

Imágenes en medicina

ANATOMÍA DEL SISTEMA VENOSO CEREBRAL. Correlación por imágenes

Luis Manuel Alejandro Acosta Rosas¹, Santiago Andrés Cárdenas Guerrero¹, Laura Lucía Peña Guzmán², Juan Andrés Mora Salazar³, Carolina Tramontini Jens⁴

1 Residente de Radiología e Imágenes Diagnósticas, Fundación Universitaria Sanitas. Bogotá, Colombia.

2 Residente de Neurología, Fundación Universitaria Ciencias de la Salud. Hospital San José. Bogotá, Colombia.

3 Médico Radiólogo. Departamento de Radiología e Imágenes Diagnósticas, Clínica Universitaria Colombia.

Docente adscrito Radiología, Fundación Universitaria Sanitas. Bogotá, Colombia.

4 Neurorradióloga, Departamento de Radiología e Imágenes Diagnósticas, Clínica Universitaria Colombia.

Docente de Neurorradiología, Fundación Universitaria Sanitas. Bogotá, Colombia

RESUMEN

El sistema venoso cerebral se divide en tres grandes grupos: sistema venoso profundo, superficial y senos duros. Se empieza a desarrollar a partir de la sexta semana de gestación y culmina su formación cerca de la semana 16. Es importante reconocer la anatomía venosa del cerebro en las diferentes modalidades diagnósticas, a fin de identificar las estructuras y territorios vasculares venosos del parénquima cerebral, con el propósito de interpretar adecuadamente las imágenes y realizar la correlación clínica al momento de enfrentarse a un paciente con patología cerebral de etiología venosa.

Palabras claves: Imagen por Resonancia Magnética; Anatomía; Venas cerebrales; Senos Craneales.

DOI: <https://doi.org/10.26852/01234250.33>

CEREBRAL VENOUS SYSTEM ANATOMY. Imaging findings

ABSTRACT

Cerebral venous system is divided into three main groups: deep venous system, superficial venous system and dural sinuses. Its development begins from sixth week of gestation and finishes its formation around 16th week. It is important to recognize brain venous anatomy throughout different diagnostic modalities to identify venous vascular structures and territories of the cerebral parenchyma, in order to properly interpret the images and perform clinical correlation for patients with cerebral pathology of venous etiology.

Key words: Magnetic resonance imaging; Anatomy; Cerebral veins; Cranial sinuses.

Recibido: 14 de marzo de 2019

Aceptado: 22 de marzo de 2019

Correspondencia: ctramontinij@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El drenaje venoso cerebral se subdivide en tres grandes grupos, los cuales presentan múltiples conexiones y sistemas de drenaje entre sí (Figura 1):

- Sistema venoso profundo
- Sistema venoso superficial
- Senos duros

EMBRIOLOGÍA

Hacia la sexta semana de gestación, aparecen tres plexos venosos (anterior, medio, posterior) que drenan el tubo neural a través de tres vasos venosos hacia un seno primario ventrolateral (vena capitis lateralis) (1,2). Es la forma más primitiva de sistema venoso, con venas que drenan en un sistema superficial en el tubo neural de forma centrífuga. Posteriormente, en la octava semana se desarrolla el plexo coroideo que se caracteriza por un drenaje dual: ventralmente por la vena diencefálica y dorsalmente por la vena proencefálica mediana de Markowski. La vena proencefálica es el precursor de las venas profundas y se convertirá en la vena coroidea principal. Por otro lado, surge una vena telencefálica que drena la superficie lateral del hemisferio (futura vena cerebral media y seno tentorial) (1,2).

Para la semana 9, el seno primario se ha obliterado y se ha reemplazado por un sistema colateral dorsal, el

cual formará el seno sigmoideo. La anastomosis inicial entre los plexos anterior y medio ahora es inducida caudalmente por el crecimiento de los hemisferios cerebrales, al mismo tiempo que se forma el seno transversal (1,2).

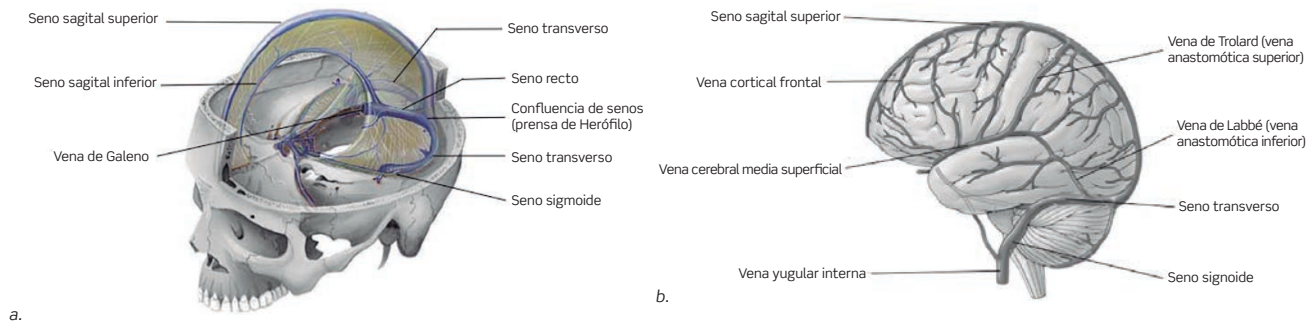
La vena proencefálica media empieza a hacer regresión a medida que se desarrollan las venas cerebrales internas y de su unión se forma la vena de Galeno en la décima semana de gestación. La vena basal de Rosenthal se forma por anastomosis entre el plexo venoso que drena el cerebro fetal caudomedial. La porción anterior del seno primario, el cual se encuentra medial al ganglio trigémino, formará el seno cavernoso. Este recibe como tributarias a la vena facial, maxilar y la vena oftálmica superior y constituirá la vena cerebral media definitiva; en este momento ocurre la consolidación de los plexos duros dorsales que forman el seno sagital superior (1).

Iniciando la semana 16, la condensación del plexo tentorial da como resultado la aparición de la tórula. Poco después, las venas cerebrales internas definitivas se forman junto con la vena magna de Galeno y el seno recto, finalizando el desarrollo venoso cerebral (1).

A. SISTEMA VENOSO PROFUNDO

Este sistema venoso drena núcleos grises profundos y sustancia blanca, incluyendo la mayor parte de la sustancia blanca de los hemisferios cerebrales, septum pellucidum, claustrum, fórnix, cuerpo calloso, cápsula

FIGURA 1. Esquema de la hoz del cerebro con los senos mayores de la duramadre, el sistema venoso superficial y profundo (a), así como las interconexiones entre estos sistemas (b).



Fuente: Los autores.

interna, ganglios basales y tálamo (3,4). Puede dividirse en un grupo ventricular y un grupo cisternal (5) o en venas subependimarias, medulares, de la cápsula interna, ganglios basales, claustro, coroideas y talámicas (3) y convergen en las venas basal de Rosenthal, cerebral interna y vena cerebral mayor (Vena de Galeno) (5).

Venas medulares

Las venas medulares drenan circulación de la sustancia blanca profunda hasta dos centímetros por debajo de la corteza cerebral (6). Se encuentran dispuestas en forma perpendicular a los hemisferios cerebrales, desembocan en las venas subependimarias localizadas en la pared de los ventrículos laterales y pueden tener anastomosis con las venas medulares superficiales (3,6).

Venas subependimarias

A las venas subependimarias llega sangre proveniente del septum pellucidum, ganglios basales, cuerpo calloso y fórnix, además de las venas medulares (3); y en este grupo se encuentran la vena septal y la tálamoestriada como las más importantes (7). La primera, también llamada vena del septum pellucidum (3), inicia su curso dentro del asta frontal del ventrículo lateral y luego discurre medialmente a lo largo del septum pellucidum (que le da su nombre) para unirse a la vena talamoestriada detrás de o en el agujero de Monro formando las venas cerebrales internas (8). Las venas talamoestriadas están formadas por la unión de las venas caudadas a las que drenan sangre proveniente del núcleo caudado y de las venas terminales que se localizan entre el tálamo y cuerpo del núcleo caudado en el surco talamocaudado y generalmente, son prominentes dentro del grupo de las venas subependimarias (3,8).

Las venas atriales y ventriculares inferiores también corresponden a venas subependimarias, las atriales se dividen en mediales y laterales, las primeras drenan a la vena cerebral interna, las segundas (que son más raras) a la vena basal o ventricular inferior y la ventricular inferior a la vena basal (3).

Venas del claustro, cápsula interna y ganglios basales

Las venas estriadas superiores drenan la parte superior de la cápsula interna, claustro y ganglios basales y convergen en las venas subependimarias, y la parte inferior de estas estructuras es drenada por las venas estriadas inferiores que finalizan en la vena cerebral media profunda tributaria de la vena basal (3).

Venas talámicas y coroideas

Las venas coroidea inferior y superior drenan el plexo coroide y son tributarias de la vena basal y vena cerebral interna; el tálamo es drenado por las venas talámicas anterior y superior que a su vez drenan a la vena cerebral interna y por las venas posterior e inferior que drenan a la vena basal; la vena talámica inferior drena a la vena peduncular tributaria de la basal (3).

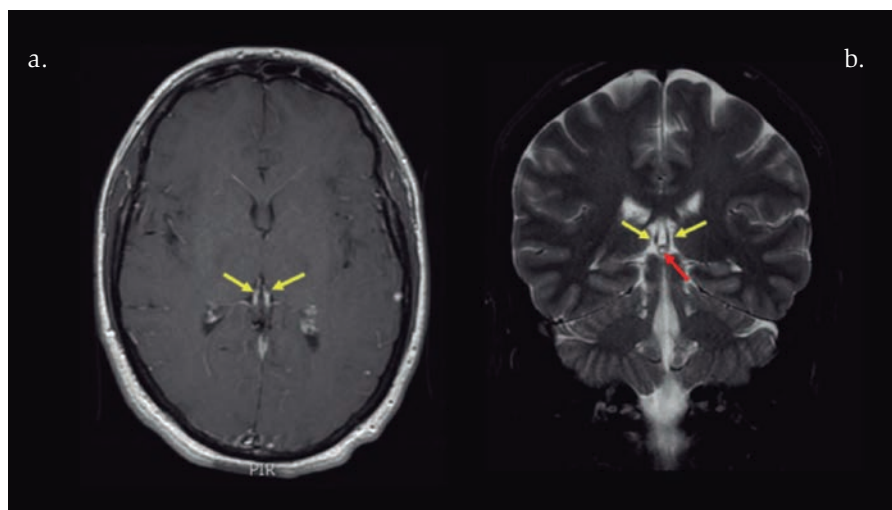
Vena cerebral interna

Es una estructura par localizada en cercanía a la línea media que se dirige posteriormente hacia el techo del tercer ventrículo y velum interpositum alcanzando el receso pineal donde cambia su curso lateralmente y finaliza debajo del esplenio del cuerpo calloso, siendo tributaria a este nivel de la vena de Galeno junto con la vena basal (4). Recibe múltiples tributarias de venas subependimarias en su recorrido y en el angiograma lateral se visualiza en forma de "S" (3) (Imagen 1).

Vena basal de Rosenthal

Es una estructura par que se origina en la cisterna quiasmática a nivel de la superficie inferior de la sustancia perforada anterior, medial al uncus, siendo su principal tributaria la vena cerebral media profunda, la cual se une con la vena estriada anterior, venas insulares, cerebral anterior y olfatoria; también, puede formarse por confluencia de las venas cerebral anterior y olfatoria solas (6). La vena basal de Rosenthal drena la

IMAGEN 1. (a) Resonancia magnética (RM) axial T1 contrastada, (b) RM coronal T2.



Las flechas amarillas muestran las venas cerebrales internas y la flecha roja muestra la vena magna de Galeno.

ínsula, superficie orbitaria del lóbulo frontal, ganglios basales, hipotálamo, mesencéfalo y tálamo, recibiendo como tributarias las venas pontomesencefálica anterior, ventricular inferior, vermiana, precentral, mesencefálica lateral y venas provenientes de los lóbulos temporales mediales, ganglios basales y pedúnculos cerebrales (6). Hacia el contorno posterior del tálamo se une a las venas cerebrales internas para formar la vena de Galeno (3,8).

Vena de Galeno

La Vena de Galeno o vena cerebral mayor es una vena única que se encuentra en la línea media, pasa por debajo del esplenio del cuerpo calloso y se une con el seno sagital inferior formando el seno recto (8). Recibe como tributarias las venas cerebrales internas, vena basal de Rosenthal, occipitales internas, pericallosas y venas de fosa posterior (6) (Figura 2).

B.SISTEMA VENOSO SUPERFICIAL

Puesto que las venas del cerebro superficial no discurren en forma estrictamente paralela a las arterias, los territorios vasculares arteriales y venosos también son diferentes (9-12).

Las venas superficiales del cerebro drenan la sangre procedente de las venas corticales y medulares y su recorrido es extremadamente variable (10). Se debe recordar que todas las venas superficiales al drenar en el seno de la duramadre abandonan el espacio subaracnoideo y se extienden subduralmente durante un recorrido corto entre la duramadre y la aracnoides; este tramo pequeño de las venas se ha denominado “venas puente”, que no deben confundirse con las venas pónicas (13). Estas venas tienen relevancia clínica ya que pueden lesionarse de forma traumática causando un hematoma subdural (14).

Los territorios de drenaje de las venas superficiales, en general, se clasifican con respecto a la dirección del flujo de la siguiente manera:

- a) Frontales: Drenan la superficie lateral, medial y basal del lóbulo.
- b) Laterales:
 - Ascendentes (drenan al seno sagital superior): fronto polar, media y posterior, vena precentral y central.
 - Descendentes (drenan al seno transversal): silvianas superficiales.

c) Mediales:

- Ascendentes (drenan al seno sagital superior).
- Descendentes (drenan al seno transverso).

d) Inferiores: Órbita frontales posteriores y olfatoria.

e) Temporales laterales:

- Ascendentes: Cruzan a través de la cisura de Silvio.
- Descendentes: Drenan a los senos venosos por debajo del lóbulo temporal.

f) Temporales Inferiores:

- Lateral: Drenan al seno del tentorio.
- Inferior: Drenan a la vena basal (de Rosenthal).

El sistema venoso superficial presenta varias anastomosis con el sistema venoso dural, por lo que oclusiones aisladas o incluso completas se pueden presentar sin repercusión clínica. Las tres anastomosis más significativas son (13-14) (Figura 3):

a) Vena anastomótica superior-anterior (Trolard): En la superficie cortical del frontal y parietal.

- Vena cerebral media superficial - Seno sagital superior.

b) Vena anastomótica inferior-posterior (Labbé): En la superficie cortical del temporal, en la porción media de la cisura de Silvio.

- Vena cerebral media superficial - Seno transverso.

c) Vena silviana superficial: Nace del borde posterior de la cisura de Silvio, recibe las venas temporo, parieto y fronto silvianas.

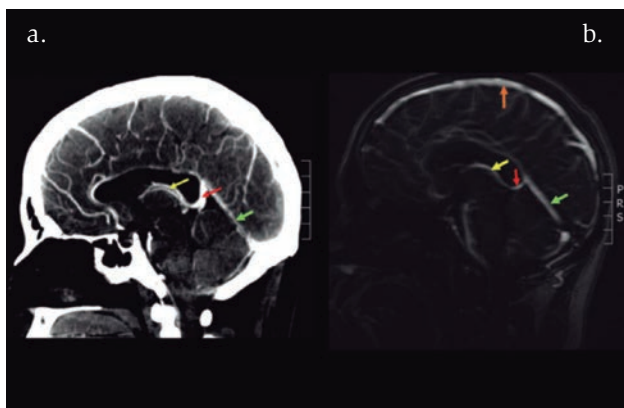
- Vena de Trolard -- Vena de Labbé.

C. SENOS DURALES

Los senos de la duramadre son espacios rígidos que recogen el drenaje de las venas cerebrales superficial y profundas, las órbitas y la calota, para ser conducidas a la vía final de drenaje, que corresponde a la venas yugulares internas (15).

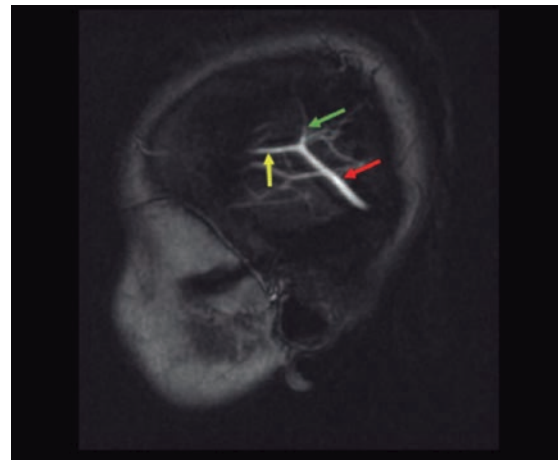
Todos los senos se localizan entre las láminas periós-tica y meníngea de la duramadre (salvo el seno sagital inferior y el seno recto) (16). Estos senos avalvulares están revestidos de endotelio y en algunos puntos se dilatan en forma de lagunas y confluencias, como la prensa de Herófilo (tórcula) (16, 12).

IMAGEN 2. (a) Reconstrucción sagital de tomografía contrastada (b) Venografía por RM sagital 3D.



Se muestra la vena de Galeno (flecha roja), las venas cerebrales internas (flecha amarilla), el seno recto (flecha verde) y el seno sagital superior (flecha naranja).

IMAGEN 3. Venografía sagital por RM con información T1.



Se muestra la vena cerebral media superficial (flecha amarilla), la vena de Labbé (flecha roja) y la vena de Trolard (flecha verde).

El sistema de drenaje dural está dividido en dos grandes grupos según la localización anatómica de su sistema de drenaje (15, 10):

a) Superior (senos): sagital superior, sagital inferior, recto, occipital, transverso y sigmoideo (Tabla 1).

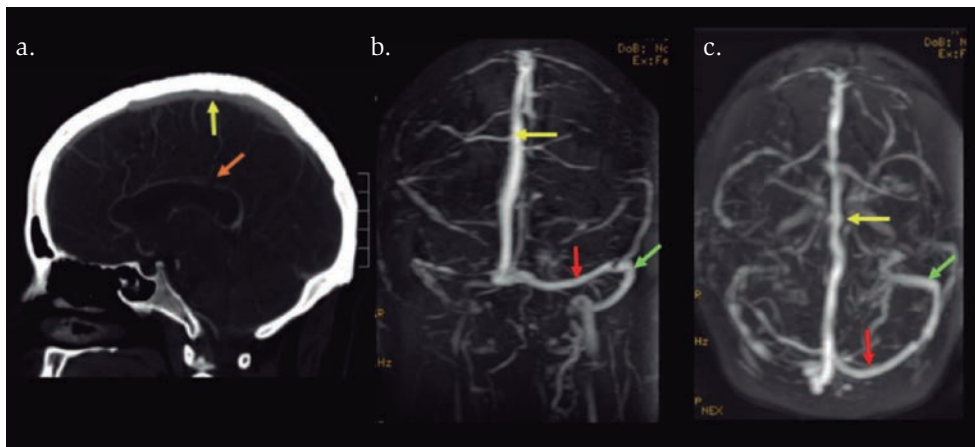
b) Inferior (senos): cavernoso (intercavernoso anterior y posterior), esfenoparietal, petrosos superior e inferior (Tabla 2).

Los senos de ambos grupos están en comunicación con los plexos venosos del canal raquídeo a través del seno marginal en el foramen magno y el plexo basilar (12).

TABLA 1. SISTEMA DE DRENAJE DURAL SUPERIOR

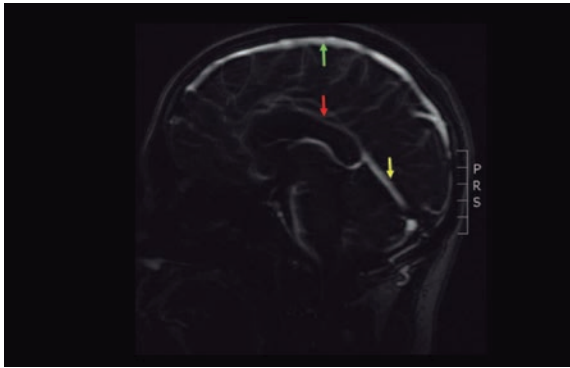
SENO DURAL	LOCALIZACIÓN	AFLUENTES	DRENAJE
Sagital superior (impar) (Imagen 4)	En la línea media (borde superior de la hoz) desde la apófisis crista galli hasta la protuberancia occipital interna, para terminar como parte de la tórula (Imagen 9); presenta lagunas laterales a lo largo de su recorrido.	Venas del foramen ciego, las venas cerebrales superiores anteriores, la vena anastomótica superior (Trolard), las meníngeas medias, diploicas y la vena emisaria del agujero parietal (12, 15).	En pocas ocasiones la confluencia de los senos es simétrica, habitualmente el seno sagital superior desemboca en el seno transverso derecho y/o en la tórula (10,12).
Sagital inferior (impar) (Imagen 5)	En el borde inferior de la mitad posterior de la hoz del cerebro, siguiendo la misma orientación del cuerpo calloso.	Las venas de la hoz del cerebro y venas del sistema profundo (1,9).	Se une a la vena cerebral magna (Galeno) y en conjunto forman el seno recto.
Recto (impar) (Imagen 5)	Recorre una distancia de 4,5 a 5 cm a lo largo la unión de la hoz del cerebro con la tienda del cerebelo.	Seno sagital inferior y la vena cerebral magna (Galeno). La vena de Galeno actúa como una válvula que controla el flujo venoso (12).	Drena en la prensa de Herófilo, pero es más frecuente la variante asimétrica donde se une al seno transverso izquierdo (10,12).
Transverso (par-simétrico). Derecho más grande que izquierdo generalmente. (Imagen 4)	Se orienta desde la tórula hasta el extremo posterior de la porción petrosa del temporal. Recorre la circunferencia externa de la tienda del cerebelo a través de un surco.	Las venas cerebrales inferiores, cerebelosas superiores, los senos petrosos superiores y la vena anastomótica inferior (Labbé) (10,15).	Al dejar la tienda del cerebelo, los senos transversos se continúan como senos sigmoideos.
Sigmoideo (par) (Imagen 6)	Su primera parte o mastoidea en el temporal se acoda y desciende oblicuamente en dirección anterior, medial e inferior. La segunda porción o yugular cambia su dirección hacia adelante, superior y medial.	Los senos petrosos inferiores, las venas del acueducto del vestíbulo y una vena emisaria mastoidea.	Se continua en el sector posterolateral del foramen yugular con el bulbo de la vena yugular.

IMAGEN 4. (a) Reconstrucción sagital de tomografía contrastada (b y c) venografía por RM sagital 3D vista posterior y vista superior.



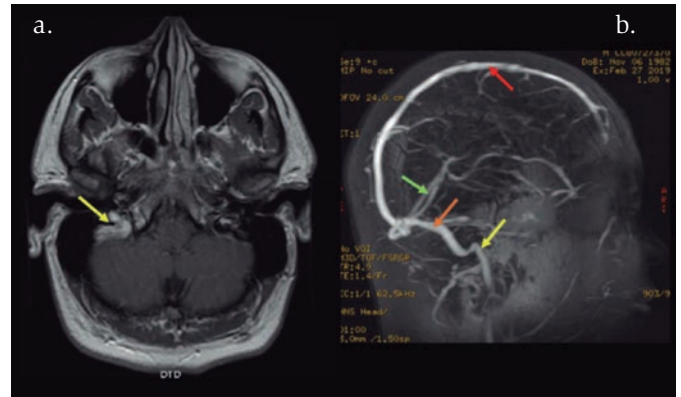
La flecha amarilla muestra el seno sagital superior, la flecha roja muestra el seno transverso izquierdo, la flecha verde muestra el seno sigmoideo izquierdo y flecha la naranja muestra el seno sagital inferior.

IMAGEN 5. Venografía por RM sagital 3D.



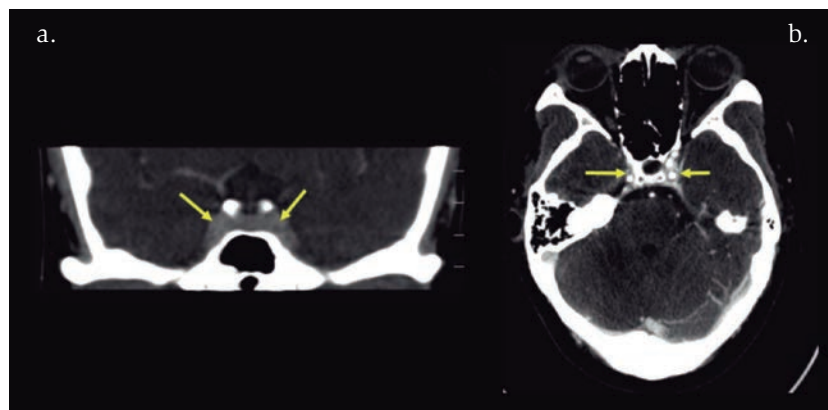
La flecha amarilla muestra el seno recto, la flecha roja muestra el seno sagital inferior y la flecha verde muestra el seno sagital superior.

IMAGEN 6. (a) RM, secuencia axial T1 contrastada (b) venografía por RM sagital 3D.



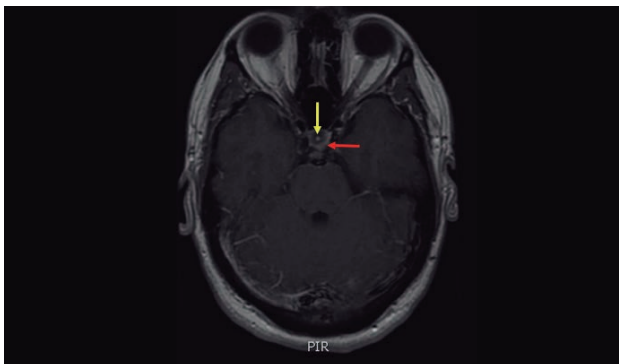
Se observan el seno sigmoide (flecha amarilla), el seno sagital superior (flecha roja), el seno recto (flecha verde) y el seno transverso (flecha naranja).

IMAGEN 7. Tomografía contrastada de cráneo (a) reconstrucción coronal (b) adquisición axial.



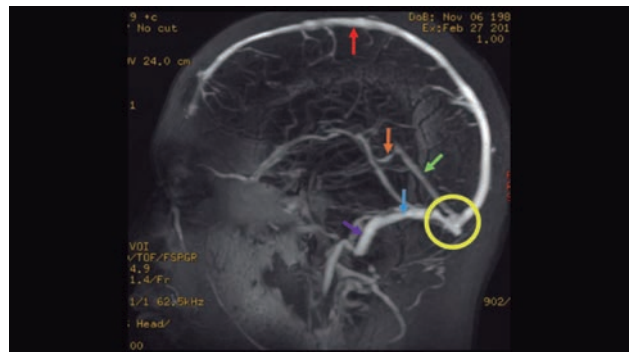
La flecha amarilla muestra el seno cavernoso.

IMAGEN 8. RM axial, secuencia T1 contrastada.



La flecha amarilla muestra el tallo infundibular y la flecha roja muestra los plexos intracavernosos (rodeando el diafragma de la silla)

IMAGEN 9. Venografía por RM 3D con contraste.



El círculo muestra la confluencia de los senos (tórcula o prensa de Herófilo). Se observan también el seno sagital superior (flecha roja), el seno recto (flecha verde), la vena magna de Galeno (flecha naranja), el seno transverso (flecha azul) y el seno sigmoide (flecha morada).

TABLA 2. Sistema de drenaje dural inferior

SENO DURAL	LOCALIZACIÓN	AFLUENTES	DRENAJE
Cavernoso (par-simétrico-irregular) (Imagen 7, 8)	A cada lado de la silla turca y del cuerpo del esfenoides, desde la fisura orbitaria superior hasta el peñasco del temporal. Tienen 2 centímetros de largo y 1 centímetro de ancho (están comunicados entre sí por los senos intercavernosos y del plexo basilar) (10).	Las venas oftálmicas superior e inferior, cerebral media superficial (variante), cerebrales inferiores, senos esfenoparietales, intercavernosos y el plexo basilar.	El drenaje se da hacia el seno transversal por el seno petroso superior y al seno sigmoideo por el seno petroso inferior.
Esfenoparietal Se presenta de tres formas distintas, la variante esfenoparietal es la más común (11-12).	Esfenoparietal (o de Breschet): Es la extensión medial de la vena superficial medial y desciende por el borde posterior del ala menor del esfenoides hasta el seno cavernoso. Esfenobasal: Sale del cráneo para unirse a la vena emisaria esfenoidal y al plexo pterigoideo. Esfenopetroso: Se dirige posteriormente por la fosa craneal media y drena en el seno petroso superior o en el seno transversal (10,15).	Las venas meníngeas, diploicas y la rama frontal de la vena meníngea media. La desembocadura de la vena cerebral media superficial puede variar. Habitualmente drena en el seno esfenoparietal; si este seno no existe o se encuentra poco desarrollado, la vena puede drenar directamente en el seno cavernoso o en el seno esfenobasal o esfenopetroso (13,15).	Termina en el extremo anterior del seno cavernoso.
Petrosos superior e inferior (pares-simétricos)	Origen en la porción posterior del seno cavernoso y sigue una dirección oblicua hacia atrás y afuera por el borde superior e inferior del peñasco, respectivamente.	Ambos: Los senos cavernosos, las venas laberínticas y las venas cerebelosas. Superior: La cerebral inferior, (tiene comunicación con el plexo basilar). Inferior: Las pónicas y bulbares (10,13).	Superior: Seno transversal. Inferior: Seno sigmoideo.

Las comunicaciones entre los senos duros y las venas extracraneales controlan la presión y regulan la temperatura (10). Estos sistemas de drenaje adicionales son además, una vía de comunicación directa del exterior con la cavidad intracraneal pudiendo permitir el paso de infecciones superficial al encéfalo y llevar a una infección intracraneal potencialmente mortal. Entre las vías de drenaje accesorias más importantes se encuentran (12,13):

- Venas del cuero cabelludo y diploicas - Venas emisarias.
- Vena angular o facial - Vena oftálmica superior.

- Vena retromandibular y plexo pterigoideo - Plexo del foramen oval.
- Plexo vertebral interno y externo - Seno marginal y plexo basilar.

CONCLUSIONES

Conocer y saber identificar la anatomía venosa del cerebro mediante las diferentes modalidades diagnósticas permite un adecuado abordaje de las imágenes y los hallazgos clínicos al momento de enfrentarse ante un paciente con patología vascular y especialmente, de origen venoso cerebral.

BIBLIOGRAFÍA

1. Raybaud C. Normal and abnormal embryology and development of the intracranial vascular system. *Neurosurg Clin N Am.* 2010;21(3): 399-426.
2. Klosovskii BN. Capítulo 1. Fundamental facts concerning the stages and principles of development of the brain and its response to noxious agents. En: Klosovskii BN. *The development of the brain and its disturbance by harmful factors.* 1ª Edición, Londres, Reino Unido: Pergamon Press; 1963: 3-43.
3. Bradad GB, Gianni B. Capítulo 9. Cerebral Veins. En: Bradad GB, editor. *Cerebral Angiography.* 1ª Edición. Berlín, Alemania: Springer; 2011: 91-111.
4. Osborn AG. Capítulo 9. Venous Anatomy and Occlusions. En: Osborn AG, Hedlund GL, Salzman KL, editores. *Osborn's Brain: Imaging, Pathology, and Anatomy.* 1ª Edición. Filadelfia, Estados Unidos: Amirsys Publishing; 2013.
5. Rhoton AL. Capítulo 4. The cerebral veins. En: Rhoton AL, *Cranial anatomy and surgical approaches.* 1ª Edición. Filadelfia, Estados Unidos: LWW Publishing; 2007: 187-234.
6. Byrne JV. Capítulo 3. Craneal venous anatomy. En: Byrne JV, editor. *Tutorials in Endovascular Neurosurgery and Interventional Neuroradiology.* 2ª Edición. Berlín, Alemania: Springer; 2012: 53-69.
7. Estol CJ. Capítulo 8. Headache: Stroke Symptoms and Signs. En: Bogousslavsky J, Caplan LR, editores. *Stroke syndromes.* 2ª Edición. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press; 2001.
8. Naidich TP. Capítulo 18. Normal Vascular Anatomy. En: Naidich TP, Castillo M, Cha S, Smirniotopoulos JG, editores. *Imaging of the brain.* 1ª Edición. Filadelfia, Estados Unidos: Saunders; 2013.
9. Moore KL. Capítulo 8. La Cabeza. En: Moore KL, Dalley AF, Agur AMR, editores. *Fundamentos de anatomía humana con orientación clínica.* 8ª Edición. Buenos Aires, Argentina: Médica Panamericana; 2018: 499-506.
10. AgidR, Shelefi, Scott JN, Farb RI. Imaging of the intracranial venous system. *Neurologist.* 2008; 14 (1): 12-22.
11. Netter FN. Sección 1. Cabeza y cuello. En: Netter FN, *Atlas de anatomía humana.* 6ª Edición. Barcelona, España: Editorial Masson. 2015.
12. Kiliç T, Akakin A. Anatomy of cerebral veins and sinuses. *Front Neurol Neurosci.* 2008; 23: 4-15.
13. Pond JB, Suss RA, Scott HD, Chason DP. CT Angiography of the cerebral venous system: Anatomic structure, pathologic features and pitfalls. *Radiographics.* 2015; 35 (2): 498-9.
14. Leach JL, Fortuna RB, Jones BV, Gaskill-Shibley MF. Imaging of cerebral venous thrombosis: current techniques, spectrum of findings, and diagnostic pitfalls. *Radiographics.* 2006; 26 (Suppl 1): S19-S41.
15. Rhoton AL. Cerebral veins, *Neurosurgery,* 2002; 51 (Suppl 4): S1-159-S1-205.
16. Schünke M, Schulte E. Vasos sanguíneos del cerebro. Capítulo 10, Sección Neuroanatomía. En: Schünke M, Schulte E, Schumacher U. *Prometheus: Texto y atlas de anatomía.* 3ª Edición, Tomo 3, Buenos Aires, Argentina: Médica Panamericana; 2015.