

Embriología del sistema ventricular cerebral

Cerebral ventricular system embryology

Edgar G. Ordóñez-Rubiano¹, Pablo E. Baquero², Hernando A. Cifuentes-Lobelo³, William Cortés-Lozano⁴,
Javier G. Patiño⁵, Edgar G. Ordóñez-Mora⁶

¹ Residente de Neurocirugía. Departamento de Neurocirugía, Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud, Hospital Infantil Universitario de San José, Hospital Universitario de San José. Bogotá D.C., Colombia.

² Neurocirujano, Neurocirugía Pediátrica. Departamento de Neurocirugía, Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud, Hospital Infantil Universitario de San José. Bogotá D.C., Colombia.

³ Neurocirujano, Base de cráneo y Endoscopia. Departamento de Neurocirugía, Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud, Hospital Infantil Universitario de San José. Bogotá D.C., Colombia.

⁴ Neurocirujano, Cirugía Vascular. Departamento de Neurocirugía, Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud, Hospital Infantil Universitario de San José. Bogotá D.C., Colombia.

⁵ Neurocirujano, Cirugía de Columna. Neurocirujano, Cirugía de columna. Departamento de Neurocirugía, Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud, Hospital Infantil Universitario de San José, Hospital Universitario de San José. Bogotá D.C., Colombia.

⁶ Neurocirujano, Microcirugía Vascular. Jefe del Departamento de Neurociencias. Departamento de Neurocirugía, Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud, Hospital Infantil Universitario de San José. Bogotá D.C., Colombia.

Rev. Chil. Neurocirugía 42: 156-159, 2016

Resumen

El Sistema Ventricular Cerebral se desarrolla de forma paralela al resto del Sistema Nervioso Central, facilitando la circulación del Líquido Cefalorraquídeo, desde su separación del líquido amniótico a nivel embrionario. Este desarrollo es necesario para entender correctamente la anatomía ventricular y facilitar el abordaje para patologías intraventriculares. El objetivo de esta revisión es reconocer los puntos más importantes en la embriología ventricular para facilitar el aprendizaje de la anatomía quirúrgica ventricular.

Palabras clave: Ventriculos Cerebrales, Ventriculos laterales, Tercer Ventrículo, Cuarto Ventrículo, Embriología, Tercer Ventriculostomía Endoscópica.

Abstract

The cerebral ventricular system is developed in parallel with the rest of the central nervous system, facilitating the circulation of cerebrospinal fluid, from the amniotic fluid separation in the embryonic phases. This development is necessary to correctly understand the ventricular anatomy and facilitate approach to intraventricular pathologies. The objective of this review is to recognize the most important points in the ventricular embryology and in the intraventricular endoscopic vision to facilitate learning of the ventricular surgical anatomy.

Key words: Cerebral ventricular system, Central Nervous System Embriology, Endoscopy, Third Ventriculostomy.

Introducción

Para la descripción de la evolución embrionaria se ha usado el *Sistema de Etapas de Carnegie*. (O’Rahilly y Müller, 1987)¹. Este sistema surge a partir de la fundación de la *Institución para el Descubrimiento Científico de Andrew Carnegie* en 1902. Se han recogido cientos de especímenes de embriones y se han enviado al instituto del Hospital de Johns Hopkins en Baltimore, Maryland, Estados Unidos. Desde 1913 se inició el proceso de clasificación de los especímenes de acuerdo al desarrollo en las primeras 9 semanas de embarazo.

Existen 23 etapas embrionarias de Carnegie, que representan los 56 días embrionarios. Están numeradas de acuerdo a la edad, el tamaño y en las características morfológicas del embrión. En la etapa 23 ya están presentes todos los órganos internos. El Sistema Ventricular se desarrolla a través de estas etapas y termina de crecer durante la etapa fetal².

Tubo Neural y Expansión Ventricular

El primer paso del desarrollo es la formación del tubo neural. Para esto es necesario que ocurra el proceso de polarización del epitelio, luego la formación del tubo neural y luego la coordinación en los cambios de forma del tejido a nivel celular.

Polarización del Epitelio

La formación de un epitelio polarizado es necesario para el transporte de iones direccionado y de solutos para la generación de compartimientos en el tubo neural, lo cual ocurre en dos etapas³. Primero se ejerce un vector de polarización y luego se genera asimetría molecular a través del eje⁴ (Figura 1). Posteriormente se producen polaridades y uniones apicales y basales a nivel celular, lo cual es fundamental, ya que las polaridades apicales favorecen la diferenciación del telencéfalo, favoreciendo la formación de los ventrículos laterales^{5,6}.

Cierre del tubo neural

A diferencia de otros seres vivos, en el ser humano en la neurulación la formación del tubo neural ocurre mediante un cierre y no por apertura después de la formación del eje. El cierre del tubo

ocurre en múltiples sitios a la misma vez⁷⁻⁹.

Cambios de forma a nivel celular

A medida que se va formando el resto del Sistema Nervioso Central (SNC) el neuroepitelio se va doblando y pegando para formar correctamente el tubo neural¹⁰. Hay estudios en otros seres vivos que sugieren que la contracción de la miosina se correlaciona con la expansión ventricular¹¹. Igualmente, es evidente que la producción de Líquido Cefalorraquídeo (LCR) es un factor del cual depende el moldeamiento estructural del sistema.

Desarrollo Ventricular durante las Etapas de Carnegie

Hasta el día de hoy la mejor descripción de la embriología del sistema ventricular ha sido realizada por O’Rahilly y Müller en 1990². Con base en estudios antropomórficos y antropométricos realizaron el análisis de diferentes muestras de cortes de embriones a nivel ventricular. De esta forma se realizó una descripción de los cambios morfológicos de acuerdo a los días post-ovulatorios organizándolos de acuerdo a las Etapas de Carnegie²:

Etapa 11 (Día 26)

Inicia la diferenciación del Ventrículo Óptico, que es una porción distal y

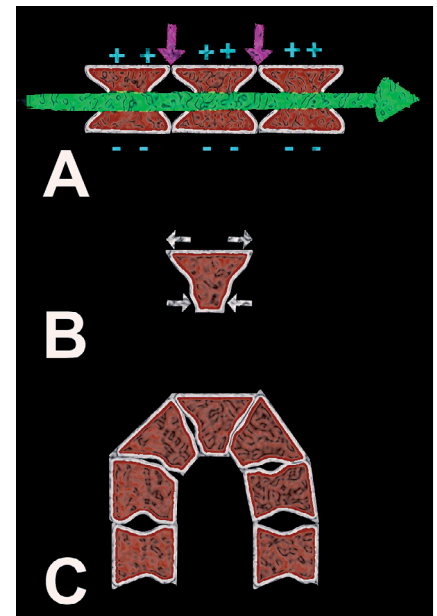


Figura 1. Polarización y cambios en la forma del epitelio. A. Se produce un vector de polarización (flecha verde) y una diferencia de polaridad. Se generan uniones apicales (flechas rosadas) y basales. B. Hay contracción basal y ampliación apical. C. Se pega el neuroepitelio y se generan dobleces.

ensanchada del Surco Óptico, que es una evaginación de la parte lateral con de la formación nerviosa más cefálica. Empieza el llenado del tubo neural con líquido amniótico².

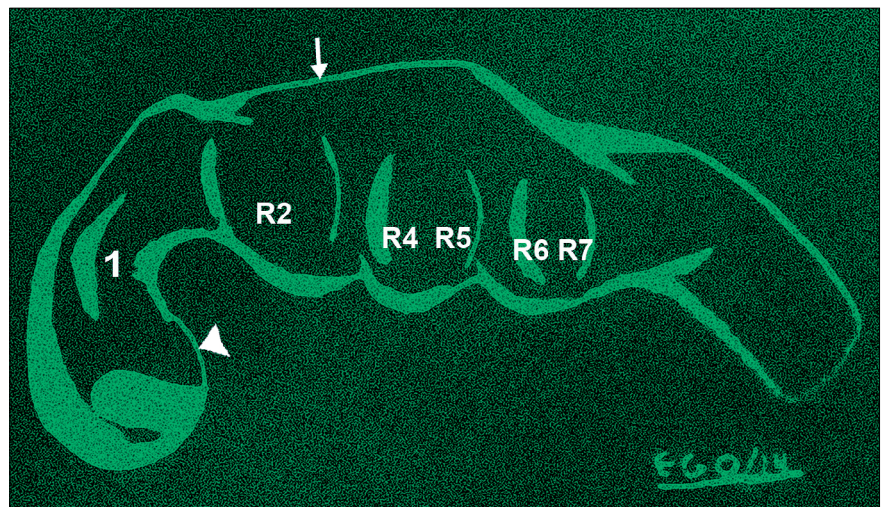


Figura 2. Representación gráfica del sistema ventricular en la Etapa 12 de Carnegie. Adaptado de O’Rahilly y Müller. Se denota con una punta de flecha blanca el receso mamilar. Igualmente se observa el Sulcus limitans (1). De distribución cefálica a caudal se delimitan los rombómeros 2, 4, 5, 6 y 7 (R2, R4, R5, R6, R7 respectivamente). Con una flecha blanca se muestra la formación inicial delgada del techo.

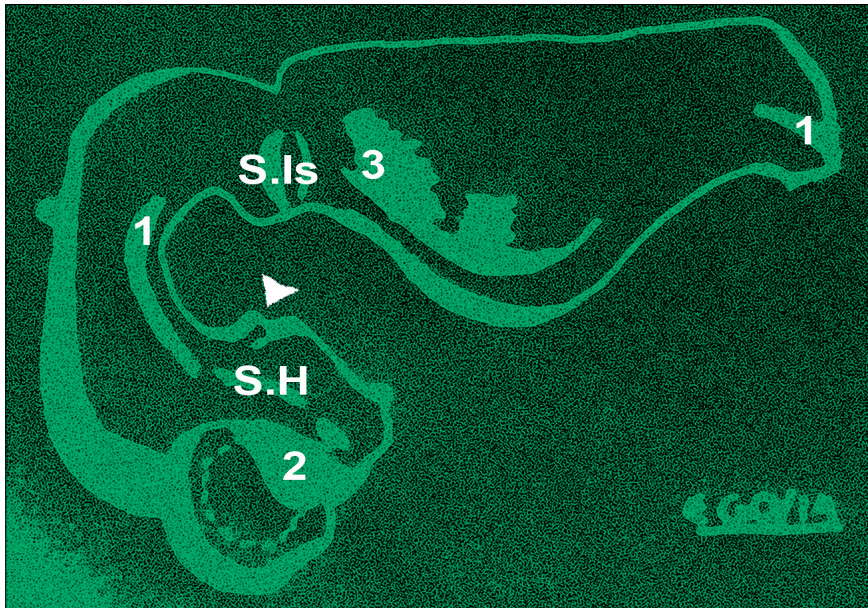


Figura 3. Representación gráfica del sistema ventricular en la Etapa 17 de Carnegie. Adaptado de O’Rahilly y Müller. Se denota con una punta de flecha blanca el receso mamilar. Igualmente se observa el Sulcus limitans (1). Se muestra el segmento ístmico (S.Is) y el Surco Hipotalámico (S.H). Se demuestran las impresiones del futuro cuerpo estriado (2) y del cerebelo (3).

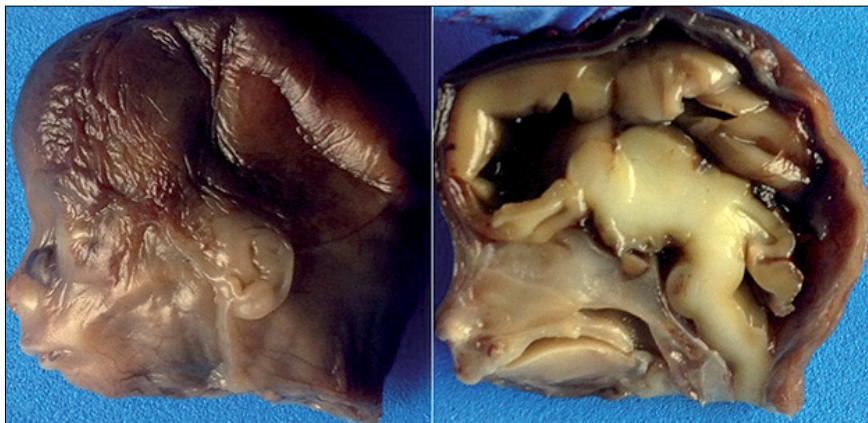


Figura 4. Especimen cadavérico en semana 14. Es posible visualizar las estructuras del tallo cerebral, así como los ventrículos laterales y el cuarto ventrículo totalmente diferenciados.

Etapa 12 (Día 28)

Ocurre el cierre de neuroporo caudal. Esto permite la separación del epéndimo del líquido amniótico. Se empiezan a notar los surcos, inicialmente se observa el *Sulcus Limitans* a nivel del mesencéfalo. En este punto el crecimiento ventricular es proporcional al crecimiento del resto del cerebro, ya que el grosor de éste permanece constante (Figura 2).

Etapa 13

Hay visibilidad de la cavidad del telen-

céfalo medio. Empieza a crecer de forma más rápida el cerebro anterior y el posterior con respecto al mesencéfalo. Igualmente se conecta el Ventrículo Óptico con el resto del sistema ventricular.

Etapa 14

Comienza el origen de los hemisferios cerebrales y de los ventrículos laterales. Se observa la fosa romboidea por modificación del piso del cerebro posterior. De forma alterna, con respecto al espacio subaracnoideo, éste inicial-

mente se observa como espacios irregulares en la superficie ventral de la médula espinal.

Etapas 15-16

Las eminencias medial y lateral del cerebro anterior producen indentaciones en los ventrículos laterales. Empiezan a generarse cambios histológicos a nivel del *Área Epitelialis* (entre el *Área Dentata* y la *Lamina Terminalis*).

De igual forma empieza a sobresalir una evaginación en la línea media del mesencéfalo, que en el futuro se convertirá en el Acueducto Cerebral. En este punto se encuentran células que hacen la figura del epéndimo, pero son más avanzadas que en cualquier otra parte de la superficie ventricular. Por otra, parte el *Sulcus Limitans* se empieza a ver como una cresta distinguible.

Etapa 17-18 (Sexta semana)

Se inicia el desarrollo del foramen interventricular y se vuelve más delgado en la línea media. Se inician cambios sutiles en el *Área Epitelialis*, iniciando la formación de los plejos coroideos de los ventrículos laterales. En la etapa 18 crece el *Área Epitelialis* y en conjunto con el techo del Telencéfalo medio forman un saco, mientras en el mesénquima se forman capilares largos. Este saco se forma en la fisura coroidea, extendiéndose rostralmente desde el *Velum Transversum*.

El techo del telencéfalo medio empieza a sufrir algunos cambios que inician desde la etapa 16: empiezan a presentarse varias células necróticas que contienen inclusiones oscuras en la superficie epitelial multilaminar.

El techo del cuarto ventrículo contiene ahora dos áreas pequeñas formadas por células ependimarias aplanadas, también llamadas *Área Membranaceae Rostralis* y *Caudalis*. A su vez las vellosidades coroideas empiezan a presentarse en los sacos de los sacos laterales de los plexos y se observan en 2/5 de los embriones.

Todos los surcos y la segmentación empieza a hacerse más notoria, delimitando lo que en el futuro se convierte en cuerpo estriado y cerebelo (Figura 3). En este punto, de forma paralela, se forman la duramadre y los espacios subaracnoideos peri-medulares conteniendo varios vasos en su interior.

Etapas 19-21

Continúa el adelgazamiento de los fo-

rámenes interventriculares, causado principalmente por el crecimiento de la eminencia ventricular medial (del futuro Cuerpo Estriado).

Se produce un crecimiento de la eminencia ventricular medial y lateral, transformando la forma esférica del ventrículo lateral en una cavidad en forma de "C", extendiéndose en la etapa 21 rostralmente hacia el Ventrículo Olfatorio.

De esta forma los ventrículos laterales van adaptando su forma y se empiezan a pronunciar los cuernos.

Con respecto al epitelio del saco del plexo ahora consiste de 3 ó 4 filas de células. Adicionalmente la formación de un pequeño saco en el piso diencéfálico predice la formación del plexo coroideo del tercer ventrículo. Por últi-

mo los sacos coroideos del cuarto ventrículo están presentes y están mucho más avanzados comparándolos con los de los ventrículos laterales.

Etapa 21-23 (Semanas 7 a 8)

Los cuernos anterior e inferior de los ventrículos laterales se definen y el foramen interventricular queda delgado. Aún no ha aparecido el cuerno posterior, pero ya se determina su lugar.

Los plexos coroideos de los ventrículos laterales se vuelven voluminosos. La capa epitelial es de una sola fila de células, mientras el *Área Epitelialis* se vuelve gruesa. En la etapa 22 los plexos coroideos tienen forma arboriforme, mientras en la etapa 23 adoptan forma vesicular y ocupan aproximadamente 1/3 de los ventrículos laterales.

Adicionalmente, los surcos del diencéfalo se diferencian en el *Sulcus Dorsalis*, el *Sulcus Medius* y el *Sulcus Hipotalámico*.

Finalmente, la parte ístmica del sistema ventricular se comprime por el cerebelo en crecimiento. Desde la parte más lateral del cuarto ventrículo se extienden vellosidades numerosas que se juntan en la línea media.

Todo este proceso complejo termina dando a origen al sistema ventricular, que persiste inmaduro y de dimensiones aumentadas a nivel embrionario. (Figura 4).

Recibido: 30 de julio de 2016

Aceptado: 08 de agosto de 2016

Bibliografía

1. O'Rahilly RMF. Developmental stages in human embryos including a revision of streeter's "horizons" and a survey of the Carnegie collection. Carnegie Institution of Washington, Washington, D.C., 1987; Publication No. 637.
2. O'Rahilly R, Muller F. Ventricular system and choroid plexuses of the human brain during the embryonic period proper. The American journal of anatomy. 1990; 189: 285-302.
3. Cerejido M, Contreras RG, Shoshani L. Cell adhesion, polarity, and epithelia in the dawn of metazoans. Physiological reviews. 2004; 84: 1229-1262.
4. Drubin DG, Nelson WJ. Origins of cell polarity. Cell. 1996; 84: 335-344.
5. Chen L, Liao G, Yang L, Campbell K, Nakafuku M, Kuan CY, et al. Cdc42 deficiency causes sonic hedgehog-independent holoprosencephaly. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2006; 103: 16520-16525.
6. Niessen CM. Tight junctions/adherens junctions: Basic structure and function. The Journal of investigative dermatology. 2007; 127: 2525-2532.
7. Golden JA, Chernoff GF. Intermittent pattern of neural tube closure in two strains of mice. Teratology. 1993; 47: 73-80.
8. Van Straaten HW, Janssen HC, Peeters MC, Copp AJ, Hekking JW. Neural tube closure in the chick embryo is multiphasic. Developmental dynamics: an official publication of the American Association of Anatomists. 1996; 207: 309-318.
9. Van Allen MI, Kalousek DK, Chernoff GF, Juriloff D, Harris M, McGillivray BC, et al. Evidence for multi-site closure of the neural tube in humans. American journal of medical genetics. 1993; 47: 723-743.
10. Lowery LA, Sive H. Strategies of vertebrate neurulation and a re-evaluation of teleost neural tube formation. Mechanisms of development. 2004; 121: 1189-1197.
11. Gutzman JH, Sive H. Epithelial relaxation mediated by the myosin phosphatase regulator mypt1 is required for brain ventricle lumen expansion and hindbrain morphogenesis. Development. 2010; 137: 795-804.

Correspondencia a:

Edgar Gerardo Ordóñez-Rubiano.

Tel: (+57)-300-643-9837, (+57)-(1) 287-0087

Hospital Infantil Universitario de San José. Carrera 52 #67A-71. Servicio de Neurocirugía.

edgar_o88@hotmail.com