



REDVET. Revista Electrónica de  
Veterinaria

E-ISSN: 1695-7504

redvet@veterinaria.org

Veterinaria Organización

España

Arch-Tirado, Emilio; Verduzco-Mendoza, Antonio; Paredes-Espinosa, Marco Antonio;  
Contreras-Figueroa, María Elena; González-del Río, María del Carmen; Rueda-  
Arreortúa, Evelyn Jovanna; Ruíz-Hernández, Andrea  
Vasculatura cerebral en el cobayo *Cavia porcellus*  
REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, vol. 18, núm. 9, septiembre, 2017, pp. 1-10  
Veterinaria Organización  
Málaga, España

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63653009061>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## Vasculatura cerebral en el cobayo *Cavia porcellus* - Cerebral vasculature in the guinea pig *Cavia porcellus*

**Arch-Tirado, Emilio:** Subdirección de investigación Biomédica, División de Neurociencias, Área de Neurobiología. Instituto Nacional de Rehabilitación Luis Guillermo Ibarra Ibarra | **Verduzco-Mendoza, Antonio:** Subdirección de Investigación Biomédica, División de Neurociencias, Área de Neurobiología. Instituto Nacional de Rehabilitación Luis Guillermo Ibarra Ibarra | **Paredes-Espinosa, Marco Antonio:** Subdirección de Investigación Biomédica, División de Neurociencias, Área de Neurobiología. Instituto Nacional de Rehabilitación Luis Guillermo Ibarra Ibarra | **Contreras-Figueroa, María Elena:** Subdirección de Investigación Biomédica, Servicio de Bioterio y Cirugía experimental. Instituto Nacional de Rehabilitación Luis Guillermo Ibarra Ibarra | **González-del Río, María del Carmen:** Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad del Valle de México, Campus Coyoacán | **Rueda-Arreortúa, Evelyn Giovanna:** Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad del Valle de México, Campus Coyoacán | **Ruíz-Hernández, Andrea:** Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad del Valle de México, Campus Coyoacán.

### Autor para correspondencia:

Antonio Verduzco Mendoza. Instituto Nacional de Rehabilitación. Avenida México–Xochimilco N° 289, Colonia Arenal de Guadalupe, Del. Tlalpan, 14389 Ciudad de México. Correo electrónico: [cnrverduzco@hotmail.com](mailto:cnrverduzco@hotmail.com)

---

### Resumen

La técnica de repleción vascular cerebral permite la identificación de los vasos arteriales y venosos sobre el parénquima cerebral. El estudio macroscópico de estas estructuras permite establecer patrones de distribución vascular en las diferentes regiones cerebrales. Mientras que la rata, el ratón y el conejo, son especies inmaduras al nacimiento; el cobayo se caracteriza por ser una especie precocial y madura neurológicamente. Debido a lo anterior el cobayo como animal de laboratorio es una especie en donde su actividad cerebral está íntimamente relacionada con el desarrollo de la vasculatura cerebral y su metabolismo neuronal.

**Palabras clave (Key Words):** Repleción | Vasculatura | Cerebral | Cobayo. (Replecion | Cerebral | Vasculature | Guinea pig)

---

## Abstract

The cerebral vascular reperfusion technique allows the identification of arterial and venous vessels on the cerebral parenchyma. The macroscopic study of these structures allows the establishment of vascular distribution patterns in the different brain regions. While the rat, mouse and rabbit are immature species at birth; the guinea pig is characterized by being a precocial and mature species neurologically. Due to the above, the guinea pig as a laboratory animal is a species where its brain activity is closely related to the development of the cerebral vasculature and its neuronal metabolism.

---

## Introducción

El uso de animales en el campo de la investigación inicia por la necesidad del ser humano de prevenir y tratar diversas enfermedades. Aproximadamente de 50 a 100 millones de animales se emplean en la investigación científica; las ratas ratones, cobayos, conejos y hámsters son los más utilizados. (Badyal y Desai, 2008).

La mayoría de los roedores son inmaduros al nacimiento y a partir de este se van desarrollando neurológicamente. El cobayo es una especie que se utiliza ampliamente debido a sus características fisiológicas, su docilidad y fácil manejo, además de presentar un alto grado de desarrollo neurológico al nacer comparado con otros roedores. (Menezes *et al.*, 2016).

El conocimiento actual de las neurociencias no ha logrado entender el funcionamiento del encéfalo en su totalidad debido a su complejidad. Por otro lado, cada especie presenta variaciones neuroanatómicas, producto de su desarrollo filogenético, y son el sustrato del comportamiento que las caracteriza.

En los animales se puede estudiar la evolución de las estructuras cerebrales; por ejemplo, la neocorteza cerebral aumenta en complejidad conforme más evolucionada es la especie; por otra parte, se observa como persisten estructuras filogenéticamente más primitivas como el tallo cerebral. (Valverde, 2002).

En general el encéfalo de los mamíferos, recibe el aporte sanguíneo mediante las Arterias carótidas Internas (ACI) y las Arterias vertebrales. (AV).

El sistema carotideo también conocido como circulación anterior, está formado por las ACI, que se bifurcan para formar la Arteria Cerebral Media y la Arteria Cerebral Anterior. Este Sistema es el responsable de la irrigación de las regiones temporal, parietal y frontal. Por otra parte, en el sistema Vertebro-Basilar, las dos AV se anastomosan para formar la Arteria Basilar, la cual asciende por la parte ventral hasta llegar al mesencéfalo en donde se divide

para formar las Aterias Cerebrales posteriores con el fin de suministrar sangre a la región del tallo cerebral. Estos sistemas se van a unir mediante las Arterias Anterior y Posterior Comunicantes que se encuentran a nivel del mesencéfalo en la base del cerebro, resultando en una estructura anillada conocida como Polígono de Willis (PW). (Esteves, 2013; Alastruey, 2007).

Un estudio filogenético en animales domésticos demostró las diferencias morfológicas en las arterias que constituyen el polígono de Willis, aunque estas diferencias no necesariamente se pueden considerar adaptaciones evolutivas; en otras palabras, la estructura general de las arterias encefálicas se conserva con particularidades. (Matsuo, 2012)

El polígono de Willis es una vía de suministro de sangre al cerebro, formada por una red de canales vasculares, y su función es estabilizar el Flujo Sanguíneo Cerebral (FSC). (Appaji *et al.*, 2008).

Sulman Rahmat y Edwin H. Gilland, compararon en diferentes especies animales, la vasculatura a nivel de tallo cerebral por medio de la técnica de repleción, concluyendo que independientemente de las diferencias vasculares entre especies las arterias vertebrales y basílicas se mantienen como las principales estructuras que proporcionan el afluente sanguíneo al tallo cerebral. (Rahmat y Giland, 2014).

A diferencia de otros órganos, el cerebro utiliza la glucosa casi exclusivamente como su único sustrato para el metabolismo energético, como es incapaz de almacenar energía, requiere de un suministro constante de sangre oxigenada que contenga una concentración de glucosa adecuada para mantener su función e integridad estructural. (Markus, 2004) El gasto cardíaco dirige entre el 15 y 25% del flujo sanguíneo total hacia el cerebro, siendo un flujo de 40-60 ml/100g de tejido cerebral/min. (Díaz y Carrillo, 2015).

El cerebro puede soportar periodos cortos sin recibir sangre debido a que las neuronas tienen una capacidad limitada para obtener energía mediante métodos anaerobios, por lo que un adecuado Flujo Sanguíneo Cerebral (FSC) es importante para mantener y asegurar una entrega constante de oxígeno y la remoción de productos de desecho del metabolismo. (Hill y Gwinnutt, 2007). Con respecto a la cantidad de sangre que recibe el cerebro se puede entender bajo estos dos conceptos. Volumen Sanguíneo Cerebral (VSC), es la cantidad total de sangre (en mililitros) por cada 100 g de tejido cerebral (ml/100 g), mientras que el Flujo Sanguíneo Cerebral (FSC), es definido como el volumen de sangre que circula por una zona de parénquima cerebral por unidad de tiempo (ml/100 g/ min). (Vargas *et al.*, 2011).

Se ha demostrado que el FSC es diferente en distintas zonas del cerebro. En el ser humano el FSC es mayor en la sustancia gris que en la blanca, el flujo sanguíneo promedio en la sustancia gris es de 45-55ml/100gr/min y en la blanca de 20-25ml/100gr/min, lo cual da una relación sustancia blanca, sustancia gris de 2 a 2.5. (Castro *et al.*, 2002).

La demanda metabólica de oxígeno del cerebro determina el FSC, el cual corresponde a un 40% del gasto energético basal y un 60% del gasto funcional. El 90% de este consumo corresponde al tejido neuronal y el 10% restante a la glía. (Díaz y Carrillo, 2015).

Así mismo el FSC está influenciado por el diámetro de las arterias, la viscosidad y a los cambios en el metabolismo neuronal, de esta manera el tejido nervioso cerebral es capaz de regular una actividad funcional de acorde a la disposición de glucosa. (Markus, 2004).

El FSC se mantiene por medio de tres mecanismos: 1) El mecanismo de autorregulación es el que controla los límites de la Presión Arterial Media, basado en la vasodilatación o vasoconstricción con la finalidad de mantener el FSC según las necesidades de oxígeno del metabolismo cerebral, (Rodríguez *et al.*, 2015; Warlbers *et al.*, 2010); 2) el control metabólico, dado por la concentración de CO<sub>2</sub>, hidrogeniones y O<sub>2</sub>. El aumento del CO<sub>2</sub> provoca un aumento del FSC debido al ácido carbónico que se genera al mezclarse el CO<sub>2</sub> con líquidos corporales, este produce hidrogeniones provocando vasodilatación, por el contrario al disminuir el CO<sub>2</sub> se genera vasoconstricción (Karbowski, 2011) y 3) la regulación nerviosa debida a la inervación que presentan los vasos sanguíneos del cerebro provenientes de los ganglios cervicales. (Fábregas y Valero, 2001; Karbowski, 2011).

Las técnicas más utilizadas para medir el FSC son: Tomografía por Emisión de Positrones, Tomografía Computarizada por Emisión de Fotones individuales, Tomografía Computarizada de Xenón, la perfusión de contraste por Tomografía Computarizada, los estudios de perfusión por resonancia magnética y (Markus, 2004) y el sistema de ultrasonido Doppler Transcraneal, que además mide la velocidad del flujo sanguíneo. (Fábregas y Valero, 2001).

La repleción vascular cerebral es una técnica que permite el estudio tridimensional y la visualización macroscópica de la distribución in situ de los vasos venosos y arteriales, esta técnica de conservación de tejidos, se realiza con materiales de látex y la perfusión intra arterial con soluciones fijadoras, las cuales permiten identificar el trayecto y distribución de los vasos sanguíneos. (Olivares *et al.*, 2005; Fonseca, 2012).

## Objetivo

Describir la vasculatura arterial cerebral del cobayo mediante la técnica de repleción.

## Materiales y métodos

Para el estudio se utilizaron tres cobayos (*Cavia porcellus*) de la raza Dunkin hartley pigmentados, machos de 600 gr.

Se procedió a anestésiar a los animales vía intraperitoneal. Se utilizó Xilacina a una dosis de 8-10 mg/kg IP en combinación con Ketamina (60 mg/kg).

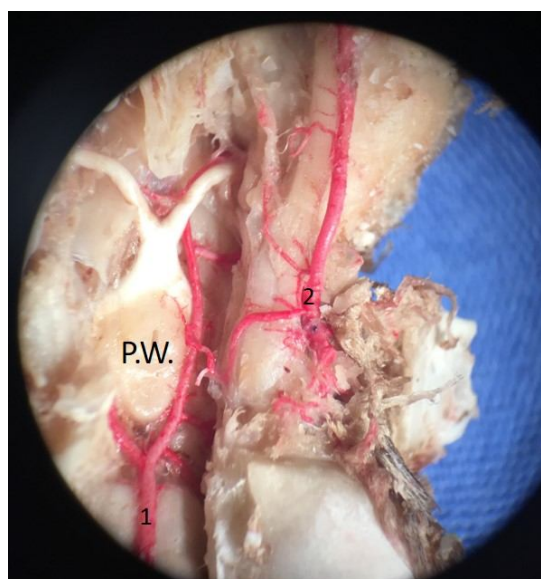
Una vez inducido el plano quirúrgico se procedió a rasurar el área cervical ventral y aplicar antisepsia. Se incidió en el cuello sobre la línea media ventral disectando piel y fascias subcutáneas hasta identificar el trayecto de la arteria carótida y vena yugular. Se introdujo un catéter no. 22 en arteria carótida y se administró heparina como anticoagulante, posteriormente se suministró solución salina fisiológica y una solución de formaldehído al 10% para eliminar el exceso de líquido intravascular.

*Preparación de la mezcla:* El caucho es mezclado con un colorante orgánico, posteriormente se añade un aditivo catalizador (TP), siendo productos de la marca poliformas®. La mezcla estuvo constituida por 20ml de caucho de silicón, 0.5ml del diluyente y 12 gotas de catalizador. Para introducir el caucho se conectó una jeringa cargada previamente con la mezcla, el caucho se perfundió via arterial ejerciendo ligera presión con una pistola calafateadora. Con esta fórmula el producto se polimeriza aproximadamente a los 10 min, tiempo máximo que permite la difusión del caucho. A las 72 horas se confirmó la catalización del producto y se procedió a la disección del encéfalo y estructuras aledañas.

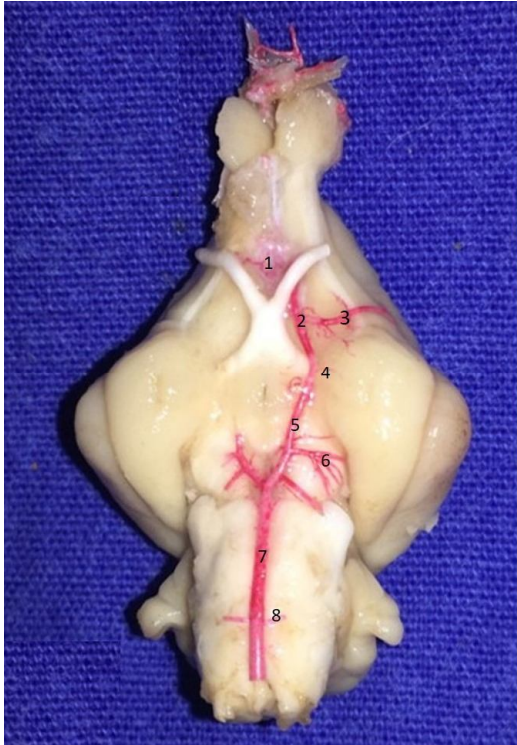
## Resultados y Discusión

Se ubicó la distribución de los troncos arteriales desde las carótidas comunes hasta la formación del polígono de willis disectando la piel y los músculos masetero, esternotiroideo, esternohioideo, esternomastoideo, braquiocefálico, trapecio, tiroideo, digástrico, estilogloso, platisma, bucinador, mentalis, transverso, mandibular, milohioideo, geniogloso, tirohioideo, cricotiroideo, glosofaríngeo y los huesos esfenoides, pterigoides, molares, maxilar, paladar duro, palatino, cigomático y mandíbula; de esta manera se identificaron con mayor detalle el trayecto de las arterias carótidas internas, la arteria basilar y el polígono de Willis. La disección de la región dorsal del cráneo contempló retirar los huesos frontal, parietal, temporal y occipital; con este procedimiento se visualizaron las arterias cerebrales dorsales de ambos hemisferios.

**Figura 1.** Arterias de la base del cráneo  
*Se observa la formación del polígono de Willis en la base del cráneo, así como la vasculatura de las arterias comunicantes que rodean los nervios ópticos y la distribución de las carótidas internas.*



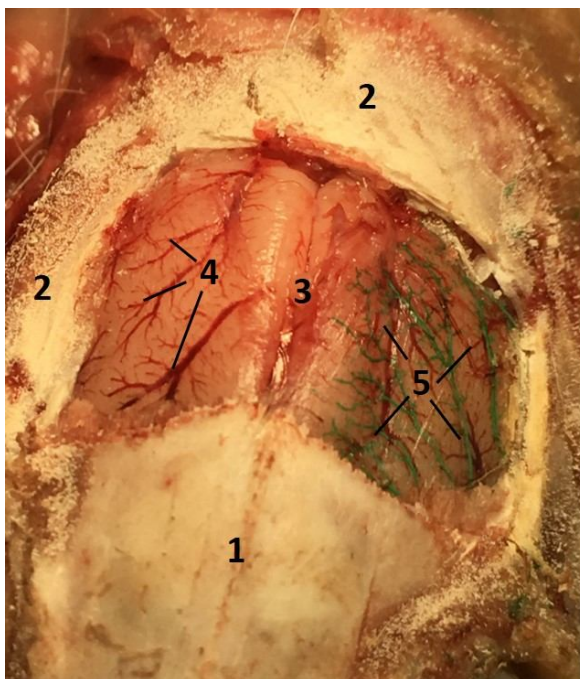
P.W. Polígono de Willis  
1. Arteria basilar  
2. Carótidas internas



1. Arterias comunicantes rostrales
2. Arteria cerebral rostral
3. Arteria cerebral media
4. Arteria carótida interna
5. Arteria caudal comunicante
6. Arteria cerebral caudal
7. Arteria basilar
8. Arteria cerebelosa caudal

**Figura 2.** Vista ventral del encéfalo del cobayo

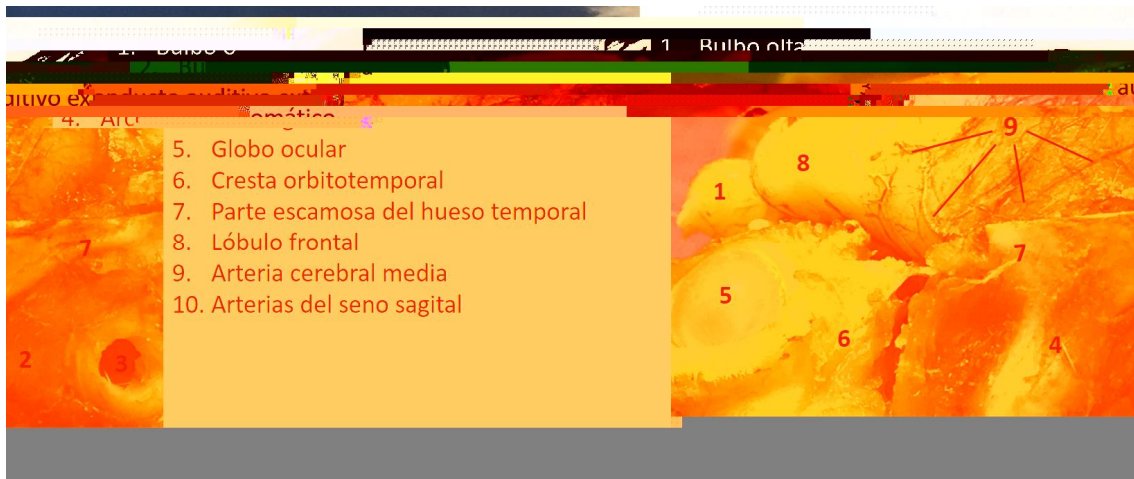
*Pie de figura. Distribución ventral de la vasculatura cerebral. Se observa en la parte inferior el arribo de las arterias vertebrales, formación de la arteria basilar y el trayecto de la arteria cerebral media desde la base del encéfalo.*



1. Hueso frontal
2. Hueso parietal
3. Fisura longitudinal del cerebro
4. Venas cerebrales dorsales (hemisferio derecho)
5. Arteria cerebral media

**Figura 3.** Craniectomía, vista dorsal del encéfalo.

*Pie de figura. Logran identificarse las ramificaciones de la vasculatura venosa con sangre en su interior y dirección craneo ventral; del lado derecho de la imagen contrastan las ramificaciones arteriales con distribución hacia dorsal sobre el parénquima cerebral.*



**Figura 4.** Vista lateral del encéfalo del cobayo  
*Pie de figura. Sobre el encéfalo se visualiza la arteria cerebral media y el detalle de sus ramificaciones primarias y secundarias.*



**Figura 5.** Vista dorsal del encéfalo del cobayo  
*Pie de figura. En la parte inferior de la imagen Se observa el trayecto de la Arteria cerebral media hacia craneal.*

En los procesos evolutivos se produce un aumento en la complejidad de las estructuras o modificación de las mismas. Durante la encefalización, la vasculatura cerebral ha evolucionado para satisfacer los requerimientos del tejido nervioso, esto es: suministro de nutrientes, intercambio gaseoso, distribución de hormonas, factores de crecimiento, así como eliminación de sustancias producto del metabolismo. El encéfalo, es el órgano más perfundido y depende de manera importante del aporte sanguíneo para su adecuado funcionamiento, debido a esto, el estudio de la vasculatura cerebral es relevante ya que puede abordarse desde diferentes puntos de vista, como son los estudios de neuroanatomía vascular comparada, la comprensión de la fisiopatología de enfermedades neurológicas, la angiogénesis, perfusión sanguínea cerebral, así como establecer modelos experimentales para el estudio de enfermedades con alta mortalidad en el ser humano, como la enfermedad vascular cerebral.

Estudios filogenéticos y ontogenéticos han explicado la especialización de las estructuras cerebrales, de la misma manera, la vasculatura cerebral ha asumido cambios en cuanto a la distribución de los troncos arteriales en el parénquima cerebral. Ashwini (2008) Realizó estudios de anatomía comparada del Polígono de Willis en diversos animales, con el fin de establecer las diferencias y similitudes al del humano.

El cerebro de los animales más evolucionados tiene un sistema nervioso más complejo formado por diversas estructuras y funciones, esto se ve reflejado en la diversidad de vasos sanguíneos y su localización en el mismo. El flujo y la densidad capilar varían en cada región. (Waelbers *et al.*, 2010). Por ejemplo la actividad metabólica es directamente proporcional al FSC (Hill y Gwinnutt, 2007)

En el estudio realizado por Jan Karbowski (2011), se describe que el FSC está relacionado al peso y al metabolismo de cada especie; en su trabajo refiere que existen diferencias considerables entre especies, ya que demuestra que conforme es menor la talla del animal, mayor es el FSC, lo cual está relacionado con el metabolismo basal. También describe que en el ratón, el área cerebral con mayor perfusión es el tálamo, al igual que en el humano, pero en diferente proporción; en la rata el área con mayor FSC es la región temporal, mientras que en el conejo es el área frontal; en los primates las áreas predominantes son la visual y la temporal, finalmente en el cerdo el FSC mayor es en la corteza visual. (Karbowski, 2011).

La técnica de repleción aplicada al estudio de la vasculatura cerebral facilita la identificación de los vasos arteriales y venosos sobre el parénquima cerebral. El estudio macroscópico de estas estructuras permite establecer patrones de distribución vascular a las diferentes regiones cerebrales. En el caso de los animales de laboratorio existe discrepancia con respecto al grado de madurez cerebral y su metabolismo. (Menezes *et al.*, 2016).

Por ejemplo, la rata, el ratón, el conejo, son especies inmaduras al nacimiento; mientras que el cobayo es una especie precocial con un alto desarrollo cerebral neonatal, el cual está relacionado con el flujo cerebral vascular y el metabolismo neuronal; de esto depende que se emplee en la investigación básica en el área de las neurociencias.

## Conclusión

La descripción macroscópica de la vasculatura cerebral propuesta en este trabajo, permitió identificar patrones de distribución arterial en el cobayo, los cuales puede compararse con otras especies. El conocimiento de la vasculatura cerebral así como del FSC permitirá estudiar de manera óptima enfermedades cerebrales de origen vascular. Finalmente es importante conocer todos los aspectos relacionados con la vasculatura cerebral para la elección del modelo animal idóneo en las diversas investigaciones.

## Bibliografía

- Alastruey J, Parker KH, Peiró J, Byrd SM, Sherwin SJ. Modelling the circle of Willis to assess the effects of anatomical variations and occlusions on cerebral flows. *J Biomech.* 2007; 40(8):1794-805.
- Ashwini CA, Shubha R, Jayanthi KS. Comparative anatomy of the circle of Willis in man, cow, sheep, goat, and pig. *Neuroanatomy.* 2008; 7:54-65.
- Badyal DK, Desai C, Tripathi SK, Dhaneria SP, Chandy SJ, Bezbaruah BK. Animal use in pharmacology education and research: The changing scenario. *Indian J pharmacol.* 2014 Nov-Dec; 46(6):584-9.
- Casals JB, Pieri NC, Feitosa ML, Ercolin AC, Roballo KC, Barreto RS, Bressan FF, Martins DS, Miglino MA, Ambrosio CE. The use of animal models for stroke research: a review. *Comp Med.* 2011 Aug; 61(4):305-13.
- Castro CM, Mosto F, Díaz M. Perfusión cerebral por resonancia magnética. *Rev. Neuropsiquiatr.* 2002; 65:63-69.
- Díaz-Carrillo MA, Carrillo-Esper R. Flujo Sanguíneo Cerebral. *Revista Mexicana de Anestesiología.* 2015; 38(S3):419-420.
- Esteves A, Freitas AC, Rossi-Junior WC, Fernandes GJM. Anatomical arrangement and distribution of the cerebral arterial circle in rats. *J Morphol Sci.* 2013; 30(2):132-139
- Fàbregas N, Valero R. Fisiología cerebral y monitorización neurológica y de la profundidad anestésica. *Societat Catalana d' Anestesiología.* 2001.
- Fonseca-Matheus J. Conservación de piezas anatómicas para la enseñanza en carreras médicas. *Gaceta de Ciencias Veterinarias.* 2012; 17(1):5-10.
- Hill L, Gwinnutt C. Cerebral Physiology part 1 – Cerebral Blood Flow and Pressure. *Anaesthesia tutorial of the week 69.* 2007.
- Karbowski J. Scaling of brain metabolism and blood flow in relation to capillary and neural scaling. *PloS one.* 2011; 6(10):e26709.
- Markus HS. Cerebral perfusion and stroke. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2004 Mar; 75(3):353-61.
- Matsuo T. Cerebral Blood Vessel Morphology. *Forma.* 2012; 27:s79-s81.
- Menezes de Oliveira e Silva F, Alcantara D, Cardoso Carvalho R, Oliveira Favaron P, Cesar dos Santos A., Carvalho Viana D, Miglino MA. Development of the central nervous system in guinea pig (*cavia porcellus*, rodentia, caviidae). *Pesq. Vet. Bras.* 2016; 36(8):753-760.
- Olivares R, Labra P, Adaro L. Técnicas Anatómicas y métodos de conservación en anatomía veterinaria. *Tecnovet.* 2005. 10(3):8-9
- Rahmat S, Giland E. Comparative Anatomy of the Carotid-Basilar Arterial Trunk and Hindbrain Penetrating Arteries in Vertebrates. *The Open Anatomy Journal.* 2014. 6(1):1-26
- Rodríguez-Boto G, Rivero-García M, Gutiérrez-González R, Márquez-Rivas J. Conceptos básicos sobre la fisiopatología cerebral y la monitorización de la presión intracraneal. *Neurología* 2015; 30(1):16-22.

- Scremin OU, Sonnenschein RR, Rubinstein EH. Cerebrovascular Anatomy and Blood Flow Measurements in the Rabbit. J Cereb Blood Flow Metab. 1982; 2(1):55-66.
- Shen Q, Duong TQ. Magnetic resonance imaging of cerebral blood flow in animal stroke models. Brain Circ. 2016 Jan; 2(1):20-27.
- Valverde F. Estructura de la corteza cerebral. Organización intrínseca y análisis comparativo del neocórtex. Rev Neurol. 2002; 34(8):758-780.
- Vargas-Guzmán AL, Ayala-González F, Sanchez-Vargas KB. Determinación de la perfusión cerebral mediante el análisis densitométrico por medio de la tomografía craneal en pacientes hospitalizados por EVC isquémico. In Anales de radiología, México. 2011 April; 10(2):84-90.
- Waelbers T, Peremans K, Gielen I, Vermeire S, Doom M, Polis I. Brain Perfusion part 1: regulation mechanisms and measurements of brain perfusion. Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift. 2010; 79(3):169-177.

### **REDVET: 2017, Vol. 18 N° 9**

Este artículo Ref. 091771\_RED VET (090917\_vasculatura) está disponible en  
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090917.html>  
concretamente en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090917/091771.pdf>

**REDVET®** Revista Electrónica de Veterinaria está editada por Veterinaria Organización®.

Se autoriza la difusión y reenvío siempre que enlace con [Veterinaria.org®](http://www.veterinaria.org) <http://www.veterinaria.org> y con **REDVET®**- <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>