

## Anatomía vascular de la ínsula

José Piquer, José Luis Llácer, Pedro Riesgo,  
Servicio de Neurocirugía  
Hospital de la Ribera. Alzira, Valencia

### INTRODUCCIÓN

La ínsula es un área de extrema complejidad anatómica. De configuración triangular, se localiza a nivel profundo y está rodeada por el opérculo frontal, parietal y temporal. Su exposición anatómica requiere abrir y disecar completamente la cisura de Silvio.

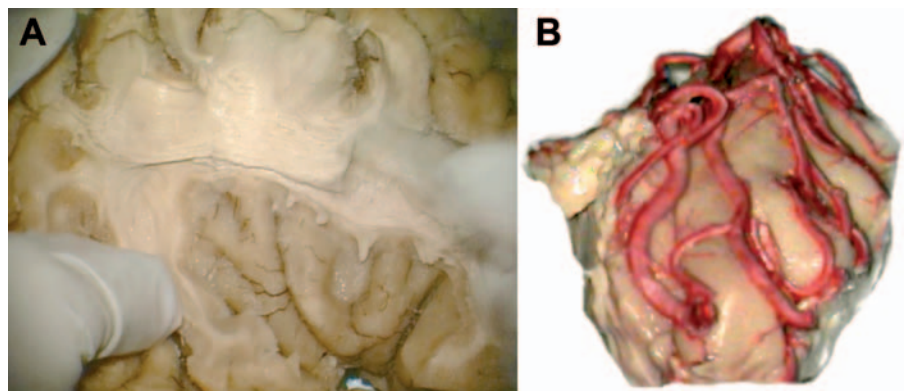
El conocimiento exhaustivo de su vascularización es la clave para entender el comportamiento y la neuroimagen de las neoplasias que se asientan en esta área, y es imprescindible para poderlas abordar quirúrgicamente y evitar complicaciones postoperatorias. En este artículo describimos los diez apartados más importantes de la anatomía vascular en relación a su trascendencia quirúrgica y neurooncológica, basándonos en la disección de 24 hemisferios cerebrales realizada en nuestro Laboratorio de Práctica Quirúrgica (Alzira, Valencia) y en el Laboratorio de la Universidad de St. Louis (EEUU) junto con una revisión más relevante de la literatura científica.

### UNO. TOPOGRAFÍA

La corteza de la ínsula, desde una visión lateral, es triangular (más ancha inferiormente, y más estrecha superiormente), con una elevación de la parte apical que le confiere una forma piramidal. Se encuentra en profundidad, en la cisura de Silvio, cubierta por el opérculo

frontal, parietal y temporal. En sentido lateral medial se encuentra el córtex de la ínsula, la cápsula extrema, el claustrum, la cápsula externa y el putamen.

La corteza está rodeada por lo que ha sido llamado el surco redondo. Sin embargo, la ínsula no es una estructura redonda, sino que tiene una configuración triangular delimitada por el surco



**Fig. 1 A y B.** La ínsula tiene una forma piramidal con una elevación apical y está separada del opérculo por un surco perinsular anterior, superior e inferior. Además se identifica un lóbulo anterior y posterior separado por un surco central insular.

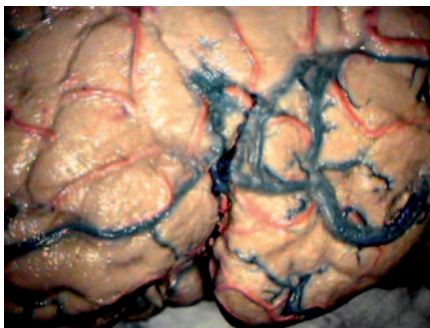


limitante anterior, superior e inferior que engloban su corteza formada por cinco circunvoluciones, tres cortas y dos largas. Las primeras se disponen a nivel ventral en la parte anterior y están divididas por dos o tres surcos poco profundos en la anterior, media y posterior. A su vez, el lóbulo posterior está formado por dos circunvoluciones largas, anterior y posterior, que a menudo se bifurcan en su extremo superior.

## DOS. DRENAJE VENOSO DEL LÓBULO TEMPORAL

El patrón de drenaje venoso de los hemisferios cerebrales, y más concretamente del lóbulo temporal, es el segundo apartado a tener en cuenta. No se aprecia en un abordaje pterional convencional o en una angio-RMN, únicamente la arteriografía cerebral dibujó con todo detalle una arquitectura, y los diferentes modelos venosos que se pueden observar :

- Las venas que drenan el hemisferio cerebral se dirigen a los senos sagital superior y transverso. La vena silviana superficial es pequeña.

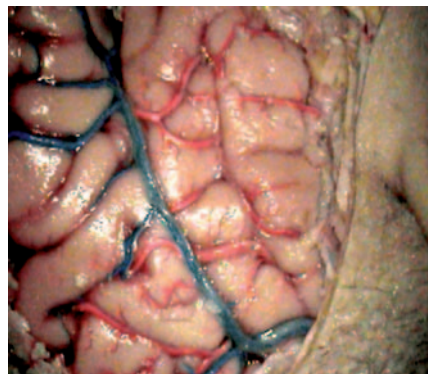


**Fig. 2. Drenaje lóbulo temporal.** El patrón de drenaje del lóbulo temporal es muy variable. Con frecuencia la vena superficial silviana es grande y hay una gran conexión con la vena de Labbé. Su sacrificio en este contexto comprometería de forma importante el retorno venoso del lóbulo frontal y temporal .

- La VSS es grande. Hay pequeñas anastomosis entre la vena silviana y las venas que drenan al seno sagital superior, pero hay una gran conexión entre la vena silviana superficial y la vena de Labbé. En este contexto, su sacrificio puede originar graves problemas de drenaje venoso de los lóbulos frontal y temporal.
- Una VSS tiene una conexión grande con la vena de Labbé. Además, se aprecian dos venas pequeñas o dobles de Trolard que conectan el seno sagital superior y la vena silviana.
- Una sola vena grande de Trolard en la región del surco central conecta pequeñas venas silvianas superficiales y el seno del sagital superior. No existe ninguna vena silviana bien desarrollada, pero una gran vena drena las áreas parietales y temporales en el seno del sagital superior.

## TRES. DRENAJE DE LA VENA SILVIANA SUPERFICIAL

La VSS tiene normalmente un recorrido anterior e inferior para finalizar a nivel de la hendidura silviana. Está formada por



**Fig. 3. Vena silviana superficial.** La vena silviana superficial se forma de la unión de pequeñas vénulas de origen frontal, parietal y temporal superficial. Se pueden observar tres tipos de drenaje silviano superficial: ausente o hipoplásico, una única vena o dos venas predominantes que finalizan a nivel de los senos venosos: esfenoparietal, cavernoso y esfenopetroso.

las ramas frontosilviana, parietosilviana y temporosilviana. Se anastomosa normalmente con las venas de Trolard y Labbé que drenan las regiones limítrofes. Penetra la aracnoides que cubre la parte final y anterior de la hendidura silviana y aboca al seno esfenoparietal, o directamente al seno cavernoso. También puede drenar hacia el polo temporal para alcanzar los senos duros a nivel del seno petroso superior.

El patrón del drenaje venoso silviano estará condicionado por el tipo de VSS tipo I: ausencia de la vena silviana; tipo II: una única vena silviana; tipo III: dos venas silvianas: en este caso, la denominamos doble cuando una de ellas recoge las tributarias frontales y otras las temporales con una doble entrada a nivel del seno.

## CUATRO. VENAS DE LA ÍNSULA: INTERMEDIAS Y PROFUNDAS

La vena cerebral media profunda (VCMP) es la vena más grande que contribuye a la formación de la parte más anterior de la vena basal. Está formada por la unión de las pequeñas venas de la ínsula. Algunos autores distinguen cuatro



**Fig. 4. Venas insulares: intermedias y profundas.** Los modelos venosos anatómicos de la ínsula son variables y asimétricos. No hay una vena dominante. La venas muy pequeñas (< 1 mm) provienen de la corteza insular y convergen en la vena cerebral media profunda.

troncos principales: anterior, precentral, central y posterior que, a modo de cascada, descienden por la superficie insular para unirse formando un único tronco transversal antes de formar la VCMP. En nuestro estudio, apreciamos un patrón algo diferente con la presencia de pequeñas vénulas sin troncos venosos principales que van uniéndose a modo de red para formar la VCMP. Normalmente, no existe un tronco común que una las diferentes venas insulares.

La VCMP puede drenar de dos formas. Clásicamente, se describe el drenaje en la vena basal contribuyendo a formar su segmento más anterior o bien drenar como un tronco independiente junto la vena silviana superficial al seno petroso superior, anastomosada o no con la vena frontobasal al seno esfenoparietal. Así, Kazumata (2003) distingue varios tipos de conexión entre el drenaje silviano superficial-intermedio o profundo en función del tipo de vena silviana superficial.

### CINCO. ANASTOMOSIS ENTRE VENAS SILVIANAS Y DE LA ÍNSULA

La arquitectura venosa de la ínsula es muy cambiante y asimétrica, aunque se pueden observar algunos modelos. El



**Fig. 5. Conexiones venosas silvianas superficiales y profundas. Existen anastomosis significativas entre las venas superficiales silvianas y las venas insulares. Este patrón venoso mixto es más frecuente en el lóbulo anterior y ápex de la ínsula, siendo más raro en el lóbulo posterior que suele drenar exclusivamente a la vena cerebral media profunda.**

concepto clásico que defiende que la ínsula se drena preferentemente por la VCMP es motivo de numerosas controversias, ya que existe una clara interconexión entre el drenaje silviano superficial y el profundo de la ínsula.

En este sentido, la superficie de la ínsula se divide en tres zonas anatómicas en función de estas interconexiones: la región subapical o polo, el lóbulo anterior y el lóbulo posterior. El lóbulo anterior drena a las venas silvianas superficiales, mientras que el drenaje del lóbulo posterior y área subapical se unen y forman parte de la VCMP. El área subapical se conecta exclusivamente a este tronco venoso en el más del 90% de los casos. El lóbulo anterior drena preferentemente en la superficie, aunque exhibe un modelo de conexión venoso superficial y profundo mixto cuando existen dos venas silvianas (tipo III) con un drenaje independiente. Típicamente, siempre que las venas del lóbulo anterior de la ínsula conectan con las venas silvianas superficiales, lo hacen con venas del lóbulo frontal, mientras que las venas del lóbulo posterior, cuando conectan con las venas silvianas superficiales, lo hacen con venas asociadas al lóbulo temporal, el lóbulo parietal o ambos. El área del limen, el surco limitante inferior, las circunvoluciones largas y el surco central también drenan casi exclusivamente a través de la vena cerebral media profunda. La vena silviana superficial drena normalmente la circunvolución media corta y el ápex. La zona de transición, que incluye la circunvolución corta anterior y posterior y el surco limitante superior, drena por ambos sistemas venosos superficiales y profundos, aunque preferentemente por este último.

Otra venas a mencionar en el drenaje profundo silviano son la vena puente frontobasal, que se forma por la vena olfatoria, la vena frontoorbitaria posterior y la vena cerebral anterior. En otros casos, este tronco venoso puede drenar como rama única en el seno esfenoparietal o anastomosarse con la vena silviana superficial.

### SEIS. ARTERIA CEREBRAL MEDIA. SEGMENTO M1

La arteria cerebral media (ACM) se divide en 4 segmentos: esfenoidal, insular, opercular y cortical. El segmento M1 comienza en el origen de la arteria cerebral media y finaliza a nivel del limen de la ínsula donde la arteria se curva 90° para formar el segmento M2. El limen de la ínsula se localiza en la unión del borde lateral de la sustancia perforada anterior y el borde anteroinferior de la ínsula. Es aquí donde comienza el verdadero segmento M2 y no a nivel de la bifurcación. No obstante, en este nivel, donde el segmento M1 se denomina M2, es el área en la que con mayor frecuencia la ACM se rebifurca. El diámetro medio de la ACM es de 3,7 mm y la longitud entre tronco principal hasta su bifurcación es próximo a 17,1 mm. Hay que señalar que todas las bifurcaciones se producen en aproximadamente 15 mm del limen insular. Los primeros milímetros de las ramas postbifurcación suelen discurrir de forma paralela con poca separación hasta sobrepasar la rodilla o curva de la ACM. Se distinguen de las ramas corticales o *early branch* del segmento prebifurcación de la ACM en que éstas suelen salir desde este



**Fig. 6. Arteria cerebral media: segmento M1. El segmento M1 comienza en el origen de la arteria cerebral media (diámetro 3,1 mm; rango 4,3-19,5 mm) y realiza un giro de 90°, el genu, sobre el limen insular donde se denomina anatómicamente M2. El segmento M1 está formado por un tronco único hasta la bifurcación (longitud 17,1 mm, rango 9-36 mm).**





segmento en un ángulo de 90°. En algunos casos, el segmento prebifurcación de la ACM es largo y supera los 20 mm. En este contexto, el diámetro de la M1 en su origen suele ser más pequeño. Además, la longitud del segmento M1 determina la anatomía vascular de la zona en relación a dos estructuras de enorme importancia en la vascularización del lóbulo temporal e ínsula: las arterias corticales o *early branches* y las arterias lenticuloestriadas (ALL). Cuanto más largo sea el trayecto del segmento M1 prebifurcación, con menos probabilidad se encuentran arterias lenticuloestriadas en ramas postbifurcación.

### SIETE. EARLY BRANCHES (ARTERIAS CORTICALES, RAMAS TEMPRANAS)

Las ramas tempranas son arterias corticales que se originan en el segmento M1 prebifurcación. Son más numerosas en segmentos largos. Casi en un 70% de los casos, las ramas tempranas se originan en segmentos M1 que superaran los 20 mm. En cambio, no es infrecuente la ausencia de estas ramas tempranas en el contexto de segmentos cortos inferiores a 20 mm de la ACM.



**Fig. 7. Ramas tempranas. Son ramas corticales que se originan del segmento prebifurcación. El 67% aproximadamente de estas ramas corticales precoces son temporales e irrigan preferentemente el polo temporal, mientras que el 32% son frontales principalmente al área orbitofrontal. La ausencia de estas ramas precoces se origina en el contexto de segmentos prebifurcación inferiores a 20 mm.**

Las ramas tempranas frontales suelen vascularizar el área orbitofrontal mientras que las ramas temporales irrigan el área temporopolar: De todas ellas, destacamos la arteria cortical temporopolar que es casi siempre una *early branch*.

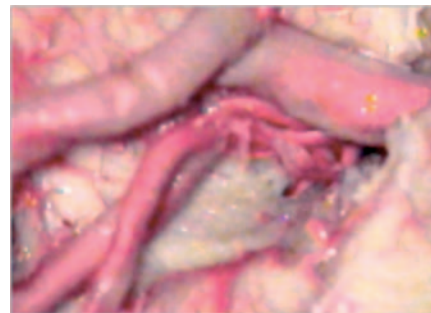
### OCHO. ARTERIA LENTICULOESTRIADAS

Su importancia se relaciona sobre todo con las consecuencias de su ruptura, que se origina formando los frecuentes hematomas a nivel de los ganglios de la base. No obstante, aparte de entender y conocer la anatomía macroscópica de la zona que irrigan y las consecuencias de su lesión, el conocimiento de su microanatomía en la cirugía de la ínsula y lóbulo temporal es trascendental.

Las ramas perforantes de la ACM entran en la sustancia perforada anterior y se conocen como arterias lenticuloestriadas (ALL). Hay un promedio de 10 (rango de 1 a 21) por hemisferio. En nuestro estudio identificamos un total de 128 arterias lenticuloestriadas, con un diámetro inferior a 0,5 mm en el 54% de los casos. El 57%-80% de los casos se originaron del segmento prebifurcación de M1, el 15-40% de los troncos secundarios de M2 o del segmento postbifurcación y el restante 4% de las ramas corticales frontales.

Cuanto más proximal es la bifurcación de M1, mayor número de ALL se originan en la postbifurcación. En nuestro estudio, ninguna rama ALL se originó de los troncos postbifurcación cuando la división de la ACM se originó a más de 2,5 cm del origen de la ACM.

Las ALL se dividen en los grupos mediales, intermedios y laterales. Cada uno de ellos tiene un único origen, composición, morfología y distribución característica en la sustancia perforada anterior. El grupo medial es el menos constante de los tres grupos y está presente en sólo la mitad de los hemisferios. Suele estar formado por entre una y cinco ramas que se originan en la parte media del segmento prebifurcación, o en una rama temprana, y sigue un curso relativamente directo para entrar en la sustancia



**Fig. 8. Arterias lenticuloestriadas. Las ramas perforantes de la arteria cerebral media entran en la sustancia perforada anterior y se llaman arterias lenticuloestriadas. El 54% aproximadamente proviene de la prebifurcación de M1. El resto proviene: segmento postbifurcación de M1 (el 20%), tronco superior M2 (18%), tronco inferior M2 (2%) y bifurcación (5%). Cuanto más precoz es la bifurcación, el porcentaje de arteria lenticuloestriadas postbifurcación es mayor. La distancia entre la arteria lenticuloestriada más lateral al limen insular es de 10,6 mm (rango 4-19) y debe considerarse como el límite medial de la resección de tumores propios de la ínsula.**

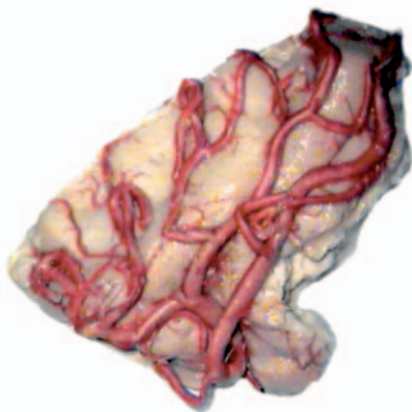
perforada anterior. Las ALL intermedias forman una serie compleja de ramas antes de entrar en la sustancia perforada anterior. Están presentes en más del 90% de los hemisferios. El rasgo más distintivo del grupo del intermedio es que posee una arteria mayor que origina un árbol complejo de finísimas ramas. Se originan casi exclusivamente en los M1 o sus ramas tempranas. Generalmente corresponden a ALL grandes.

Las ALL laterales están presentes en casi todos los hemisferios. Se originan predominantemente en la parte lateral del segmento M1, siguen un curso en forma de S y entran en la parte más lateral de la sustancia perforada anterior. Un promedio de cinco ALL surgen por hemisferio, para dividirse en 20 ramas antes de que entren en la sustancia perforada anterior. También pueden tener su origen en las ramas tempranas del segmento M1 o M2, o en las ramas postbifurcación de M1. En ocasiones, incluso se originan del tronco superior o inferior de la bifurcación, pero hay una predilección por el tronco inferior.

Autores como Yasargil y Lang destacan la importancia de este grupo de ALL laterales. Desde el punto de vista anatómico y quirúrgico, es crucial definir la primera ALL o la más lateral, pues se considera como límite quirúrgico en la resección de tumores que se asientan a nivel de la ínsula. La distancia entre el limen de la ínsula y la entrada de la primera ALL en nuestro estudio fue de 10,6 mm. Aquí nos encontramos con un área desprovista de vasos perforantes, el receso insular, y que nos debe servir de guía para interrumpir la resección medial de las lesiones de la ínsula.

### NUEVE. ARTERIA CEREBRAL MEDIA: SEGMENTO M2

El segmento postbifurcación del segmento M1 se mantiene paralelo sin aportar ninguna división hasta la rodilla de la arteria. Una vez sobrepasa el limen de la ínsula, a los pocos milímetros empieza a dividirse a nivel del ápex y polo insular.



**Fig. 9. Arteria cerebral media: segmento M2.** La M2 se inicia a nivel del genu de la arteria cerebral media en el limen insular. En el 62% de los casos, la arteria cerebral media se divide proximal o muy próxima al genu. Posteriormente se subdivide en otra bifurcación (75%), trifurcación (16,5%) o en múltiples divisiones (8%). En los casos de bifurcación, el patrón más común es la existencia de un tronco superior y otro inferior. La arteria rolándica surge del tronco superior en el 75% de los casos y suele seguir el surco central insular para formar uno de los vasos más importantes desde el punto de vista funcional.

El tronco principal de la ACM se puede dividir de tres maneras: bifurcación, trifurcación o mediante una división múltiple. En nuestro estudio, la bifurcación se subdividió también en: bifurcación (75%), trifurcación (16%) y divisiones múltiples (9%). En los casos de bifurcación y a lo largo del primer centímetro del segmento M2 o insular, se mantienen estos dos troncos correspondientes al superior e inferior en el 34% de los casos, mientras que en el resto hay una división temprana o del tronco superior o inferior.

La bifurcación de la ACM, atendiendo al diámetro y área cortical irrigada, se divide en tres grupos: una bifurcación sin la dominancia de ningún tronco, una bifurcación con un tronco superior dominante y una bifurcación con un tronco inferior dominante. En nuestro estudio, en el 18% de los hemisferios no encontramos ninguna dominancia, en el 32% de los hemisferios encontramos un tronco inferior predominante, y en el 28% un tronco superior.

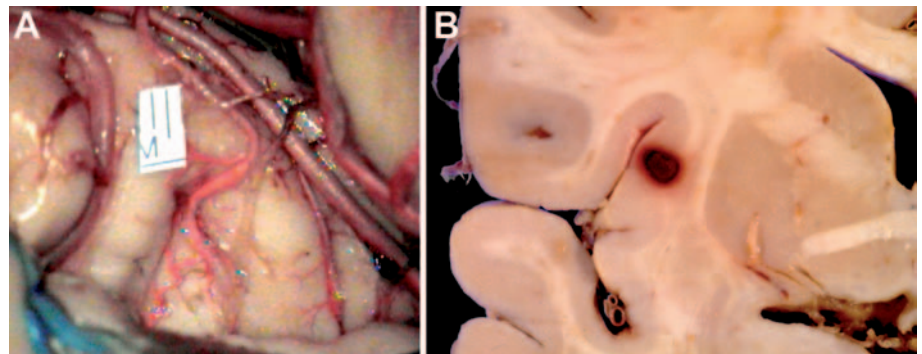
### DIEZ. ARTERIAS DE LA ÍNSULA

La ínsula recibe la vascularización predominantemente de pequeñas arterias que se originan de ramas del seg-

mento M2. Estos troncos cruzan la ínsula antes de alcanzar el surco limitante superior o inferior. Se aprecia que los vasos que irrigan las áreas más anteriores tienen un trayecto más corto, sin embargo, aquellas que irrigan las áreas más posteriores cruzan la ínsula casi en trayectos paralelos y divergentes a lo largo de toda la superficie insular. El examen vascular del córtex insular revela generalmente más de 100 pequeñas arterias que se originan de estos vasos que recorren su superficie. Ocasionalmente, a nivel distal, los segmentos M1 y M3 proporcionan algunas arteriolas a nivel del limen, surco limitante superior e inferior. No se suele observar ninguna rama de la ínsula en los segmentos distales de la arteria cerebral media (M4).

En nuestro trabajo, observamos en cada hemisferio una media de 96 arterias irrigando todo el córtex insular (rango de 77 a 112). Su diámetro es de 0,23 mm (el rango de 0,1 a 0,8 mm). No obstante, una media de 9,9 arterias insulares (rango de 4 a 14) aparecen como verdaderas arterias perforantes de un diámetro mayor y alcanza incluso la distribución de la corona radiata.

Aproximadamente, un 85% de las arterias insulares son cortas y vascularizan la corteza de la ínsula y la cápsu-



**Fig. 10 A y B. Arterias insulares.** El córtex insular, la cápsula extrema y externa se vascularizan por más de 100 arterias (0,1-0,2 mm) predominantemente de ramas corticales de la M2, que pueden ser sacrificadas durante la cirugía de una neoplasia insular. No obstante, hay que ser extremadamente cuidadosos ya que existen entre 6 y 9 arterias insulares perforantes de tamaño intermedio (0,5-0,8 mm) que alcanzan a corona radiata. En este sentido, la cápsula externa es la frontera entre los territorios irrigados por las ALL y las arterias de la ínsula, tal como observamos en los pequeños hematomas insulares que no invaden las áreas de alrededor o en las neoplasias benignas de la ínsula que no suelen infiltrar esta barrera anatómica del hemisferio cerebral.



la extrema, un 10% son medianas e irrigan el claustrum y la cápsula externa, y el resto, de un 3 a un 5%, son largas y se extienden hasta la corona radiata. En cambio, el putamen, el pálido y la cápsula interna son vascularizados por las arterias lenticuloestriadas.

Este centenar de pequeñas arteriolas se distribuye de la siguiente forma: la circunvolución corta anterior, media y posterior, el surco limitante anterior y el ápex provienen casi exclusivamente del tronco superior de la ACM, con la contribución inconstante de las ramas tempranas del surco limitante anterior. Por

otro lado, el surco central y la circunvolución larga anterior están vascularizados en una proporción casi igual por el tronco superior. El tronco inferior vasculariza la circunvolución larga posterior, el surco limitante inferior y área del limen. El surco limitante inferior y el área del limen reciben ramas del tronco inferior en aproximadamente el 90% de los casos, y de ramas tempranas en más de la mitad de los hemisferios.

En definitiva, la cápsula externa es la frontera entre los territorios irrigados por las ALL y las arterias de la ínsula. Beevor coincide con Duret en confirmar este

límite lateral de las ALL sin encontrar una comunicación entre las ALL laterales y las arterias insulares. El sacrificio de éstas últimas permite la devascularización de los tumores intrínsecos de la zona, sin dañar la vascularización del putamen y/o de la cápsula interna. Sin embargo, hay que ser extremadamente prudentes con la identificación de 6 a 9 arteriolas perforantes insulares de mayor diámetro, próximas a los surcos limitantes, que alcanzan la corona radiata. Su lesión implica siempre un déficit neurológico severo generalmente irreversible.

## Bibliografía

1. Kazumata K, Kamiyama H, Ishikawa T, Takizawa K, Maeda T, Makino K, et al. Operative anatomy and classification of the sylvian veins for the distal transsylvian approach. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 2003; 43: 427-33.
2. Rhoton AL Jr. The cerebrum. 2002; *Neurosurgery* 51[Suppl 1]: S1-S51.
3. Rhoton AL Jr. The cerebrum. 2002; *Neurosurgery* 51[Suppl 1]: S159-S205.
4. Türe U, Yaşargil DC, Al-Mefty O, Yaşargil MG. Topographic anatomy of the insular region. *J Neurosurg*. 1999; 90: 720-33.
5. Varnavas GG, Grand W. The Insular Cortex Morphological and Vascular Anatomic Characteristics Anatomical Report. *Neurosurgery*. 1999; 44: 127-138.
6. Yaşargil MG, Krisht AF, Türe U, Al-Mefty O, Yaşargil DC. Microsurgery of insular gliomas: Part I, II, IV. *Contemporary Neurosurgery*. 2002; 24:(11):1-8; (13):1-6; (14):1-8.
7. Yaşargil DC, Gazi M. *Microneurosurgery of CNS tumors*. En *Microneurosurgery IVB*. Stuttgart: Thieme Verlag; 1994.
8. Yaşargil DC, Gazi M. *CNS tumors: surgical anatomy, neuropathology, neuroradiology, neurophysiology: clinical considerations, operability, treatment options*. En *Microneurosurgery IVA*. Stuttgart: Thieme Verlag; 1994.