



Artículo Original

Desarrollo de los ventrículos laterales del cerebro durante el segundo trimestre de gestación identificados por resonancia magnética

Oviedo, Jorge M.; Ruiz, Matías; Krywinski, Fernando; Staneff, Juan; Guidobono, Juan A.; Forlino, Daniel

RESUMEN

El sistema ventricular del cerebro cambia su forma y tamaño durante el desarrollo fetal. Las modificaciones cronológicas están relacionadas al rápido crecimiento del parénquima cerebral por migración neuronal desde la matriz germinal, el desarrollo de las cisuras y surcos, el cuerpo calloso, la impronta de los núcleos de la base del cerebro y el tálamo. El objetivo del trabajo es describir los cambios morfológicos de los ventrículos laterales durante el segundo trimestre de gestación mediante el estudio con resonancia magnética de 20 fetos, 16 masculinos y 4 femeninos, de 16 semanas de edad gestacional media. Se utilizó un equipo de 1.5 Tesla con técnicas volumétricas 3D. Se registró la forma de cada ventrículo lateral mediante una línea central en una vista lateral 3D del cerebro. Además se comparó el diámetro vertical del cuerpo de cada ventrículo con el espesor del parénquima cerebral, correlacionando los datos con las semanas de edad gestacional, y el diámetro transversal del atrio ventricular. Los ventrículos laterales modificaron progresivamente su forma desde una línea curva esférica hasta una elíptica con cola desde la 12ª hasta la 20ª semanas de gestación. El diámetro vertical del cuerpo ventricular se redujo en éste periodo gestacional en comparación con el parénquima cerebral que incrementó notablemente su espesor.

Palabras claves: Feto, cerebro, ventrículo lateral, resonancia magnética

Title: Development of the lateral ventricles of the brain during the second trimester of gestation identified by magnetic resonance

Summary

The ventricular system of the brain changes its shape and size during fetal development. The chronological changes are related to the rapid growth of the cerebral parenchyma by neuronal migration from the germinal matrix, the development of the fissures and sulci, the corpus callosum, and the effect of the nuclei of the base of the brain and the thalamus. The objective of this study is to describe the morphological changes of the lateral ventricles during the second trimester of gestation by means of the magnetic resonance imaging study of 20 fetuses, 16 males and 4 females, with 16 weeks of gestational age mean. We used a 1.5 Tesla equipment with volumetric 3D techniques. The shape of each lateral ventricle was recorded by a central line in a 3D side view of the brain. In addition, the vertical diameter of the body of each ventricle was compared with the thickness of the cerebral parenchyma, correlating the data with the weeks of gestational, and the transverse diameter of the ventricular atrium. The lateral ventricles progressively modified its shape from a spherical curve line to an elliptical with tail from the 12th to the 20th weeks of gestational age. The vertical diameter of the ventricular body was reduced in this gestational period in comparison with the cerebral parenchyma, which increased its thickness considerably.

Key words: Fetus, brain, lateral ventricle, magnetic resonance

INTRODUCCION

El sistema ventricular del cerebro está formado por un conjunto de tres cavidades endimarias interconectadas entre sí a través de acueductos por donde circula el líquido cefalorraquídeo (LCR). A su vez, está compuesto por dos ventrículos laterales (VL) que se ubican en la porción central de cada hemisferio cerebral, alrededor del tálamo y siguiendo el trayecto del núcleo caudado, y el tercer ventrículo. Cada VL tiene forma de herradura o letra C, contiene un plexo coroideo productor de LCR, y se comunican con el tercer ventrículo situado en la línea media a través del agujero interventricular o de Monro^(1,2).



Cada VL está constituido por un cuerpo, astas o cuernos frontal, temporal y occipital. La confluencia de las astas occipital, temporal y cuerpo se denomina atrio. El cuerpo de cada uno de ellos se proyecta próximo a la línea media, tienen una posición paralela y se están separados por el septo pelúcido. Los atrios, astas temporales y occipitales se ubican alejados y laterales a la línea media cerebral. Desde un punto de vista embriológico, el telencéfalo -la más rostral de las vesículas cerebrales- presenta dos protrusiones con cavidades que darán origen a los VL comunicadas con la cavidad del diencéfalo, futuro tercer ventrículo ⁽³⁾. En el 2º trimestre de la gestación, las modificaciones en la forma y tamaño ventricular están relacionadas al rápido crecimiento del parénquima cerebral por migración neuronal desde la matriz germinal, el desarrollo de las fisuras y surcos, el cuerpo calloso, la impronta de los núcleos de la base del cerebro y el tálamo.

OBJETIVO

Describir los cambios morfológicos de los VL durante el segundo trimestre de gestación en fetos mediante resonancia magnética (RM)

MATERIAL Y MÉTODO

Se realizó un estudio descriptivo transversal no probabilístico en 20 fetos productos de abortos espontáneos, 16 masculinos y 4 femeninos, pertenecientes a la colección histórica del Laboratorio de Anatomía del Desarrollo, Facultad de Medicina de la Universidad Nacional del Nordeste. Todos en buen estado de preservación a la observación macroscópica, sin malformaciones, con peso medio de 157 gr (rango 50-430) y una edad gestacional media de 16 semanas (rango 12-20) (tabla 1).

Tabla 1. Edad gestacional y cantidad de especímenes estudiados (n = 20)

Semanas de edad gestacional	número
12	1
13	2
14	3
15	4
16	3
17	1
18	2
19	2
20	2



Para la estimación de las semanas de edad gestacional (SEG) de los especímenes se tomó como referencia las tablas de biometría fetal utilizadas en ecografía (ECO) vigente en la actualidad. Se eligieron dos parámetros, el diámetro biparietal (DBP) y longitud femoral (LF) considerando el percentil 50. Dichas tablas fueron elaboradas por Kurmanavicius J. et al sobre una población de 6557 mujeres gestantes de 16 ciudades de todo el mundo ^(4,5). El DBP se midió en milímetros desde el hueso parietal derecho hasta el contralateral en una imagen axial paralela al plano orbitomeatal y perpendicular al eje fronto-occipital. Para la LF se registró la máxima longitud, en milímetros, entre las metáfisis superior e inferior de uno de los dos fémures. Ambos parámetros se obtuvieron 2 veces y se promediaron. Con las mismas mediciones se procedió a la determinación automática de las SEG en un equipo de ECO (Esaote, MyLab 60) sin encontrar diferencias entre ambas determinaciones.

Los exámenes de RM se realizaron en las instalaciones del Consultorio Radiológico Resistencia SA, en un equipo de 1.5 Tesla (General Electric, modelo Brivo MR 355 1.5 T) con una bobina dedicada de rodilla de 8 canales donde se posicionó el espécimen. Se adquirió una secuencia volumétrica T1 FSPGR (Fast Spoiled Gradiente Echo) con TR=8.7, TE=3.1, ángulo=20°, 2 adquisiciones, campo de visión 160 mm, matriz= 448x224 obteniendo entre 164 y 180 imágenes sagitales de 1 mm, según el tamaño fetal para visualizar toda la anatomía. Las imágenes se procesaron en una estación de trabajo (General Electric Advantage Workstation 4.6) y realizaron reconstrucciones (cortes) en el plano axial, coronal y sagital de la cabeza fetal. Posteriormente se utilizó un algoritmo de representación de volumen (Volume Rendering) con transparencias para la visualización del sistema ventricular en diversas vistas o proyecciones 3D. En las vistas laterales 3D, derecha e izquierda, se registró la forma de cada VL mediante una línea curva central, desde el asta frontal hasta la temporal pasando por el atrio. Además se comparó el diámetro vertical del cuerpo de cada VL en registros coronales e imágenes 3D, en milímetros, con el espesor del parénquima cerebral a nivel frontoparietal (figura 1). Por último se registró el diámetro transverso de cada atrio ventricular, en milímetros y en un corte axial, similar al utilizado en ECO. Los datos se correlacionaron con la SEG.

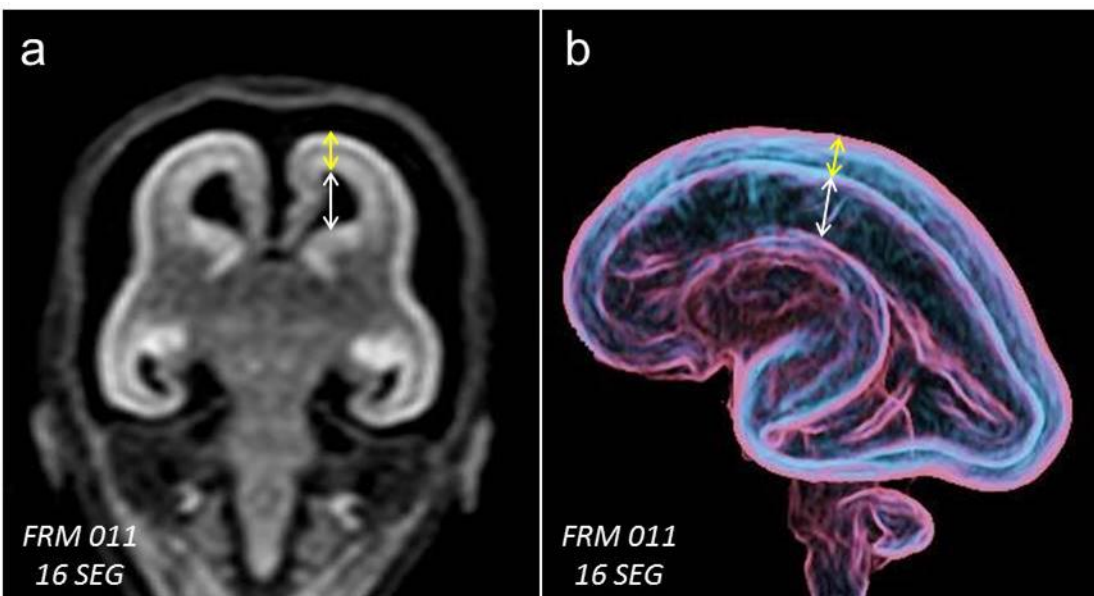




Figura 1. Imágenes de RM de la cabeza fetal. a) Corte coronal y b) Vista lateral 3D con transparencia. Metodología empleada para registrar la variación entre el diámetro vertical del cuerpo del VL (flecha blanca) y el espesor del parénquima cerebral (flecha amarilla)

RESULTADOS

Los VL modificaron su forma progresivamente desde una línea curva esférica similar a una letra C en la 12ª SEG hasta una elíptica con cola a partir de la 16ª y hasta la 20ª SEG por la conformación del asta occipital y atrio adquiriendo un aspecto adulto en la vista lateral (figura 2). El diámetro vertical del cuerpo del VL disminuyó de tamaño, de 4.9 a 3.5 mm entre la 12ª y la 20ª SEG, en comparación con el espesor del parénquima cerebral que mostró un patrón de crecimiento lineal, de 1.7 a 9.8 mm, en el mismo periodo de desarrollo (tabla 2). El diámetro transverso de cada atrio ventricular alcanzó un diámetro promedio de 4.1 mm (rango 2.1-6.2 mm). No se observaron diferencias entre el VL derecho e izquierdo.

Figura 2. Proyecciones laterales 3D de cerebro fetal en RM con transparencias. Observe las modificaciones en la forma de los VL, en relación a la línea central, adquiriendo un aspecto adulto a partir de la 16ª y hasta la 20ª SEG.

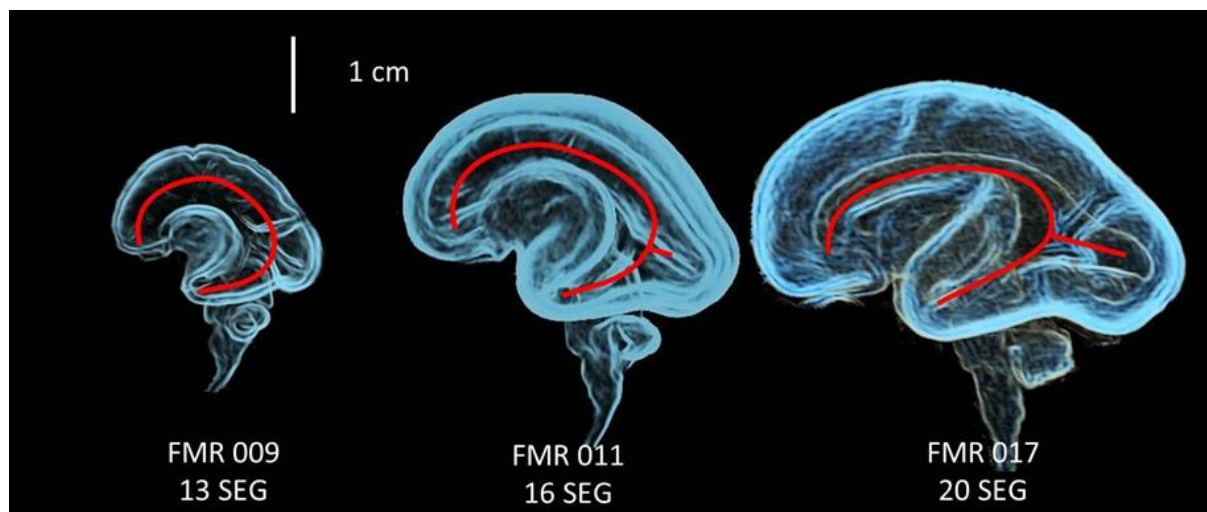
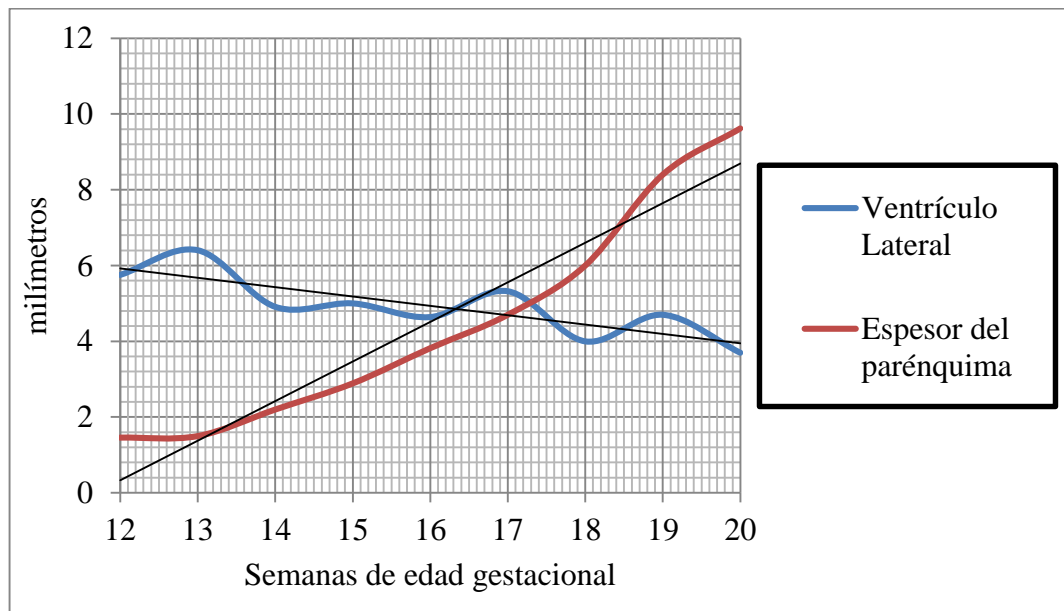


Tabla 2. Variación entre el diámetro vertical de los VL y el espesor del parénquima cerebral desde la 12^a hasta la 20^a SEG.



DISCUSIÓN

Los resultados hallados son acordes a otros trabajos en relación a las modificaciones en la forma y tamaño de los VL durante el segundo trimestre de gestación. Sin embargo, para nuestro conocimiento no hay publicaciones sobre los cambios de tamaño del cuerpo del VL en relación al espesor del parénquima cerebral para su comparación. En estudios realizados con RM en mortinatos se describió que desde la 13^a hasta la 15^a SEG los VL son grandes, rodeados por un manto de parénquima delgado y con aspecto vesicular. En la 17^a SEG el manto cerebral aumenta de espesor, el asta frontal y el cuerpo disminuyen de tamaño pero el atrio permanece grande. Entre la 19^a a la 21^a SEG, con el desarrollo del cuerpo caloso, el cuerno frontal adquiere una configuración adulta y la porción posterior del VL permanece grande con aspecto bicorne ⁽⁶⁾. Los mismos autores mencionan que el volumen de los VL aumenta gradualmente hasta la 23^a SEG, disminuyendo luego hasta la 30^a SEG. Además, el espesor del parénquima cerebral aumenta exponencial después de 15^a SEG generando una relación decreciente de volumen de los VL en comparación con el parénquima cerebral. En nuestra investigación dicho proceso se registró más tempranamente a partir de la 14^a SEG (véase la Tabla 2).

Cuando la RM se utiliza en obstetricia para el estudio del sistema nervioso central (SNC) fetal se puede evaluar la forma del sistema ventricular y las paredes de los VL. El método permite reconocer una ventriculomegalia y detectar anomalías adicionales del SNC ocultas en la ECO hasta el 40% -50% de los casos ^(7,8). En relación directa a nuestra investigación, un estudio describió la reducción del tamaño de los VL a partir de la 23^a SEG mediante la medición transversa del asta frontal ⁽⁹⁾.



El tamaño de los VL de los fetos se evalúa habitualmente con ECO obstétrica, método por imágenes empleado para evaluar la anatomía y salud fetal durante su desarrollo intrauterino. Con la finalidad de identificar una ventriculomegalia se fijaron valores de referencia de normalidad. Para ello se emplea la medición transversa del atrio ventricular en una imagen axial del cerebro fetal. Los valores permanecen estables en el segundo y principio del tercer trimestre de la gestación, con un diámetro medio de 6 a 8 mm, considerando como límite máximo de normalidad < de 10 mm (10-13). En nuestra investigación la medida arrojó un valor medio de 4.1 mm y se halla levemente por debajo de los estándares de normalidad probablemente por la edad de los mortinatos (<20 SEG) o por leve retracción debido a su conservación en formaldehído. Cabe resaltar que la medición intraútero del atrio ventricular fetal por RM puede ser igual a la obtenida por ECO o 1 mm mayor ⁽¹⁴⁻¹⁶⁾.

Los límites de normalidad del diámetro transverso del atrio ventricular antes mencionados son aceptados internacionalmente. Sin embargo, existen algunos trabajos que describen a un grupo de fetos con ventriculomegalia leve aislada (diámetro transverso del atrio entre 10 y 12 mm), sin asociación con otras malformaciones, que pueden ser corresponder a casos bordelinde por variabilidad anatómica ⁽¹³⁾. Para aquellos fetos con valores superiores se sugiere el diagnóstico de ventriculomegalia moderada (>12-15 mm) y severa (>15 mm). Estos últimos dos grupos son generalmente estudiados con RM intraútero con el fin de detectar malformaciones asociadas ^(17, 18).

En relación a la forma de los VL, la delimitación del atrio y sus astas o prolongaciones se observa claramente a las 16 SEG, según un estudio realizado con RM en fetos y reconstrucción volumétrica 3D, en concordancia a nuestros resultados ⁽¹⁹⁾.

Es conveniente resaltar aquí algunas consideraciones y limitaciones en relación a las características de la muestra y los procedimientos instrumentales de la investigación. En primer término, los fetos estudiados se encontraban conservados en formaldehído al 10 % durante un periodo prolongado de tiempo. Aunque otros trabajos indican que no existen diferencias en las imágenes de RM en fetos preservados y recién expulsados, no podemos certificarlo ⁽²⁰⁾. En segundo lugar, no contamos con registros sobre la edad gestacional de los fetos y la causa del aborto espontáneo. Por último, el equipo utilizado de RM presenta una potencia de campo magnético de 1.5 Tesla, a diferencia de trabajos similares realizados con equipos de laboratorio de alto campo magnético, entre 4 y 11 Tesla ^(6, 21, 22). Estos últimos tienen mayor capacidad resolutive para el estudio de pequeñas estructuras anatómicas fetales.

CONCLUSIÓN

Los VL modifican su forma y tamaño progresivamente en el segundo trimestre de gestación. Mientras el diámetro vertical del cuerpo del VL se reduce en éste periodo, su morfología presenta notables cambios y adquiere un aspecto adulto a partir de la 16ª SEG. Además, el diámetro transverso del atrio ventricular permaneció sin grandes modificaciones y con valores dentro de parámetros normales, hecho que permiten descartar malformaciones cerebrales con ventriculomegalia.



AGRADECIMIENTOS

Al Profesor Julio D. Civetta por sus consejos y recomendaciones. Al Consultorio Radiológico Resistencia S.A. quién cedió sus instalaciones para la realización de los exámenes de resonancia magnética. A la Sra. Marita Sarasua, Técnica histotecnóloga, al Médico José Luis Gálvez por su apoyo permanente y a la Sra. Rosario Ruiz, bibliotecaria de la Biblioteca Central UNNE, por facilitarnos el acceso a bibliografía específica.

BIBLIOGRAFÍA

- 1- Sahagún JL, Icardo de la Escalera JM. Anatomía macroscópica del telencéfalo. Ojeda Sahagún JL, Icardo de la Escalera JM. Neuroanatomía Humana. Aspectos funcionales y clínicos. Barcelona, Masson, 2004, p. 60-61.
- 2- Crossman AR, Neary D. Sistema ventricular y líquido cefalorraquídeo. Crossman AR, Neary D. Neuroanatomía. Texto y atlas en color, 3ª edición. Barcelona, Elsevier Masson, 2007, p. 53-57.
- 3- Sadler TW. Central nervous system. Langman's medical embryology, 12th Edition. Baltimore, Lippincott Williams & Wilkins 2012, p. 287-320.
- 4- Kurmanavicius J, Wright EM, Royston P, Wisser J, Huch R, Huch A, Zimmermann R. Fetal ultrasound biometry: 1. Head reference values. Br J Obstet Gynaecol 1999; 106: 126-35.
- 5- Kurmanavicius J, Wright EM, Royston P, Zimmermann R, Huch R, Huch A, Wisser J. Fetal ultrasound biometry: 2. Abdomen and femur length reference values. Br J Obstet Gynaecol 1999; 106: 136-43.
- 6- Kinoshita Y, Okudera T, Tsuru E, Yolota A. Volumetric analysis of the germinal matrix and lateral ventricles performed using MR images of postmortem fetuses. AJNR Am J Neuroradiol 2001; 22: 382-8.
- 7- Glenn OA, Barkovich AJ. Magnetic resonance imaging of the fetal brain and spine: An increasingly important tool in prenatal diagnosis. Part 1. AJNR Am J Neuroradiol 2006; 27: 1604-11.
- 8- Kazan-Tannus JF, Dialani V, Kataoka ML, Chiang G, Feldman HA, Brown JS, Levine D. MR volumetry of Brain and CSF in fetuses referred for ventriculomegaly. AJR 2007; 189: 145-51.
- 9- Lan LM, Yamashita Y, Tang Y, Sugahara T, Takahashi M, Ohba T, Okamura H. Normal fetal brain development: MR imaging with a half-Fourier rapid acquisition with relaxation enhancement sequence. Radiology 2000; 215: 205-10.
- 10- Pilu G, Reece EA, Goldstein I, Hobbins JC, Bovicelli L. Sonographic evaluation of the normal developmental anatomy of the fetal cerebral ventricles: II. The atria. Obstet Gynecol 1989; 73: 250-6.
- 11- Pilu G, Falco P, Gabrielli S, Perolo A, Sandri F, Bovicelli L. The clinical significance of fetal isolated cerebral borderline ventriculomegaly: report of 31 cases and review of the literature. Ultrasound Obstet Gynecol 1999; 14: 320-6.
- 12- The International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology. Sonographic examination of the fetal central nervous system: guidelines for performing the 'basic examination' and the 'fetal neurosonogram'. Ultrasound Obstet Gynecol 2007; 29: 109-16.
- 13- Almog B, Gamzu R, Achiron R, Fainaru O, Zalel Y. Fetal lateral ventricular width: What should be its upper limit? A prospective cohort study and reanalysis of the current and previous data. J Ultrasound Med 2003; 22: 39-43.
- 14- Parkar AP, Olsen ØE, Gjelland K, Kiserud T, Rosendahl K. Common fetal measurements: a comparison between ultrasound and magnetic resonance imaging. Acta Radiol 2010; 51: 85-91.
- 15- Perlman S, Shashar D, Hoffmann C, Yosef OB, Achiron R, Katorza E. Prenatal diagnosis of fetal ventriculomegaly: Agreement between fetal brain ultrasonography and MR imaging. AJNR Am J Neuroradiol 2014; 35: 1214-8.
- 16- Behrendt N, Zaretsky MV, West NA, Galan HL, Crombleholme TM, Meyers ML. Ultrasound versus MRI: is there a difference in measurements of the fetal lateral ventricles? J Matern Fetal Neonatal Med 2017; 30: 298-301.
- 17- Benacerraf BR, Shipp TD, Bromley B, Levine D. What does magnetic resonance imaging add to the prenatal sonographic diagnosis of ventriculomegaly? J Ultrasound Med 2007; 26: 1513-22.
- 18- Pier DB, Levine D, Kataoka ML, Estroff JA, Werdich XQ, Ware J, Beeghly M, Poussaint TY, Du Plessis A, Li Y, Feldman HA. Magnetic resonance volumetric assessments of brains in fetuses with ventriculomegaly correlated to outcomes. J Ultrasound Med 2011; 30: 595-603.



- 19- Taketani K, Yamada S, Uwabe C, Okada T, Togashi K, Takakuwa T. Morphological features and length measurements of fetal lateral ventricles at 16–25 weeks of gestation by magnetic resonance imaging. *Congenital Anomalies* 2015; 55, 99-102.
- 20- Hansen PE, Ballesteros MC, Soila K, Garcia L, Howard JM. MR imaging of the developing human brain. Part 1. Prenatal development. *Radiographics* 1993; 13: 21-36.
- 21- Zhang Z, Hou Z, Lin X, Teng G, Meng H, Zang F et al. Development of the fetal cerebral cortex in the second trimester: Assessment with 7T postmortem MR imaging. *AJNR Am J Neuradiol* 2013; 34: 1462-7.
- 22- Huang H, Xue R, Zhang J, Ren T, Richards LJ, Yarowsky P, Miller MI, Mori S. Anatomical Characterization of human fetal brain development with diffusion tensor magnetic resonance imaging. *J Neurosci* 2009; 29: 4263-73.

Datos de Autor

Título:

Desarrollo de los ventrículos laterales del cerebro durante el segundo trimestre de gestación identificados por resonancia magnética

Autores:

Oviedo, Jorge M.
Ruiz, Matías
Krywinski, Fernando
Staneff, Juan
Guidobono, Juan A.
Forlino, Daniel

Lugar de trabajo:

Cátedra I de Anatomía Humana Normal. Facultad de Medicina. Universidad Nacional del Nordeste. Sargento Cabral 2001, Ciudad de Corrientes, Corrientes (3400). Argentina

Título abreviado: Desarrollo prenatal de los ventrículos laterales

Autor responsable de la correspondencia: danielforlino@gmail.com