cirugía

- Pesa para ratas de laboratorio
- Fórceps Adson de microdissección 1 x 2 con dientes
- Tijeras de microdissección
- Fórceps de microdissección curvados.
- Soporte de aguja
- Cat-gut crómico 4-0.
- Pinzas de relojero rectas
- Pinzas de relojero anguladas
- Aguja de sutura
- Nylon 4-0 para suturar piel
- Algodón
- Gasa
- Guardapolvo
- Guantes de latex

## Resultados

### Protocolo de procedimiento

Se procedió a pesar a los grupos con el objetivo de poder evaluar el normal crecimiento y desarrollo de los animales durante el tiempo post operatorio.

### 1. Anestesia

Iniciamos el protocolo quirúrgico, iniciando la anestesia preoperatoria, mediante la administración intraperitoneal de ketamina (50 mg/kg) más xylacina (2 mg/kg), (Imalgene® 1000 y Rompún®), según el peso de cada animal.

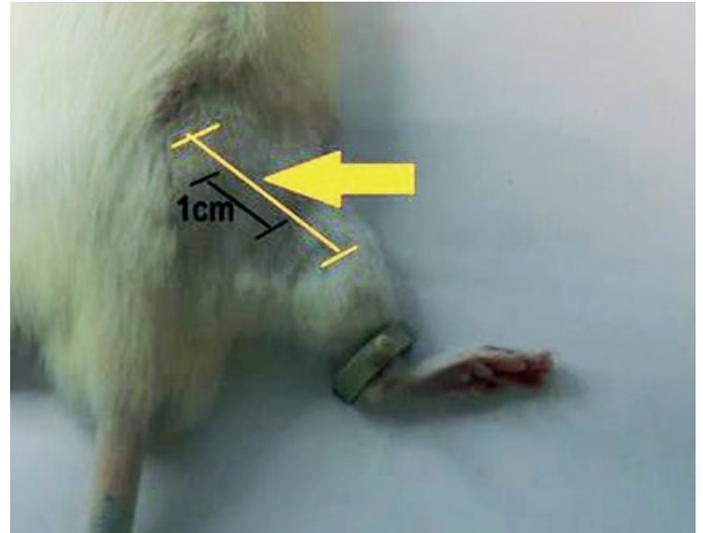
Posteriormente, se comprueba el anestésico – miorraelajante mediante la falta reflejos (palpebral y de la pata del animal). Para establecer unas condiciones de asepsia mínimas del campo quirúrgico se procedió a su rasurado en seco en la región dorsal del miembro inferior, desde la línea media hasta más abajo de la articulación de la rodilla.

### 2. Procedimiento Quirúrgico de la Axonotmesis

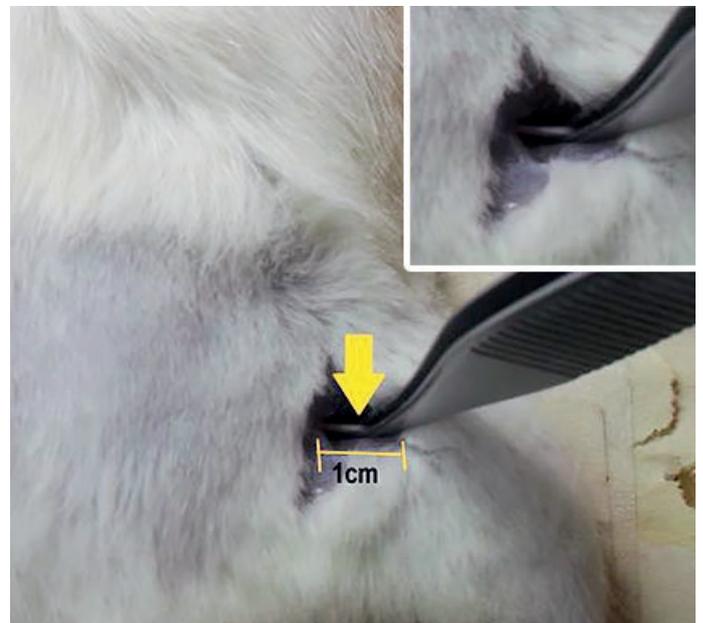
Se palpó con las yemas de los dedos el trocánter mayor y lateralmente a 1cm del fémur se realizó una incisión en la piel posterior del muslo de 1.5cm (**Fig. 1**), con tijeras de micro-dissección.

Luego se introdujo las tijeras con la punta cerrada a una profundidad de 0.5cm del bíceps derecho, a 1cm lateral del trocánter mayor y a 0.5-1cm del fémur.

Posteriormente se expuso el nervio ciático con pinzas curvas. Usando el fórceps para mantener la apertura, se colocó los extremos de la pinza curva a los dos lados del nervio, presionando fuertemente por 10 segundos, esto produce una breve contracción de la pata, posteriormente se retira la pinza y posteriormente se repite nuevamente el procedimiento. (**Fig. 2**)



**Fig. 1:** La flecha señala la localización del nervio ciático a 1cm del trocánter mayor



**Fig. 2:** La flecha señala la ubicación quirúrgica y pinzamiento del nervio ciático. Incisión de 1 cm

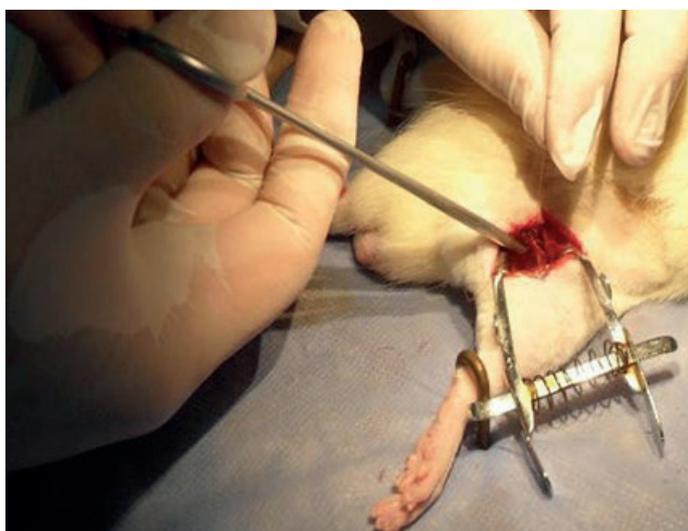
### 3. Procedimiento Quirúrgico de la Ligadura Laxa

Exponer el nervio ciático de igual manera que en el procedimiento anterior, colocar el separador de los músculos de manera tal que deje una abertura suficiente en la cual se pueda observar el tronco del nervio sin problema, (**Fig. 3**)

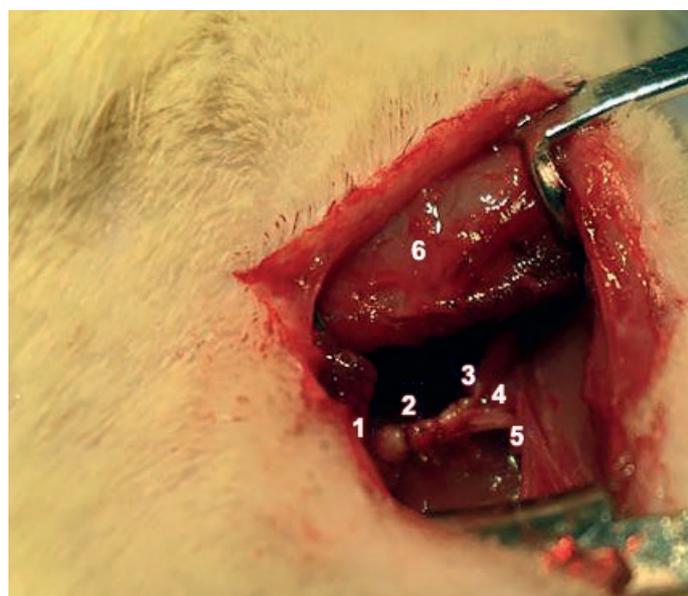
colocar con delicadeza 4 ligaduras flojas de tripa cromada 4-0 (**Fig. 4**) las cuales se separan con apenas pocos milímetros de distancia, (**Fig. 5**) con especial cuidado de no comprimir demasiado al nervio, coser el plano muscular y la piel.



**Fig. 3:** Abertura de la CCN de aprox. 3,5 cm. 1. Tronco de nervio ciático



**Fig. 4:** Ligadura laxa del nervio ciático con cat gut crómico



**Fig. 5:** Visualización de las ligaduras. 1. Tronco de NC, 2. Ligadura, 3. Nervio peroneo, 4. Nervio tibial, 5. Nervio safeno, 6. Músculo glúteo

#### 4. Cuidado post-operatorio

Los efectos de la anestesia finalizaron a los 20 min de la cirugía, se administraron antibióticos: calimicina® LA (Oxite-traciclina) a dosis de 60 mg por cada kg de peso cada 72 h, por inyección subcutánea interescapular, según pauta veterinaria. La herida quirúrgica fue controlada hasta su cicatrización.

#### 5. Observaciones de los procedimientos

Durante la aplicación de los modelos de Constricción Crónica de Nervio Ciático (CCN) y Axonotmesis de Nervio Ciático (ANC), se observaron distintos parámetros a considerar que pueden ser útiles al momento de ser realizados por el investigador.

MODELO	DIFICULTAD	TIEMPO	INVASIVO	VARIABILIDAD	NOCICEPCION	REGENERACION
CCN	±	20 - 30"	+	±	+	±
ANC	-	5 - 10 "	-	-	+	+

**Dificultad** (± = intermedio y - = menor grade dificultad).

**Tiempo** (desde que empieza hasta terminar la cirugía, sin contar el tiempo necesario para que la anestesia haga efecto).

**Invasivo** (+ = mayor grado de compromiso y técnica cruenta y - = técnica poco cruenta, sin embargo en ambas es importante la experiencia del investigador).

**Variabilidad** (± = grado intermedio, influye la compresión realizada por el operador durante el procedimiento y - = poca variabilidad, la compresión por pinzamiento no varía por la fuerza sino por el tiempo de pinzamiento).

**Nocicepción** (+ = útil para evaluar repuestas nociceptivas de investigación).

**Regeneración** (± = es posible tener un grado intermedio de regeneración y recuperación de motora y sensitiva parcial y + = útil y según el grado de axonotmesis puede evolucionar a una regeneración y recuperación total o parcial en días o meses).

**Tabla 1:** Parámetros observados en los modelos de CCN Y ANC

#### Discusión

El desarrollo de estos modelos animal muestra sin dudas como el avance de las técnicas neuroquirúrgicas debe orientarse a reducir la variabilidad producida por distintas cuestiones tales como error humano al momento de aplicar un método; esto representará un posible obstáculo para el investigador que desee poner en marcha un modelo, ya que al no poder llevarlo a cabo con precisión difícilmente logrará representar con fidelidad las situaciones que se presentan en la clínica.

En el caso de los dos modelos representados en este trabajo se evidencian distintos grados de lesión nerviosa periférica. En la ligadura laxa de nervio ciático se trata de una neuropraxia que generará dolor crónico en el animal de experimentación, un modelo que sin lugar a dudas es muy útil al momento de poner en marcha tratamientos experimentales que reduzcan las respuestas nociceptivas y que alivien el dolor, sin embargo en este modelo existe cuestiones de

la técnica que aumentan la variabilidad, una de estas es el grado de daño a nivel muscular que se tiene que realizar para poder visualizar un buen porcentaje del tronco nervioso y la segunda es el grado de compresión que se realiza, pues si esta es demasiado fuerte se generará una neurometosis, lesión que tendrá características distintas a la neuropraxia, claro está que también se tiende a la generación de un granuloma de cuerpo extraño por los hilos de cat gut crómico.

En el modelo de axonotmesis de nervio ciático es necesario destacar que es un modelo simple que permite que exista poca variabilidad y error de técnica porque la lesión del músculo es mínima y el pinzamiento es total, este modelo es aplicado para estudiar aspectos de la regeneración nerviosa periférica y podría ser también útil para estudiar respuestas nociceptivas, pues se ajusta a una lesión de axonotmesis de grado I o grado II, en las cuales es posible que observar condiciones de regeneración y dolor, debido a que existe una preservación del endoneuro, de la lámina basal y de la microcirculación local, así la regeneración no sólo es posible sino que es espontánea. Por lo cual a pesar de que se generó una interrupción axonal – sináptica, la preservación de los componentes mencionados, permite un restablecimiento de la sensibilidad.

Este modelo animal de axonotmesis, tendría como ventajas el ser un modelo más simple, menos invasivo y traumático comparado al modelo de constricción crónica del nervio ciático, debido a que este mismo implica gran dificultad y mayor tiempo en el procedimiento de operación y de aprendizaje.

## Conclusión

Las técnicas neuroquirúrgicas aplicadas constituyen una herramienta valiosa para la investigación de distintos aspectos relacionados del sistema nervioso como su regeneración, su respuesta nociceptiva y los cambios histopatológicos que se pueden trasladar a las patologías de la clínica.

Es importante la descripción detallada de los protocolos actualmente utilizados para así reducir la variabilidad de la aplicación de los mismos.

## Referencias

1. Ramón y Cajal, S. *Estudios sobre la degeneración y regeneración del sistema nervioso*. vol. 2. Imprenta Hijos de Nicolás Moya, Madrid, 1914.
2. Almudena, Ramón Cueto. *Axonal Regeneration in Damaged Nervous System*. Ars Medica. Revista de Humanidades 2003; 2:239-249.
3. Ortega, A.; Roca, A.; Micó, J.A. *Animal models of pain. A critical view*. Rev Soc Esp Dolor. España, 2002; 9: 447-453.
4. Savastano, L.E.; Laurito S.R.; Fitt, M.; Rasmussen, J.; Gonzalez, V.; Patterson, S.L. *Sciatic nerve injury: A simple and subtle model for investigating many aspects of nervous system damage and recovery*. 2014. Journal of Neuroscience Methods 227 :166–180.
5. Seddon, H.J. *A classification of nerve injuries*. Br Med J 1942;2:237–9.
6. Seddon, H.J. *Three types of nerve injury*. Brain 1943;66:237–88.
7. Sunderland, S. *A classification of peripheral nerve injuries producing loss of function*. Brain 1951;74:491– 516.
8. Prieto, R.; Gutiérrez-González, R.; Pascual, J.M.; Roda, J.M.; Cerdán, S.; Matias-Guiu, J.; Barcia, J.A. *Modelos experimentales de traumatismo craneoencefálico*. Neurocirugía v.20 n.3 Murcia jun. 2009.
9. S.Y.M. Takeda a, L.S. de Oliveira a, L.L. Sobral aM.C. Somazz b, M.I.L. Montebelo a,b, R.M. Teodori. *Regeneración nerviosa periférica en ratones expuestos a un ambiente enriquecido*. Rev Neurol 2008; 47:185 – 190.



ISSN edición impresa 1853-256X / ISSN edición online 1852-9348

Publicación de la Asociación Argentina de Anatomía

© 2015

