

Seno cavernoso: anatomía, histología y terminología

Cavernous sinus: anatomy, histology and terminology

Luis Delgado-Reyes^{1,2}, Armando Pérez-Torres³, Oscar O. Gasca-González^{4,5*} y Julio C. Pérez-Cruz^{2,4,6}

¹Servicio de Neurocirugía, Hospital Juárez de México; ²Departamento de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México; ³Laboratorio de Filogenia del Sistema Inmune y Mucosas, Departamento de Biología Celular y Tisular, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México; ⁴Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México; ⁵Clínica de Medicina Familiar Santa María, Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado; ⁶Laboratorio de Técnicas Anatómicas, Academia de Anatomía Humana, Escuela Superior de Medicina, Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de México, México

Resumen

Antecedentes: Si bien el seno cavernoso (SC) ha sido estudiado desde 1695, su anatomía y nombre aún están bajo discusión. **Métodos:** Se estudiaron la anatomía y la histología de 40 SC de cadáveres humanos, incluyendo los dos de un recién nacido. **Resultados:** El SC está limitado por dos paredes, una inferomedial compuesta solo por la capa más externa de la duramadre y otra superolateral compuesta por ambas capas de la duramadre. Hay venas sinusoidales que atraviesan la pared lateral del SC formando una transición entre venas tributarias y el SC. Una capa endotelial recubre la superficie interna del SC y la superficie externa de la arteria carótida interna. El espacio dentro del SC presenta trabéculas, las cuales son escasas en el adulto en comparación con el recién nacido. La pérdida de trabéculas en el SC puede ser un proceso natural a lo largo de la vida. **Conclusiones:** En conclusión, el SC es un verdadero seno, por lo que el término «seno cavernoso» se aplica de forma correcta.

Palabras clave: Seno cavernoso. Arteria carótida interna. Seno venoso. Compartimento lateral selar. Vía venosa paraselar.

Abstract

Background: Although the cavernous sinus (CS) has been studied since 1695, its anatomy and name are still under discussion. **Method:** Anatomy and histology of 40 CS from human cadavers were studied, included both from a newborn specimen. **Results:** Two walls limit the CS, an inferior medial one composed only of the dura's outer layer and a superior lateral one consisting of both dura's layers. Sinusoidal veins pass through the lateral wall of the CS as a transition between venous tributaries and the CS. An endothelial layer covers the inner surface of the CS and the outer surface of the internal carotid artery. The space within the CS shows trabeculae, which are rarer in adults compared to the newborn. The loss of trabeculae in the CS may be a natural process along with life. **Conclusions:** In conclusion, the CS is a real sinus, and the term "cavernous sinus" is appropriately applied.

Keywords: Cavernous sinus. Internal carotid artery. Venous sinus. Lateral sellar compartment. Parasellar venous pathway.

*Correspondencia:

Oscar O. Gasca-González

E-mail: oog1708@gmail.com

0009-7411/© 2021 Academia Mexicana de Cirugía. Publicado por Permayer. Este es un artículo *open access* bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Fecha de recepción: 28-02-2021

Fecha de aceptación: 25-05-2021

DOI: 10.24875/CIRU.21000182

Cir Cir. 2023;91(1):94-99

Contents available at PubMed

www.cirurgiaycirujanos.com

Introducción

La duramadre es la meninge más externa y algunos autores consideran que está compuesta por dos capas; de ellas, la más externa corresponde al periostio, capa perióstica o denominada por algunos autores endostio, mientras que la capa interna corresponde a la duramadre propiamente dicha, capa dural o capa meníngea¹⁻⁵. Sin embargo, algunos autores proponen que únicamente la capa externa debe ser considerada como duramadre^{6,7}. Por otro lado, los senos venosos son espacios que contienen y drenan la sangre venosa del encéfalo y de las estructuras pericraneales. Las dos capas de la duramadre limitan los senos venosos, según Carpenter¹, o de acuerdo con Barr⁶ por la duramadre propiamente dicha y el periostio; de cualquier manera, un seno venoso puede ser intra- o extradural si partimos del hecho de que «seno» significa «cavidad».

El término «seno cavernoso» (SC) fue acuñado por primera vez por Winslow en 1732^{8,9} y ha sido estudiado desde 1695, pero hasta ahora no existe consenso sobre su anatomía, histología y terminología. El SC es un espacio par, lateral a la silla turca y que se encuentra sobre la superficie intracraneal de los huesos esfenoides y temporal. A través de él pasan la arteria carótida interna (ACI) y dentro de la pared lateral se encuentran los nervios craneales oculomotor, troclear y los ramos oftálmico y maxilar del trigémino, mientras que medial a la pared lateral, dentro del SC, discurren el nervio craneal *abducens* y nervios simpáticos^{2-5,9-14}.

Existe controversia sobre la localización del SC respecto a la duramadre; algunos autores consideran al SC como un espacio extradural^{6,10,11,15-21}, mientras que otros han postulado que es un espacio intradural^{3,9,22-27}.

Hay diferentes reportes acerca de la anatomía interior del SC que proponen que es un espacio trabeculado lleno de sangre^{8,9,14,24}, y otros lo mencionan como un espacio donde se localiza un plexo venoso que envuelve a la ACI^{2,10,15,28-30}. Debido a esta dualidad de conceptos, el término «seno cavernoso» ha sido objeto de discusión. Algunos autores mantienen el concepto de SC^{2-4,9,13,14,22,23,31,32} y otros han optado por llamarle compartimento laterosellar^{6,11,15,33} o vía venosa parasellar¹⁰. Sin embargo, muchas de estas observaciones fueron realizadas en disecciones bajo microscopía estereoscópica y solo unas pocas con observaciones histológicas; por lo anterior, decidimos

investigar la anatomía del SC usando tanto microscopía estereoscópica como cortes histológicos.

Método

Realizamos un estudio transversal, observacional y descriptivo en el que se incluyeron 40 senos cavernosos de 19 cadáveres de humanos adultos y de un recién nacido cuya causa de muerte no fue encefálica. De los cadáveres adultos se obtuvieron bloques de las regiones parasellar y sellar, que fueron fijados en una solución de formaldehído al 10% después de ser inyectados con acetato líquido coloreado con pintura roja a través de las arterias carótidas comunes y las venas yugulares internas. Ambos SC de cada espécimen fueron disecados bajo visión microscópica y posteriormente se obtuvieron cortes de parafina teñidos con hematoxilina-eosina de cada SC. Los senos cavernosos del recién nacido fueron fijados con una solución de glutaraldehído al 1.5% para obtener cortes de araldita semifinos teñidos con azul de toluidina después de ser lavados con una solución *buffer* de cocadilato de sodio (pH 7.2) a través de las arterias carótidas comunes.

Resultados

Encontramos que la pared superolateral del SC es una pared gruesa compuesta por ambas capas de la duramadre (Figs. 1 y 2). Observamos canales venosos en la pared lateral que terminan dentro del SC, a través de los cuales drenan las venas afluentes; estos canales venosos separan las dos capas de la pared lateral. Estos canales son similares a aquellos en el seno longitudinal superior, a los cuales Testut y Latarjet²⁴ llamaron venas sinusoidales (Figs. 3 y 4)²⁴.

La pared inferomedial es más delgada que la lateral y está compuesta únicamente por la capa externa de la duramadre, que representa el periostio o endostio de la base del cráneo. Esta capa rodea a las estructuras dentro de la pared lateral del SC (nervios craneales oculomotor, troclear, ramos oftálmico y maxilar del trigémino). Asimismo, encontramos que el endostio rodea al nervio craneal *abducens* y nervios simpáticos que discurren mediales a la pared lateral del SC (Fig. 5).

La porción cavernosa de la ACI pasa dentro del SC. Entre las paredes del SC y la ACI hay múltiples trabéculas irregulares. Una capa de endotelio modificado cubre la superficie interna del SC y se refleja para

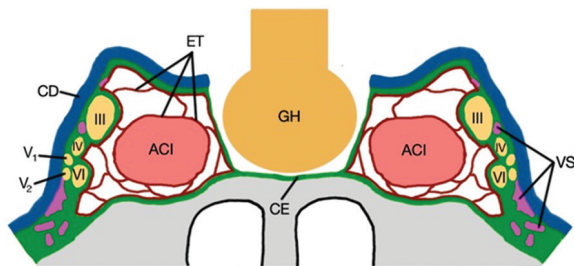


Figura 1. Anatomía interna del seno cavernoso (corte coronal). ACI: arteria carótida interna; CD: capa dural; CE: capa endóstica; GH: glándula hipófisis; ET: endotelio; V₁: ramo oftálmico del nervio trigémino; V₂: ramo maxilar del nervio trigémino; VS: venas sinusoidales; III: nervio oculomotor; IV: nervio troclear; VI: nervio abducens.

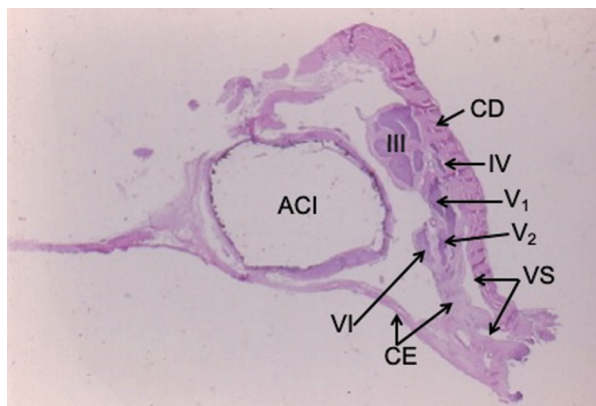


Figura 2. Imagen microscópica del seno cavernoso. Corte coronal de un bloque en parafina teñido con hematoxilina-eosina. ACI: arteria carótida interna; CD: capa dural; CE: capa endóstica; V₁: ramo oftálmico del nervio trigémino; V₂: ramo maxilar del nervio trigémino; VS: venas sinusoidales; III: nervio oculomotor; IV: nervio troclear; VI: nervio abducens.

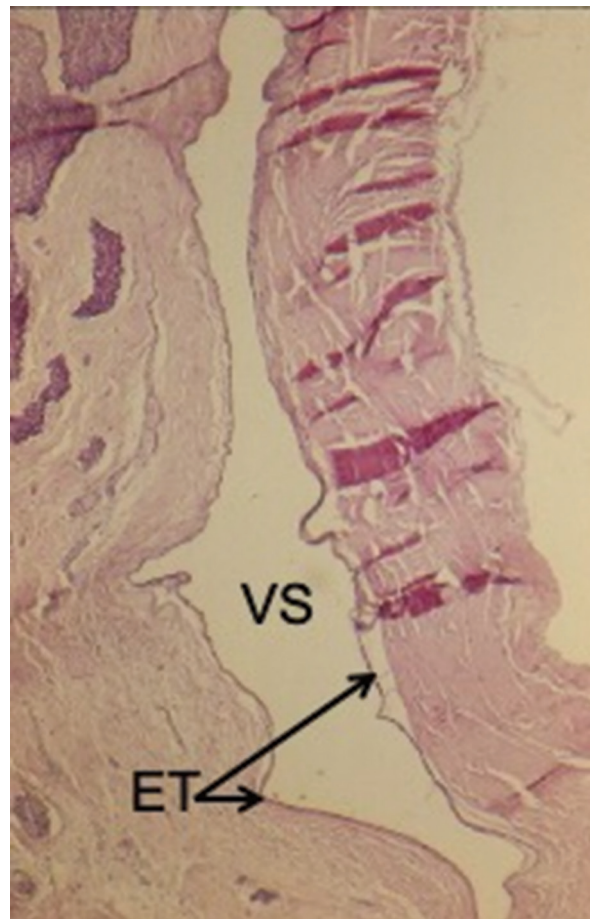


Figura 4. Imagen microscópica del seno cavernoso (acercamiento de la fig. 2). Corte coronal de un bloque en parafina teñido con hematoxilina-eosina. ET: endotelio; VS: venas sinusoidales.

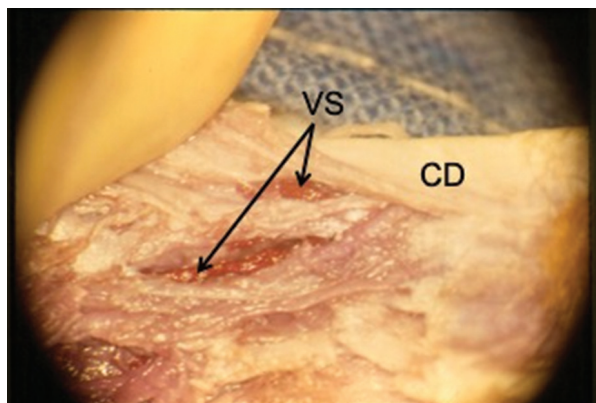


Figura 3. Disección de la pared lateral del seno cavernoso, recorrida longitudinalmente por las venas sinusoidales. CD: capa dural; VS: venas sinusoidales.

cubrir la adventicia de la ACI. Esta disposición asemeja al peritoneo visceral (Fig. 6).

Los SC del recién nacido mostraban una mayor cantidad de trabéculas que los de los adultos.

Discusión

Nuestros resultados concuerdan con lo propuesto por Carpenter¹, Loveren et al.², Campero et al.³ y Boardman et al.¹⁴ en que la duramadre está formada por dos capas. Se sabe que algunos senos venosos están limitados por las dos capas de la duramadre, como en el seno longitudinal superior, o únicamente por la capa dural, como en el caso del seno longitudinal inferior.

Encontramos que el SC es una estructura única que se encuentra dividida por trabéculas, mas no un plexo venoso con múltiples venas; esto en concordancia con lo descrito por autores como Harris y Rhoton⁹, entre otros^{8,14,24}, y en oposición a lo descrito por otros autores^{2,10,15,28-30}. Dado este hallazgo, consideramos adecuado el uso del término «seno cavernoso» (Fig. 7). Sin embargo, Hashimoto et al.⁴ consideran que ambos conceptos no son excluyentes, ya que refieren que, de

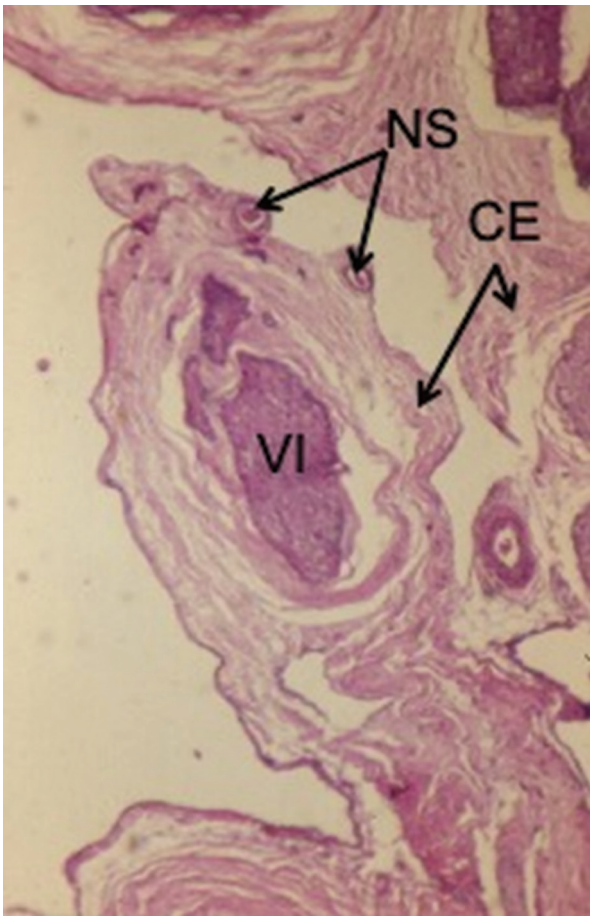


Figura 5. Imagen microscópica del seno cavernoso (acercamiento al nervio abducens). Corte coronal de un bloque en parafina teñido con hematoxilina-eosina. CE: capa endóstica; NS: nervios simpáticos; VI: nervio abducens.

acuerdo con las variaciones del desarrollo del SC, este puede quedar como un espacio venoso sinusoidal con trabéculas o bien como un plexo venoso compuesto con diversas venas.

Concordamos con autores que proponen que el SC está limitado por dos paredes, una inferomedial y otra superolateral. Las capas interna y externa de la duramadre forman la pared lateral, que también forma el techo del SC^{3,14}.

Aunque se ha descrito que el nervio craneal *abducens* y los nervios simpáticos discurren mediales a la pared lateral y ya en el interior del propio SC, estas observaciones han sido llevadas a cabo en su mayoría por disecciones microscópicas³ o por estudios de imagen¹⁶, y no por estudios histológicos. En el presente se demuestra que estos nervios están rodeados por el endostio de la pared lateral (Figs. 2 y 5). Dichas observaciones concuerdan con

lo descrito por Hashimoto et al.⁴ durante el desarrollo embrionario del SC.

Nuestras observaciones demuestran que la pared inferomedial es más delgada y está formada solo por la capa externa de la duramadre, un hallazgo que refuerza lo propuesto por Campero et al.³, quienes también postulan que dicha pared forma al mismo tiempo la pared lateral de la fosa hipofisiaria.

La pared lateral del SC es una estructura que, de acuerdo con algunos autores, tiene un origen embrionario doble: por una parte, la pared interna, propiamente limitando el SC, proviene de estructuras extracraneales, y de ahí que drene la sangre venosa a través de la vena oftálmica superior, única afluyente antes del nacimiento; y por otra parte, de acuerdo con esta teoría, la capa externa de la pared lateral del SC tendría un origen embrionario distinto a partir de un seno tentorial primitivo que originalmente, antes de la semana 8 de gestación, drena la sangre de la vena cerebral media superficial (VCMS). De acuerdo con esta teoría, la formación de la pared lateral del SC implica la fusión de ambos sistemas, por un lado el SC propiamente dicho y por otro el seno tentorial primitivo^{31,34,35}. Estas dos estructuras se fusionarían y de acuerdo con el grado de fusión darían origen a tres tipos de drenaje de la VCMS en el SC: 1) la persistencia del seno tentorial primitivo en el adulto, conocido como seno paracavernoso, mismo que recibe a la VCMS; 2) la formación de un seno venoso dentro de la pared lateral del SC, el seno laterocavernoso, mismo que recibe sangre de la VCMS y puede o no tener conexiones secundarias con el SC, y 3) el drenaje directo de la VCMS en el SC^{31,35,36}. De acuerdo con Gailloud et al.³¹, el primer patrón es el más frecuente, mientras que el tercero es el menos frecuente, aunque el más descrito. A este respecto, nuestros hallazgos de estructuras venosas dentro de la pared lateral sugieren más la presencia de venas sinusoidales que drenan directamente al SC y que reciben sangre de las venas afluentes del SC. Consideramos que, al ser observaciones angiográficas las realizadas por Gailloud et al.³¹, el patrón encontrado en nuestro estudio puede ser fácilmente confundido con el segundo y el tercer patrones descritos por Gailloud et al.³¹ y otros autores³⁶.

Los hallazgos respecto a que el endotelio que recubre la superficie interna del SC se refleja para cubrir la capa externa de la adventicia de la ACI no están descritos en la literatura que hemos consultado¹⁻³⁶.

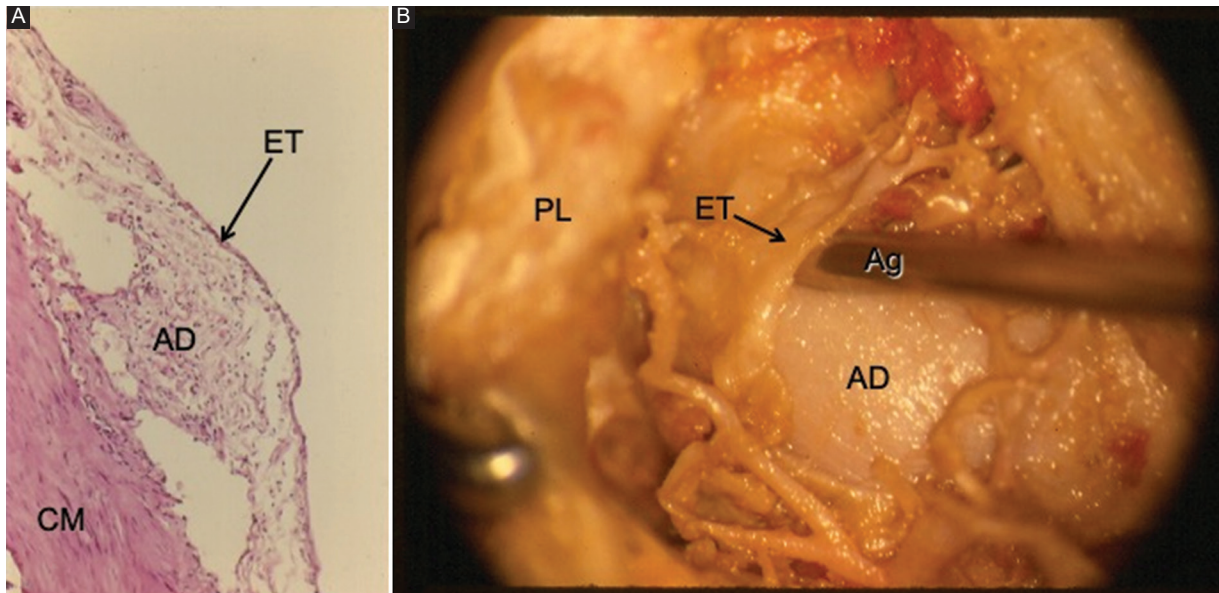


Figura 6. Superficie externa de la arteria carótida interna (ACI) cubierta por una capa fina de endotelio modificado. **A:** imagen microscópica del seno cavernoso (SC) (acercamiento a la ACI). **B:** disección de la pared lateral del SC (la adventicia de la ACI es separada del endotelio con una aguja de insulina). AD: adventicia de la ACI; Ag: aguja de insulina; CM: capa muscular de la ACI; ET: endotelio; PL: pared lateral del seno cavernoso.

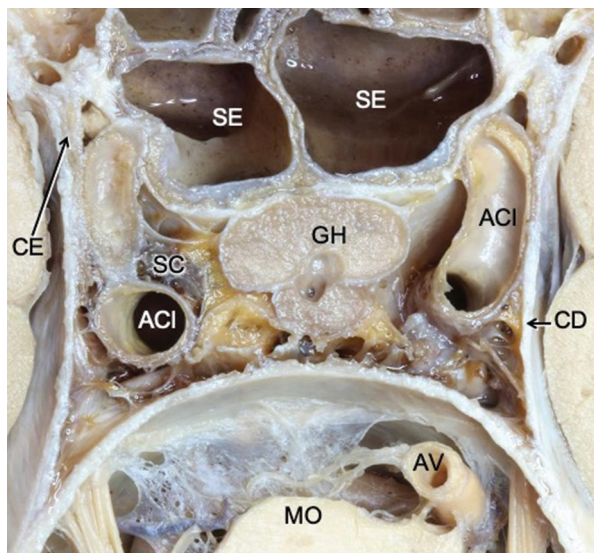


Figura 7. Corte transversal de un bloque de las regiones sellar y parasellar. ACI: arteria carótida interna; AV: arteria vertebral; CD: capa dural; CE: capa endóstica; GH: glándula hipófisis; MO: médula oblongada; SC: cavidad del seno cavernoso mostrando las trabéculas internas; SE: senos esfenoidales.

La presencia de un menor número de trabéculas en el SC del recién nacido en comparación con los adultos sugiere la posible desaparición de trabéculas a lo largo de la vida. Estos hallazgos concuerdan con lo descrito por Hashimoto et al.⁴, quienes encontraron una disminución en el número de espacios venosos durante el desarrollo fetal.

Conclusiones

El SC es un verdadero seno venoso formado por dos paredes, una inferomedial, constituida solo por la capa externa de la duramadre, y otra superolateral, constituida por ambas capas de la duramadre. Dentro de la pared lateral del SC se encuentran venas sinusoidales que representan la transición entre las venas afluentes del SC y el propio SC. Tanto la superficie interna de las paredes del SC como la superficie externa de la ACI se encuentran revestidas por una capa endotelial. Es posible que, a lo largo de la vida, sea un proceso natural la pérdida de trabéculas en el interior del SC.

Financiamiento

Los autores declaran no haber recibido financiamiento externo para la realización del manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que los procedimientos seguidos se

conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

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

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

Bibliografía

- Parent A. *Carpenter's Human neuroanatomy*. 9th ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 2006.
- Kawase T, van Loveren H, Keller JT, Tew JM. Meningeal architecture of the cavernous sinus: clinical and surgical implications. *Neurosurgery*. 1996;39:527-34; discussion 534-6.
- Campero A, Campero AA, Martins C, Yasuda A, Rhoton AL Jr. Surgical anatomy of the dural walls of the cavernous sinus. *J Clin Neurosci*. 2010;17:746-50.
- Hashimoto M, Yokota A, Yamada H, Okudera T. Development of the cavernous sinus in the fetal period: a morphological study. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 2000;40:140-50.
- Klinger DR, Flores BC, Lewis JJ, Barnett SL. The treatment of cavernous sinus meningiomas: evolution of a modern approach. *Neurosurg Focus*. 2013;35:E8.
- Kiernan JA, Rajakumar N. *Barr's The human nervous system: an anatomical viewpoint*. 10th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2014.
- Rogers R, Epker BN. Carotid-cavernous sinus fistula accompanying mid-facial fractures: report of case. *J Oral Surg*. 1972;30:429-32.
- Bedford MA. The "cavernous" sinus. *Br J Ophthalmol*. 1966;50:41-6.
- Harris FS, Rhoton AL. Anatomy of the cavernous sinus. A microsurgical study. *J Neurosurg*. 1976;45:169-80.
- Taptas JN. The so-called cavernous sinus: a review of the controversy and its implications for neurosurgeons. *Neurosurgery*. 1982;11:712-7.
- Cavallo LM, Cappabianca P, Galzio R, Iaconetta G, de Divitiis E, Tschabitscher M. Endoscopic transnasal approach to the cavernous sinus versus transcranial route: anatomic study. *Neurosurgery*. 2005;56(2 Suppl):379-89; discussion 379-89.
- Isolan G, de Oliveira E, Mattos JP. Microsurgical anatomy of the arterial compartment of the cavernous sinus: analysis of 24 cavernous sinus. *Isolan Arq Neuropsiquiatr*. 2005;63:259-64.
- Dolenc VV. Surgery of vascular lesions of the cavernous sinus. *Clin Neurosurg*. 1990;36:240-55.
- Boardman JF, Rothfus WE, Dulai HS. Lesions and pseudolesions of the cavernous sinus and petrous apex. *Otolaryngol Clin North Am*. 2008;41:195-213.
- Parkinson D. Surgical anatomy of the lateral sellar compartment (cavernous sinus). *Clin Neurosurg*. 1990;36:219-39.
- Kehrl P, Maillot C, Wolff MJ. The venous system of the lateral sellar compartment (cavernous sinus): an histological and embryological study. *Neurol Res*. 1996;18:387-93.
- Kehrl P, Ali MM, Maillot C, Fortman J, Misra M, Dujovny M. Comparative microanatomy of the lateral wall of the 'cavernous sinus' in humans and the olive baboon. *Neurol Res*. 1997;19:571-6.
- Kehrl P, Ali M, Reis M Jr, Maillot C, Diemann JL, Dujovny M, et al. Anatomy and embryology of the lateral sellar compartment (cavernous sinus) medial wall. *Neurol Res*. 1998;20:585-92.
- Yokoyama S, Hirano H, Moroki K, Goto M, Imamura S, Kuratsu JI. Are nonfunctioning pituitary adenomas extending into the cavernous sinus aggressive and/or invasive? *Neurosurgery*. 2001;49:857-62; discussion 862-3.
- Diemann JL, Kehrl P, Maillot C, Diniz R, Reis M Jr, Neugroschl C, et al. Is there a dural wall between the cavernous sinus and the pituitary fossa? Anatomical and MRI findings. *Neuroradiology*. 1998;40:627-30.
- Songtao Q, Yuntao L, Jun P, Chuanping H, Xiaofeng S. Membranous layers of the pituitary gland: histological anatomic study and related clinical issues. *Neurosurgery*. 2009;64(3 Suppl):1-9; discussion 9-10.
- Moreira MB. Physiological importance of the conjugation of the internal carotid artery and cavernous sinus. *Med Hypotheses*. 1998;50:389-91.
- van Overbeeke JJ, Jansen JJ, Tulleken CA. The cavernous sinus syndrome. An anatomical and clinical study. *Clin Neurol Neurosurg*. 1988;90:311-9.
- Testut L, Latarjet A. *Tratado de anatomía humana*. Barcelona: Salvat; 1985.
- Yasuda A, Campero A, Martins C, Rhoton AL Jr, de Oliveira E, Ribas GC. Microsurgical anatomy and approaches to the cavernous sinus. *Neurosurgery*. 2008;62(6 Suppl 3):1240-63.
- Marinkovic S, Gibo H, Vucevic R, Petrovic P. Anatomy of the cavernous sinus region. *J Clin Neurosci*. 2001;8(Suppl 1):78-81.
- Tobenas-Dujardin AC, Duparc F, Ali N, Laquerriere A, Muller JM, Freger P. Embryology of the internal carotid artery dural crossing: apropos of a continuous series of 48 specimens. *Tobenas Surg Radiol Anat*. 2005;27:495-501.
- Bonnet P. [Cavernous sinus and cavernous sinus syndrome]. *J Med Lyon*. 1955;36:593-606.
- Hamby WB. Carotid-cavernous fistula (pulsating exophthalmos). *GP*. 1968;37:92-4.
- Papadakis N, Lukl ND. The cavernous sinus. 44th Ann Meet Am Assoc Neurosurg Surg. San Francisco, California; 1976.
- Gailloud P, San Millán Ruiz D, Muster M, Murphy KJ, Fasel JH, Rufenacht DA. Angiographic anatomy of the laterocavernous sinus. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2000;21:1923-9.
- Dalgıç A, Boyacı S, Aksoy K. Anatomical study of the cavernous sinus emphasizing operative approaches. *Turk Neurosurg*. 2010;20:186-204.
- Keller HM, Imhof HG, Valavanis A. Persistent cervical intersegmental artery as a cause of recurrence of a traumatic carotid-cavernous fistula: case report, with emphasis on Doppler ultrasound diagnosis. *Neurosurgery*. 1982;10:492-8.
- Hakuba A, Ohata K, Nakanishi N, Bae HG, Branco Soares S. Developmental anatomy of the cavernous sinus. En: Hakuba A, editor. *Surgery of the intracranial venous system*. New York: Springer; 1996. p. 26-35.
- Knosp E, Muller G, Perneczky A. Anatomical remarks on the fetal cavernous sinus and on the veins of the middle cranial fossa. En: Dolenc VV, editor. *The cavernous sinus: a multidisciplinary approach to vascular and tumorous lesions*. New York: Springer; 1987. p. 104-16.
- San Millán Ruiz D, Gailloud P, de Miquel Miquel MA, Muster M, Dolenc VV, Rufenacht DA, et al. Laterocavernous sinus. *Anat Rec*. 1999;254:7-12.