

CAPÍTULO 9

Sistema nervioso central del porcino

Gustavo Oscar Zuccolilli y Vanina Laura Cambiaggi

Conceptos generales

Los órganos que forman el sistema nervioso central (SNC) del cerdo muestran una organización similar a los otros mamíferos y los conceptos generales para su descripción morfofuncional pueden extrapolarse de otras especies que han sido investigadas con mayor detalle (ovinos, caninos y equinos). Por otro lado, las enfermedades que en forma primaria afectan el SNC de cerdos en esquemas productivos son relativamente pocas y por ello, las necropsias para diagnóstico post mortem raramente inspeccionan los órganos nerviosos centrales.

En muchos casos los signos nerviosos, tales como convulsiones o temblores son causados por una mala formulación de la dieta, intoxicaciones o por deficiencia en minerales y vitaminas. Entre las enfermedades transmisibles, la encefalomiелitis hemoaglutinante por coronavirus, la enfermedad de Aujeszky o pseudorabia por herpes virus, las infecciones por estreptococo suis se pueden citar como las más frecuentes en lechones de distintas edades. Es evidente que otras enfermedades como, por ejemplo, la Peste porcina clásica y africana consideradas enfermedades sistémicas pueden afectar al SNC en diversos grados desencadenando signos neurológicos.

Por otro lado, en las últimas tres décadas una enorme cantidad de información obtenida de estudios específicos del SNC del cerdo ha sido publicada y esto se relaciona directamente con el uso de esta especie en diversos estudios neurocientíficos. Cada vez con mayor frecuencia las neurociencias utilizan y recomiendan al cerdo como modelo experimental destinado al estudio de diversas enfermedades que afectan al ser humano. Desde hace mucho tiempo la similitud anatómica y fisiológica entre el cerdo y el humano es la principal razón para que los porcinos se utilicen en estudios variados en el área quirúrgica y farmacológica, pero su uso en los estudios neurobiológicos es una tendencia relativamente reciente. Al principio las investigaciones se realizaron en cerdos de producción, en especial usando animales jóvenes de hasta 40 kilogramos, pero últimamente se prefiere las razas Yukatan o Handford con un peso adulto de 70-90 kilogramos o mejor aún los minicerdos Göttinger Sinclair con un peso final de entre 35-55 kilogramos. Distintas empresas en China han desarrollado razas de minicerdos para su uso como animal de laboratorio.

[Video: Sistema Nervioso Central del porcino](#)

Anatomía del sistema nervioso central

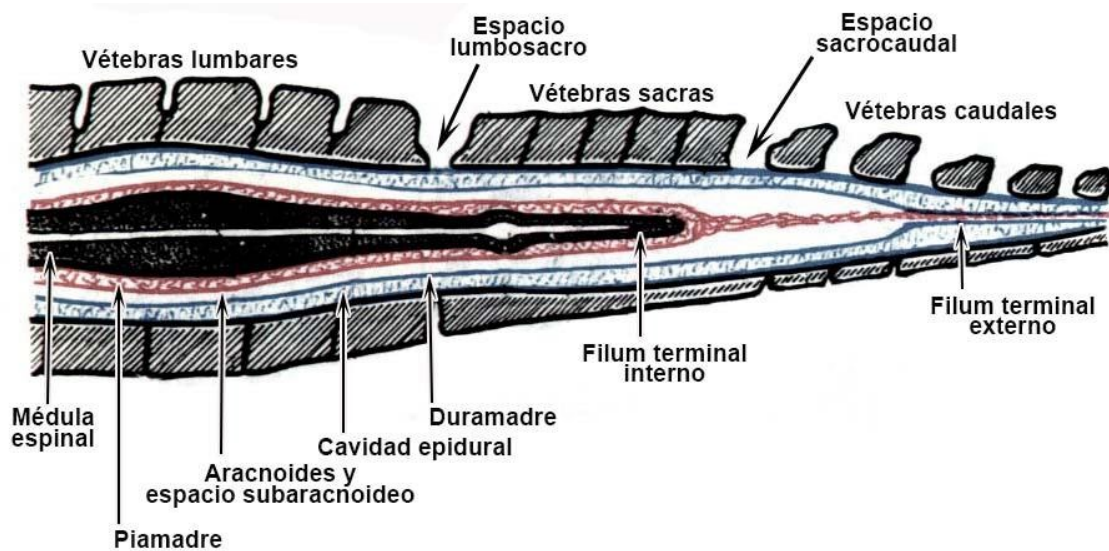
Los órganos nerviosos centrales son el encéfalo contenido en la cavidad craneal y la médula espinal que se ubica en el interior del largo canal vertebral que forman las vértebras entre sí. Ambos órganos están tapizados por las meninges que los recubren como una membrana protectora. Es obvio que para tener acceso a estos órganos durante la necropsia se debe realizar un procedimiento complejo para levantar la bóveda craneal y los arcos de las vértebras después de haber retirado la musculatura que cubre estas estructuras. Al igual que en el resto de los mamíferos el tejido nervioso se deteriora rápidamente después de la muerte. En los animales con menos de dos horas de muertos, los órganos nerviosos son muy delicados y extremadamente friables.

Médula espinal y meninges espinales

La médula espinal es un largo cilindro nervioso que se extiende desde el agujero magno del hueso occipital hasta la última vértebra lumbar o primera vértebra sacra en un ejemplar adulto. En general, este órgano se describe formado por segmentos nerviosos consecutivos que se corresponden con los neurómeros embrionarios (mielómeros) originales, y por lo tanto, cada uno de estos segmentos se encuentra en conexión con un par de nervios espinales. En el cerdo se observan 8 segmentos cervicales, 13-16 torácicos, 6 lumbares, 4 sacros y 3 o 4 caudales. La misma cantidad de nervios espinales se encuentran en las respectivas regiones del animal, aunque la correspondencia de los segmentos medulares con las vértebras no es exacta. Por ejemplo, los cortos segmentos sacros y caudales se encuentran casi todos en relación con la última vértebra lumbar y la primera sacra, de manera que los nervios correspondientes deben realizar un recorrido por el interior del canal vertebral para alcanzar los orificios por donde emergen hacia las estructuras que inervan. Esta disposición se conoce como cauda equina o cola de caballo y ocupa el canal sacro con las meninges espinales.

La disposición anatómica del extremo terminal de la médula espinal permite que en los porcinos se pueda realizar la anestesia epidural con escaso riesgo. El ingreso de la aguja en el espacio lumbosacro da acceso al canal vertebral y en este punto, sólo se encuentra el filamento terminal interno de la médula y los nervios que forman la cauda equina.

Las envolturas meníngeas que recubren y protegen a la médula espinal no muestran diferencias con otras especies de mamíferos. La cavidad epidural que se forma entre la duramadre espinal y el periósteo de las vértebras contiene una cantidad variable de tejido adiposo en estado semifluido y actúa como una cubierta protectora que previene los traumatismos medulares durante los movimientos regulares que realiza la columna vertebral.

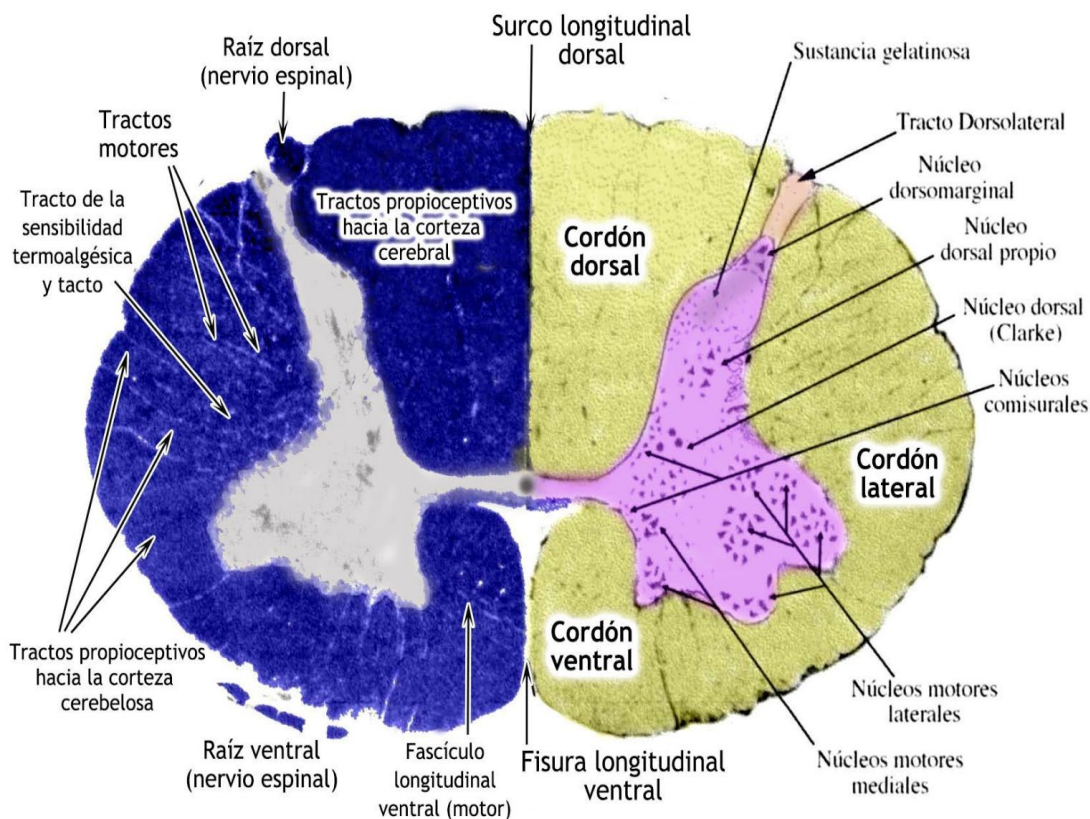


Esquema general de la parte terminal de la médula espinal y de las meninges en un mamífero tipo.

El espacio subaracnoideo ubicado en el interior de la aracnoides es pequeño y contiene una pequeña cantidad de líquido céfaloarraquideo que circula muy lentamente desde el IV ventrículo para ser drenado localmente en distintos puntos (emergencia de los nervios espinales y en el ventrículo terminal del filum terminal interno).

La organización interna de la médula espinal del cerdo es muy similar a lo observado en otros artiodáctilos como los rumiantes. Tanto la citoarquitectura de la sustancia gris como la de la sustancia blanca posee características similares con otras especies de herbívoros. La sustancia gris suele ocupar aproximadamente entre el 25 al 30% del volumen total del órgano, y esta proporción varía si el estudio se realiza en la parte caudal de la médula espinal (segmentos lumbares y sacros) o en la parte craneal (segmentos cervicales y torácicos). Los cuerpos neuronales agrupados en la sustancia gris son los encargados del control segmentario de los reflejos espinales y se encuentran íntimamente conectados por fascículos nerviosos que permiten en esta especie, una automatización alta de la estación, la marcha y los reflejos posturales.

La sustancia blanca de la médula espinal representa entre el 70 - 75 % del volumen total y está formada por tractos de axones que recorren en forma descendente (tractos motores) o en forma ascendente (tractos sensitivos) la longitud del órgano. La distribución topográfica de estos fascículos o tractos nerviosos es comparativamente similar con los rumiantes y los equinos. Entre los tractos motores existe una mayor predominancia funcional de los fascículos del sistema extrapiramidal (rubroespinal, vestibuloespinal, tectoespinal y reticuloespinal) sobre el sistema piramidal (corticoespinal), y además un muy bien desarrollado fascículo longitudinal ventral con fibras provenientes de distintos niveles del tronco del encéfalo refuerzan la hipótesis que el cerdo posee una baja corticalización de las funciones motoras voluntarias.



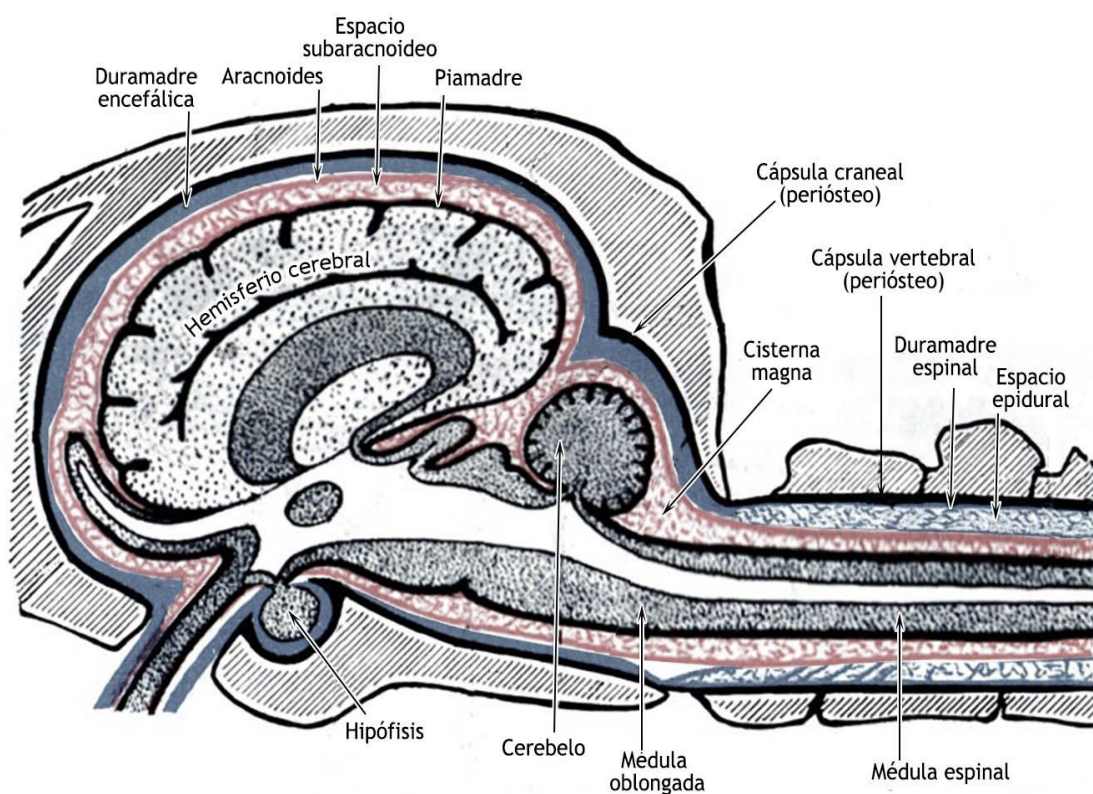
Sección transversal de la médula espinal torácica de un mamífero tipo. Del lado derecho se observan los principales núcleos de la sustancia gris cuando se utiliza una coloración metacromática (Violeta de cresilo). Del lado izquierdo se indica la posición de los principales fascículos que recorren la sustancia blanca.

Encéfalo y meninges encefálicas

El encéfalo del cerdo suele pesar entre 96 y 145 gramos en ejemplares que oscilan entre los 60 y 100 kilogramos de peso vivo, de manera que el peso relativo es de aproximadamente 0,15% del peso corporal. En otros estudios con individuos de mayor peso (130-210 kilogramos) se han registrado poca variación del peso del encéfalo que oscilaba entre los 105 a los 110 gramos, de manera que a partir de estos estudios el peso relativo del encéfalo es de 0,05-0,08%. Se trata de un encéfalo relativamente pequeño, de menor volumen que el encéfalo de los carnívoros domésticos donde usualmente se registran pesos relativos del 0,5 al 1%. Sin embargo, el volumen del encéfalo porcino es muy similar al que puede observarse en animales herbívoros como la vaca (0,08%) y el caballo (0,12 -0,15%). Estudios realizados con cerdos Göttingen demuestran que el encéfalo incrementa su peso hasta los 36 meses de vida. Los datos indican que individuos de 4 meses de edad (17 kilogramos de peso vivo) poseían un encéfalo de 58,9 gramos, al año de edad y con 17 kilogramos de peso corporal el encéfalo pesó 69 gramos y finalmente a los 18-36 meses de edad los cerdos de casi 40 kilogramos de peso mostraban encéfalos de 79 gramos.

Otros estudios habían demostrado que el número de neuronas corticales se incrementaba significativamente en los primeros 18-36 meses de vida.

Las envolturas meníngeas son similares a las observadas en otras especies de mamíferos. La fuerte y gruesa duramadre es de color blanco brillante y adhiere firmemente al periosteó de la superficie interna de los huesos que forman la cavidad craneana y se prolonga para formar un pliegue longitudinal (la hoz del cerebro) que ocupa la fisura longitudinal que separa ambos hemisferios cerebrales. Un segundo pliegue de duramadre (pliegue transverso o tienda de la duramadre) se cruza perpendicularmente con el anterior y separa los hemisferios cerebrales del cerebelo. En ambos pliegues un importante seno venoso recibe las venas colectoras de la región correspondiente. El tercer pliegue que forma la duramadre es muy fuerte y se fija en los huesos que forman el piso de la cavidad y separa como un verdadero diafragma a la glándula hipófisis y los plexos cavernosos del resto del encéfalo. La aracnoides forma distintas dilataciones del espacio subaracnoideo que se conocen como cisternas que contienen una cantidad variable de líquido cerebroespinal (céfaloarraquideo). La de mayor tamaño es la cisterna magna o cerebelo-medular por estar ubicada entre estos órganos y a la cual se puede acceder a través del agujero magno desde la región de la nuca.



Esquema general del encéfalo, la parte cervical de la médula espinal y de las meninges en un mamífero tipo.

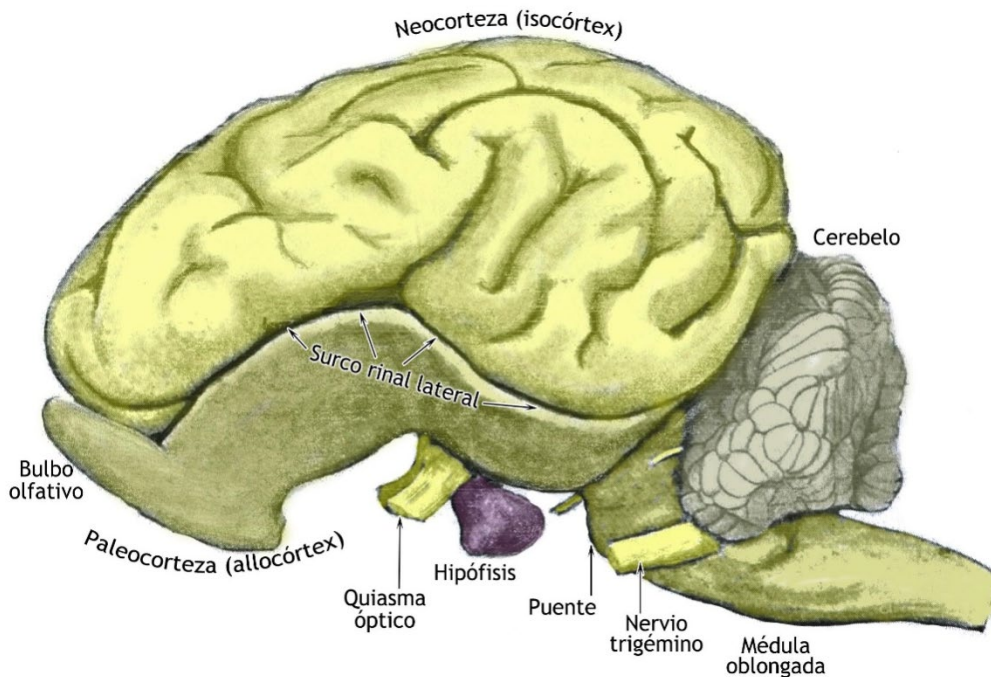
El líquido cerebrospinal puede extraerse de cerdos anestesiados por punción directa de la cisterna magna. En general, los individuos deben ser anestesiados pues para este tipo de maniobras no se esperaba una conducta de quietud que favorezca la maniobra. Se ubica el animal en decúbito lateral con la cabeza fuertemente flexionada sobre el cuello y se desinfecta la región de la nuca. Para cerdos de 40 kilogramos se suele utilizar una aguja espinal, provista de mandril

de aproximadamente 9 centímetros de longitud (N° 20). La misma se inserta aproximadamente 5 centímetros por detrás de la protuberancia occipital externa y se avanza lentamente siguiendo un ángulo que se dirija hacia la abertura de la boca. En todo momento la aguja se debe mantener paralela al plano mediano y a la superficie de apoyo donde descansa el individuo. La membrana atlantoccipital se encuentra 7 centímetros por debajo de la superficie de la piel y una vez perforada se retira el mandril para comprobar la salida de líquido cerebroespinal. Para individuos de hasta 50 kilogramos, entre 5 y 10 mililitros de fluido pueden extraerse con un intervalo de 5 días.

El cerebelo se ubica dorsal al tronco del encéfalo, es compacto y suele medir aproximadamente 20x20 milímetros en un cerdo de 60 a 70 kilogramos de peso, y representa un 15-18% del total del encéfalo en conjunto. Su aspecto es característico pues su superficie está marcada por numerosos surcos que separan pequeños pliegues. Desde el punto de vista morfológico y en una vista dorsal se distingue claramente una parte central y mediana llamada vermis cerebeloso y dos lóbulos o hemisferios laterales.

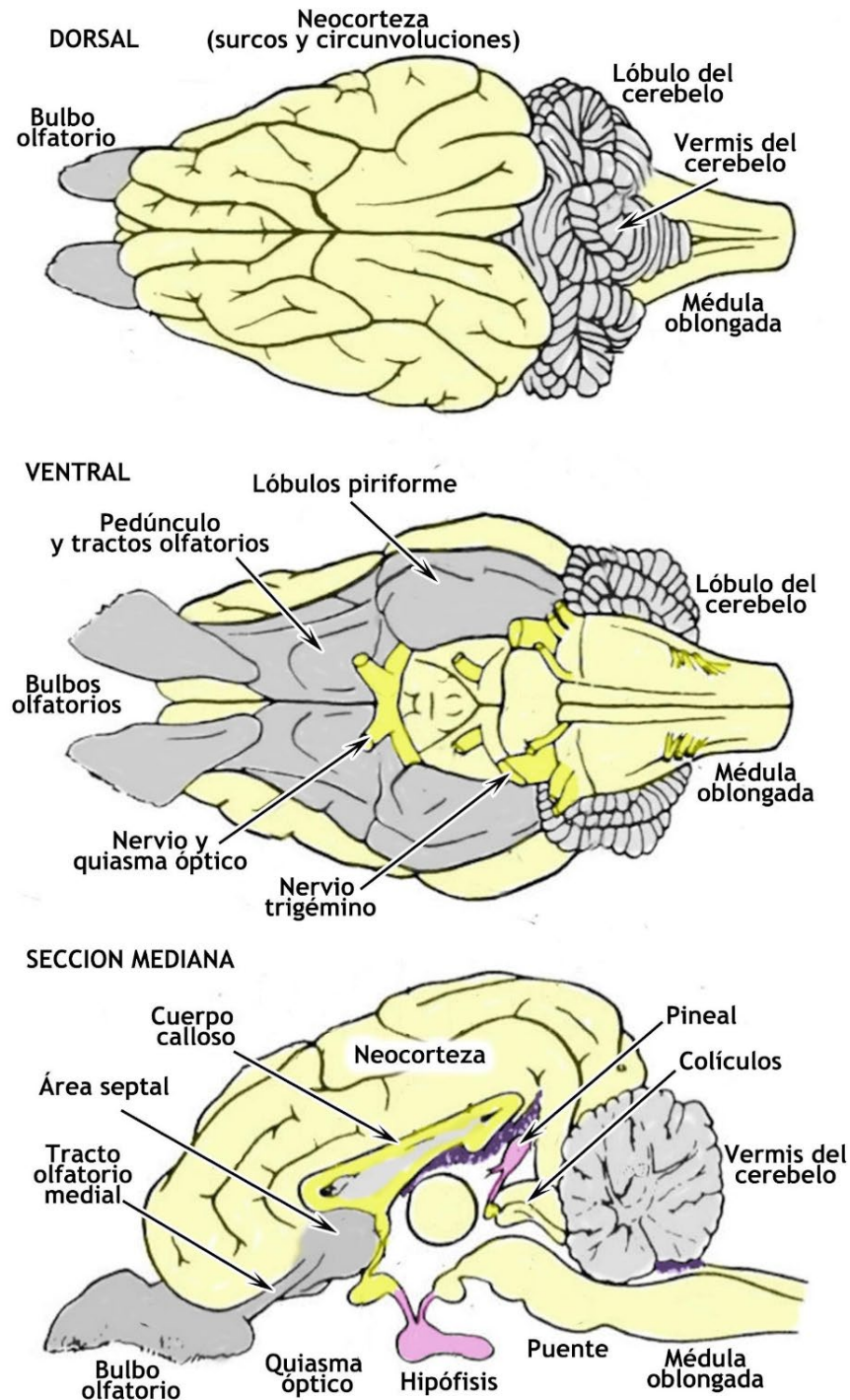
El tronco del encéfalo está formado por la médula oblongada, el puente y el mesencéfalo. Descansa sobre la parte caudal del piso de la cavidad craneal por detrás de la silla turca. En su superficie lateroventral se observa la emergencia de los últimos 10 nervios craneales, entre los cuales destaca el grueso nervio trigémino que perfora la superficie ventral del puente.

El cerebro del cerdo se caracteriza por mostrar claros rasgos morfológicos de un cerebro altamente asociado al olfato, con una parte rinencefálica de un volumen comparativamente mayor a otras especies de artiodáctilos. En un animal adulto (80-100 kilogramos) el cerebro mide aproximadamente 65 milímetros de longitud por 35 milímetros en su diámetro dorso-ventral, mientras que en la parte más espesa (parte temporal) cada hemisferio posee 28 milímetros.



Encéfalo de cerdo desde una vista lateral. En el cerebro es visible la gran porción ocupada por la parte olfativa del rinencefalo, ubicada ventral al surco rinal lateral.

El cerdo es indudablemente un animal macrosmático con un gran desarrollo de la parte olfativa de la cavidad nasal, un alto número de receptores olfativos y un largo órgano vomeronasal especializado en la detección de feromonas que lo transforman dentro de los macrosmáticos en una especie con una capacidad olfativa privilegiada y superior a otros artiodáctilos.



Esquema general del encéfalo del cerdo en una vista dorsal, ventral y en sección sagital mediana.

Esto se traduce en un cerebro provisto de enormes bulbos olfatorios y una corteza olfatoria primaria (lóbulo piriforme) muy desarrollada. Cuando se compara el cerebro de cerdo con el de un bovino u ovino, se nota a simple vista que la porción olfativa del rinencéfalo formada por la paleocorteza ocupa en el cerdo una mayor superficie. Toda la corteza ubicada por debajo del surco rinal lateral, conocida como allocórtex, es lisa, organizada en tres estratos neuronales y fundamentalmente asociada a la olfacción.

Muchas de las conductas alimenticias y reproductivas del cerdo son mediadas por estímulos olfatorios que pueden ser detectados a grandes distancias. La producción y detección de feromonas en el porcino es una estrategia reproductiva bien conocida, en la cual interviene la secreción de distintas sustancias a partir de distintas glándulas.

Las feromonas son producidas por las glándulas salivales, carpianas, tarsianas, en el divertículo prepucial del macho y en otras glándulas asociadas a la piel para que puedan ser detectadas por un sistema olfatorio de enorme desarrollo que posee en el nivel encefálico, circuitos primarios y secundarios que gobiernan los distintos aspectos de la conducta reproductiva.

Las conexiones primarias representan la vía olfatoria principal que llega al lóbulo piriforme y la corteza entorrinal. La vía olfatoria accesorio interviene en varias de las conductas mencionadas previamente y sus centros principales se encuentran en el área septal, la circunvolución del hipocampo y la amígdala cerebral. La parte dorsolateral de los hemisferios aparece fuertemente plegada y marcada por surcos de distinta profundidad que separan giros o circunvoluciones cerebrales. Esta parte es la neocorteza formada por un isocórtex donde las neuronas se organizan en 5 o 6 estratos celulares. El estudio de las circunvoluciones y su comparación con otras especies ha caído en desuso pues casi no posee aplicaciones prácticas en la medicina y producción, pero pueden encontrarse trabajos publicados que detallan la organización del neocórtex.

Diversos estudios experimentales realizados en cerdos permiten conocer la localización de las áreas asociadas al sentido de la vista, la audición, la sensibilidad somatosensorial e inclusive las principales áreas motoras de la corteza cerebral. Más aún la bibliografía posee abundantes referencias sobre estudio morfofuncionales utilizando PET y MRI funcional, así como la distribución de receptores para dopamina, serotonina, adrenalina y noradrenalina. En síntesis, el uso cada vez más frecuente del cerdo en modelos de enfermedades neurodegenerativas y en otras investigaciones funcionales sobre el encéfalo han permitido que pueda accederse a una bibliografía muy abundante sobre la anatomía, la fisiología y la química de los circuitos encefálicos.

Referencias

Ambroggi, A.; Busso, J.; Carranza, A.; y Di Cola, G. (2020). Enfermedades y patologías de los porcinos. Libro digital. UniRío editora. Universidad Nacional de Río Cuarto. ISBN 978-987-688-397-9.

- Bjarkam, C. R., Glud, A. N., Orlowski, D., Sørensen, J. C. H. • Palomero-Gallagher, N. (2017). The telencephalon of the Göttingen minipig, cytoarchitecture and cortical surface anatomy. *Brain Struct Funct.* 222:2093–2114.
- Félix, B.; Léger, M.-E. and Albe-Fessard, D. (1999). *Stereotaxic Atlas of the Pig Brain*. Brain Research Bulletin, Vol. 49, Nos. 1/2, pp. 1–138.
- Lind, N. M.; Moustgaard, A.; Jelsingb, J., Vajta, G.; Cumming, P.; Hansen, A: K. (2007). The use of pigs in neuroscience: Modeling brain disorders. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 31 728–751.
- Nickel R., Schummer A., Seiferle E. (1988). *Tratado di Anatomía degli Animali Domestici*, Tomo IV Sistema Nervoso, Ghiandole Endocrine y Organi di senso. ISBN 10:8808083128.
- Sauleau, P.; Lapouble, E.; Val-Laillet, D. and Malbert, C.-H. (2009). The pig model in brain imaging and neurosurgery. *Animal*, 3:8, pp 1138–1151.
- Schwarze E., Michel G., Schröder L. *Compendio de Anatomía Veterinaria*. Tomo IV. Ed. Acribia Zaragoza, España, 1984. ISBN 978-84-200-0228-6.
- Zuccolilli, G. (2002) *Neurobiología Básica. Conceptos para medicina veterinaria*. Ed. de la Universidad Nacional de La Plata. ISBN 950-34-0228-X