



Informe Breve

Explorando la anatomía de los shunts fetales: una descripción detallada

**Schmidt Leonel I, Antoniazzi Pozzer Guido* G, Sandoval Obregón Joaquín,
Zárate Lautaro N, Gorodner Arturo M.**

Cátedra II de Anatomía Humana Normal - Facultad de Medicina – U.N.N.E. - Sargento Cabral 2001 C.P.
(W 3400 BKE) Corrientes. Argentina.

*e-mail de contacto: guidoantoniazzi11@gmail.com
Aires (Argentina)

Fecha de recepción: 16/07/2024
Fecha de aceptación: 25/07/2024

Resumen:

Palabras clave: Anastomosis de Hyrtl, circulación fetal, El desarrollo del corazón y los vasos sanguíneos en los fetos humanos comienza al final de la tercera semana post-fecundación, con la circulación fetal estabilizándose a principios de la cuarta semana. Esta es diferente de la del recién nacido o adulto, caracterizándose por la presencia de varios shunts que dirigen la sangre rica en oxígeno hacia el atrio y ventrículo izquierdo, mientras que la sangre menos oxigenada va al ventrículo derecho, las estructuras fundamentales en este sistema incluyen el Foramen oval, Ductus arterioso, Ductus venoso de Arancio y la Anastomosis de Hyrtl. La sangre de la Vena Cava Inferior proviene de dos fuentes principales: la menos oxigenada del cuerpo fetal y la más oxigenada de la circulación onfaloplacentaria. A continuación, se presenta una descripción anatómica y funcional de las estructuras nombradas anteriormente. ductus arterioso.

ABSTRACT. Heart and blood vessels' development in human fetuses begins at the end of the third week after fertilization, with the fetal circulation stabilizing at the start of the fourth. This kind of circulation is different from the newborn's and adult's ones, characterized by the presence of several shunts that send the oxygen rich blood to the atrium and left ventricle while less oxygenated blood is sent to the right ventricle. The main structures in this system include the Foramen ovale, the Ductus arteriosus, the Ductus venosus of Arancio and the Anastomosis of Hyrtl. The blood from the Inferior Vena Cava comes from two main sources: the less oxygenated of the fetal body and the most oxygenated of the placental omphalo circulation. Next, an anatomical and functional description of the previous named structures will be presented.

Key words: Hyrtl anastomosis, fetal circulation, ductus arteriosus.

RESUMO. O desenvolvimento do coração e dos vasos sanguíneos em fetos humanos começa no final da terceira semana após a fertilização, com a circulação fetal se estabilizando no início da quarta. Esse tipo de circulação é diferente da do recém-nascido e do adulto, caracterizada pela presença de diversos shunts que enviam o sangue rico em oxigênio para o átrio e ventrículo esquerdo enquanto o sangue menos oxigenado é enviado para o ventrículo direito. As principais estruturas deste sistema incluem o Forame oval, o Canal arterial, o Canal venoso de Arancio e a Anastomose de Hyrtl. O sangue da Veia Cava Inferior provém de duas fontes principais: a menos oxigenada do corpo fetal e a mais oxigenada da circulação ônfalo placentária. A seguir será apresentada uma descrição anatômica e funcional das estruturas anteriormente citadas.

Palavras-chave: Anastomose de Hyrtl, circulação fetal, canal arterial.



INTRODUCCION

La circulación fetal es por definición transitoria y muy distinta a la circulación del adulto, se caracteriza, entre otras cosas, por la presencia de diversos shunts arteriales y arteriovenosos que, dicha circulación se mantiene gracias a estos últimos por lo que son fundamentales para la vida intrauterina. Por lo que el objetivo principal es realizar una descripción anatómica de estos shunts y conocer el rol que cumple cada uno.

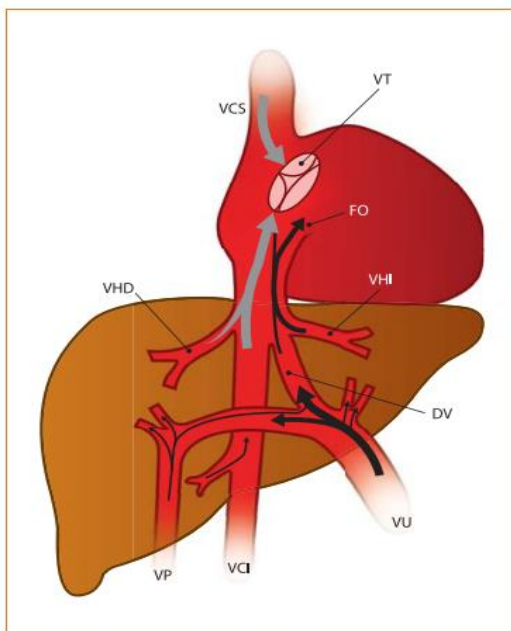
MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo en cuestión se llevó a cabo en las instalaciones de la Cátedra II de Anatomía Humana Normal - Facultad de Medicina – U.N.N.E. Se realizó la disección de especímenes fetales entre 18 y 30 semanas conservados y fijados en formaldehído diluido al 10% con la finalidad de realizar la descripción anatómica de las siguientes estructuras, Foramen Oval, Ductus Arterioso, Ductus Venoso (de Arancio) y Anastomosis de Hyrtl.

RESULTADOS

Antes de iniciar la descripción propiamente dicha de las estructuras anatómicas estudiadas es importante recordar que la Circulación Fetal (**Fig.1**) llega al feto a través de la placenta siendo transportada por la vena umbilical, posteriormente dicha sangre atraviesa el Conducto Venoso de Arancio y las Venas Suprahepáticas anastomosándose con la Vena Cava Inferior (VCI), no sin antes incorporar la sangre poco oxigenada procedente de los miembros inferiores, del tronco y la vena porta y tributarias a ésta. Pese a esto último, la sangre que se encuentra en la VCI posee un alto contenido de oxígeno y nutrientes ingresando así a la Aurícula Derecha que, debido a la posición de la Válvula de Eustaquio y a que el orificio de la VCI se encuentra en frente del Foramen Oval, ingresa directamente a la Aurícula Izquierda, desde la cual se dirige al Ventrículo Izquierdo y de este a la Aorta Ascendente donde una parte se introduce en las Arterias Carótidas y Subclavias, y el resto continúa por la Aorta Descendente a quien se le incorpora la sangre poco oxigenada proveniente del Ductus Arterioso o Conducto de Botal.¹

Figura N°1: Circulación fetal.

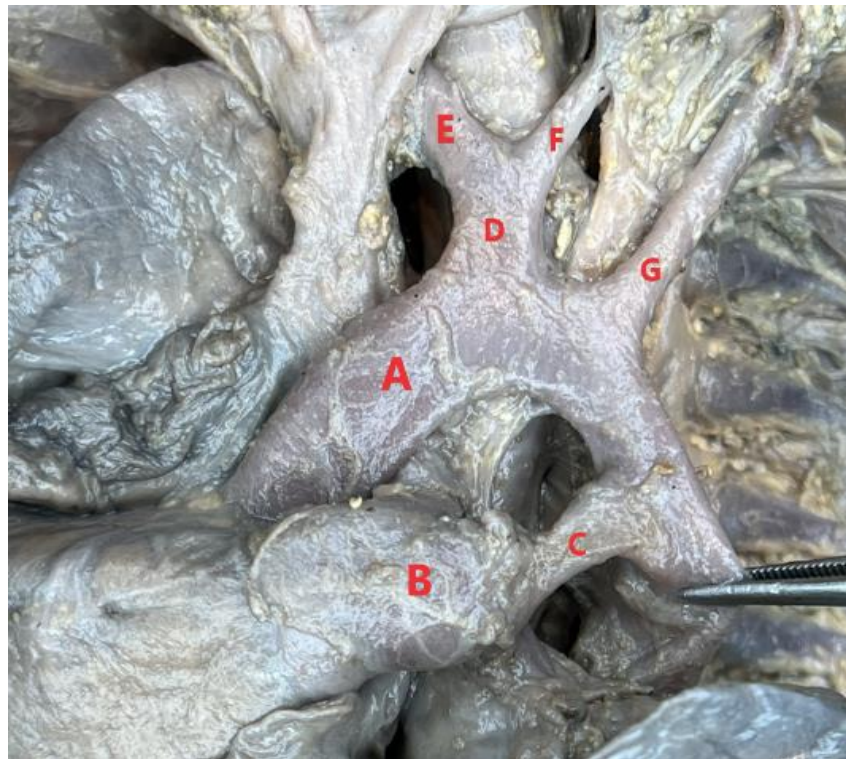


Ref.: DV: Ductus Venoso; FO: Foramen Oval; VCI: Vena Cava Inferior; VCS: Vena Cava Superior; VHD: Vena Hepática Derecha; VHI: Vena Hepática Izquierda; VP: Vena Portal; VT: Válvula Tricúspide; VU: Vena Umbilical. Extraído de Grupo CTO.²



Continuando con la descripción de las estructuras anatómicas mencionadas anteriormente encontramos el Ductus Arterioso, también conocido como Conducto de Botal y el Istmo Aórtico (**Fig.2**), fue descubierto por Leonardo Botallo, cirujano y anatomista italiano del siglo XV. Este conducto conecta la Arteria Pulmonar con la porción descendente de la Aorta Torácica, mientras que el Istmo corresponde a la parte estrechada de la Aorta ubicada entre la Arteria Subclavia Izquierda y el Ductus Arterioso.³⁻⁴ Para destacar, durante la disección del mismo se encontró una variación del Arco Aórtico que corresponde al Tipo 2 de la clasificación de Natsis que no es objeto de estudio.⁵

Figura N°2: Disección del mediastino donde se observa la presencia del Ductus Arterioso o Conducto Arterioso de Botal.

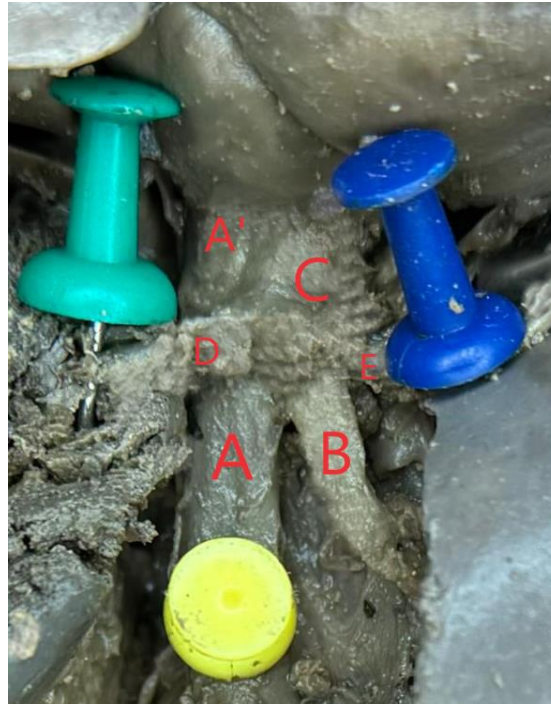


Ref.: **A:** Arco Aórtico; **B:** Arteria Pulmonar; **C:** Ductus Arterioso; **D:** Tronco común para el Tronco Arterial Braquiocefálico y la Carótida Común Izquierda (Natsis 2); **E:** Arteria Subclavia Derecha; **F:** Arteria Carótida Común Derecha; **G:** Arteria Subclavia Izquierda.

El Ductus venoso de Arancio (**Fig.3**), descrito por Giulio Cesare Aranzio, cirujano y anatomista italiano del siglo XVI, es un vaso recto en forma de embudo invertido que se origina en la base del hígado en el seno portal y se adentra en el parénquima hepático hasta drenar en la VCI.⁷ Además, se observa la presencia del Vestíbulo Venoso Subdiafragmático (VVSD) (**Fig.3**), que consiste en una dilatación venosa en forma de embudo ubicada bajo el Diafragma, con afluentes como la VCI, las Venas Suprahepáticas, la Vena Frénica y el Ductus Venoso, y su vaso eferente se dirige a la Aurícula Derecha.⁸



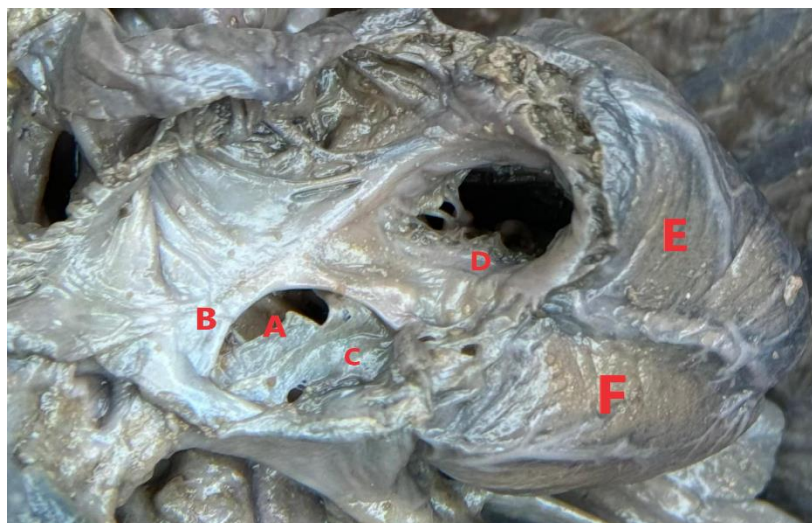
Figura N°3: Disección del parénquima hepático.



Ref.: **A y A':** Vena Cava Inferior; **B:** Ductus venoso de Arancio; **C:** Vestíbulo Venoso Subdiafragmático (VVSD); **D:** Vena Suprahepática Derecha; **E:** Vena Suprahepática Izquierda

El Foramen oval o Agujero de Botal (**Fig.4**), también descrito por Leonardo Botallo, presenta dos tabiques, el Septum Primum y el Septum Secundum, formando un conducto oblicuo entre ambas aurículas, dirigido hacia la parte superior y a través de este la sangre se dirige desde la Aurícula Derecha hacia la Izquierda.³⁻⁴

Figura N°4: Disección de Aurícula Derecha



Ref.: **A:** Foramen Oval. **B:** Septum Secundum; **C:** Septum Primum; **D:** Válvula Tricúspide; **E:** Ventriculo Derecho; **F:** Ventriculo Izquierdo



Por último, la Anastomosis de Hyrtl (**Fig.5**), descubierta por Josef Hyrtl, anatomista austriaco del siglo XIX (1870), constituye la única conexión entre ambas Arterias Umbilicales, tiene forma de H y se encuentra presente en el 95% de los cordones umbilicales en los primeros 1-3 cm de su inserción en la placenta, en nuestra disección el mismo se encontraba en los primeros 2 cm de su inserción.⁸

Figura N°5: Disección de placenta y cordón umbilical. "H" de Hyrtl.



Ref.: A: Vena Umbilical; B y B': Arterias Umbilicales; C: Anastomosis de Hyrtl.

DISCUSIÓN

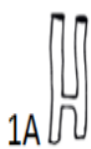





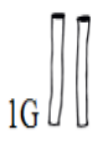
En los fetos humanos el desarrollo del corazón y los vasos sanguíneos primitivos, que serán responsables de la circulación en esta etapa de la vida, comienza al final de la tercera semana tras la fecundación. El bombeo del corazón hacia la circulación fetal se estabiliza al final de la tercera semana o a principios de la cuarta. Estructuralmente, el corazón y la vascularización continúan desarrollándose con la adición de las Aurículas, los tabiques de esta, el tabique interventricular y los vasos sanguíneos en las siguientes semanas, completándose las mayores características estructurales al final de la séptima semana.⁹ Sin embargo, dicha circulación fetal es diferente de la del recién nacido o adulto, ya que es un sistema adaptado exclusivamente para satisfacer las necesidades del feto en desarrollo.

Como mencionamos anteriormente, la circulación fetal se caracteriza por presentar diferentes Shunts o Cortocircuitos que, por su orientación y ubicación, dirigen la sangre con alto contenido en oxígeno hacia la Aurícula y Ventrículo Izquierdo. mientras que la de menor contenido de oxígeno va al Ventrículo Derecho.¹⁰ Las estructuras que participan en el mecanismo de este tipo de circulación son el Foramen Oval, Ductus Arterioso, Ductus Venoso de Arancio y la Anastomosis de Hyrtl donde cada elemento nombrado desempeña un papel crucial en la distribución de sangre rica en oxígeno y nutrientes, asegurando el desarrollo adecuado del feto.



En primer lugar, la sangre de la VCI proviene de dos fuentes principales: la menos oxigenada que viene del cuerpo fetal a través de las Venas Ilíacas, Mesentéricas, Renales, Hepática Derecha y otras similares; y la más oxigenada proveniente de la circulación onfaloplacentaria a través del Ductus Venoso y de la Vena Hepática Izquierda. Esta última, tiende a ir por el centro de la VCI y debido a la orientación de la Válvula de Eustaquio o Válvula Semilunar de la VCI y el Foramen Oval, se dirige principalmente a la Aurícula Izquierda.⁹⁻¹⁰ Por otro lado, en la vida fetal, sólo el 65% de la sangre que llega al corazón pasa al ventrículo derecho, y de ese total, sólo el 13% alcanza el lecho vascular pulmonar (8% de la sangre eyectada por ambos ventrículos). El resto pasa por el Ductus Arterioso (shunt de derecha a izquierda) a la Aorta Descendente; de la cual solo la tercera parte llega al cuerpo fetal y las dos terceras partes restantes llegan a la placenta en busca de nutrientes.¹⁰ En cuanto a la "H" de Hyrtl, que se refiere a la Anastomosis entre las dos Arterias Umbilicales, se han descrito diferentes tipos según su morfología. La encontrada durante nuestra disección corresponde al tipo 1 B (**Tabla 1**).¹¹⁻¹² Su función, principalmente estudiada mediante modelización por computador, indica que regula el flujo y distribución sanguínea a la placenta, hallazgos que coinciden con investigaciones realizadas con sonografía.¹²⁻¹³

Tabla N°1: Comparación de la anastomosis de Hyrtl entre cordones umbilicales de DMG y embarazo normal (se utiliza la prueba de Chi-cuadrado y el valor de P es menor superior a 0,05 es significativo).
Fuente: Seema *et al.* 2011¹¹

Type of Hyrtl's anastomosis	Figure 1.	Number	Percentage
Transverse		23	20.7%
Oblique		14	12.6%
Fenestrated		26	23.4%
Fused		4	3.6%
Anastomoses with branches		41	36.9%
Double anastomoses		1	0.9%
No anastomoses		2	1.8%
Total		111	100%



Es de crucial importancia destacar que este tipo de circulación se encuentra únicamente durante la vida intrauterina y que, con las primeras respiraciones efectivas del recién nacido, la resistencia al flujo sanguíneo pulmonar disminuye drásticamente y el contenido de oxígeno en el corazón izquierdo y la circulación sistémica aumenta rápidamente, superando los niveles de la circulación fetal. Como resultado, cuando el pulmón es insuflado y ventilado con una mezcla gaseosa que lleve a una PaO₂ mayor y a una PaCO₂ menor, se modifican los cortocircuitos debido a caídas en las resistencias vasculares pulmonares y aumento de las sistémicas.⁹⁻¹⁰ El Foramen Oval se oblitera a los pocos minutos de vida por aumento de la presión hidrostática en la Aurícula Izquierda. Mientras que el Ductus Arterioso se mantiene abierto algunas horas después del nacimiento debido a que la resistencia vascular sistémica se torna mayor que la resistencia pulmonar, produciéndose entonces una inversión del Shunt de derecha a izquierda existente in útero, convirtiéndose en Shunt de izquierda a derecha comenzando con su cierre fisiológico a las 4-12 horas de vida extrauterina y se completa alrededor de las veinticuatro horas postnatales mientras que el cierre anatómico del Ductus Arterioso se produce alrededor del tercer mes en el 100% de los recién nacidos sanos.¹⁴

CONCLUSIÓN

El sistema circulatorio fetal tiene una gran complejidad y adaptaciones únicas para mantener el adecuado suministro de oxígeno y nutrientes al feto en crecimiento. La presencia de los shunts vasculares y las diferentes estructuras cumplen un rol fundamental en este tipo de circulación. Sin embargo, es crucial comprender que la misma es temporal y se modifica drásticamente después del nacimiento con las primeras respiraciones del recién nacido y la transición que lleva a la circulación posnatal. Su conocimiento y comprensión es esencial para proporcionar una atención médica neonatal y poder abordar cualquier alteración que pueda surgir durante dicha transición o la persistencia de alguna de las estructuras mencionadas dando origen a las cardiopatías congénitas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Hib J. Embriología Médica. Compañías McGraw-Hill; 2007
2. Carretero Bellón JM, Pérez Pardo AM, Bartrons Casas J. Ecocardiografía fetal. Examen de la anatomía y circulación normal del feto. Madrid, España: CTO Editorial. 2013.
3. Tchirikov M, Schroder H.J, Hecher K. Ductus venosus shunting in the fetal venous circulation: regulatory. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2006; 27: 452-461.
4. Sosa A, Peralta JZ, Chalbaud GG, Zorrilla AB et cols. Anatomía vascular del sistema umbilico-porto-ductual en fetos de 20 a 25 semanas de gestación. *Rev Obstet Ginecol Venez* 2004; 64: 69-76.
5. Natsis K, Tsitouridis I, Didagelos M, Fillipidis A, Vlasis K, Tsikaras P. Anatomical variations in the branches of the human aortic arch in 633 angiographies: clinical significance and literature review. *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2008;31(5):319-323.
6. Mavrides E, Moscoso G, Carvalho JS, Cambell S, Thilaganathan B. The anatomy of the umbilical, portal and hepatic venous systems in the human fetus at 14-19 weeks of gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2001; 18: 562-3.
7. Huisman TW, Gittenberger-de Groot AC, Wladimiroff JW. Recognition of a fetal subdiaphragmatic venous vestibulum essential for fetal venous Doppler assessment. *Pediatr Res*. 1992; 32: 338-41.
8. Raio L, Ghezzi F, Di Naro E, Franchi M, Bruhwiler H. Prenatal assessment of the Hyrtl anastomosis and evaluation of his function. *Human Repr* 1999; 14: 1890-93.
9. García Moro P. Circulación Fetal. Vol. 10. Cuadernos del Tomas; 2018. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/498661>
10. Baquero Latorre HM, Galindo Lopez JH. Respiración y Circulación Fetal y Neonatal. Fenómenos de Adaptabilidad. *Sociedad Colombiana de Pediatría*. 2015;1:5-15.
11. Seema VE, Ramakrishan RK, Chitra S, Senthil KS, Sruthi MV, Akshara VR, et al. Morphological study of Hyrtl's anastomosis in gestational diabetes mellitus and its relation to umbilical cord insertion. *Biomedical Research*. 2018;29(ISSN 0970-938X):3669-73.



12. Salazar Liliana, Gómez Mara S, Muñoz Yhoiss S, Pustovrh María Carolina. Influencia de la Anastomosis de las Arterias Umbilicales (Hyrtl's) en la Morfometría y Eficiencia Placentaria. *Int. J. Morphol.* [Internet]. 2022 Dic [citado 2024 Jun 04] ; 40(6): 1530-1535. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022022000601530&lng=es. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022022000601530>.
13. Mottet N, Chaussy Y, Arbez-Gindre F, Riethmuller D. Fisiología y patologías del cordón umbilical. *EMC - Ginecología-Obstetricia* [Internet]. 2017 Dec 1;53(4):1-12. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1283081X17868879>.
14. Ruoti Cosp Miguel. Evaluación ecográfica del ductus venoso fetal y sus aplicaciones Clínicas en la Obstetricia actual. *An. Fac. Cienc. Méd. (Asunción)* [Internet]. 2018 Dic [citado 2024 Jun 04] ; 51(3): 99-112. Disponible en: http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1816-89492018000300099&lng=es. [https://doi.org/10.18004/anales/2018.051\(03\)99-112](https://doi.org/10.18004/anales/2018.051(03)99-112).

Es de crucial importancia destacar que este tipo de circulación se encuentra únicamente durante la vida intrauterina y que, con las primeras respiraciones efectivas del recién nacido, la resistencia al flujo sanguíneo pulmonar disminuye drásticamente y el contenido de oxígeno en el corazón izquierdo y la circulación sistémica aumenta rápidamente, superando los niveles de la circulación fetal. Como resultado, cuando el pulmón es insuflado y ventilado con una mezcla gaseosa que lleve a una PaO₂ mayor y a una PaCO₂ menor, se modifican los cortocircuitos debido a caídas en las resistencias vasculares pulmonares y aumento de las sistémicas.⁹⁻¹⁰ El Foramen Oval se oblitera a los pocos minutos de vida por aumento de la presión hidrostática en la Aurícula Izquierda. Mientras que el Ductus Arterioso se mantiene abierto algunas horas después del nacimiento debido a que la resistencia vascular sistémica se torna mayor que la resistencia pulmonar, produciéndose entonces una inversión del Shunt de derecha a izquierda existente in útero, convirtiéndose en Shunt de izquierda a derecha comenzando con su cierre fisiológico a las 4-12 horas de vida extrauterina y se completa alrededor de las veinticuatro horas postnatales mientras que el cierre anatómico del Ductus Arterioso se produce alrededor del tercer mes en el 100% de los recién nacidos sanos.¹⁴



CONCLUSIÓN

El sistema circulatorio fetal tiene una gran complejidad y adaptaciones únicas para mantener el adecuado suministro de oxígeno y nutrientes al feto en crecimiento. La presencia de los shunts vasculares y las diferentes estructuras cumplen un rol fundamental en este tipo de circulación. Sin embargo, es crucial comprender que la misma es temporal y se modifica drásticamente después del nacimiento con las primeras respiraciones del recién nacido y la transición que lleva a la circulación posnatal. Su conocimiento y comprensión es esencial para proporcionar una atención médica neonatal y poder abordar cualquier alteración que pueda surgir durante dicha transición o la persistencia de alguna de las estructuras mencionadas dando origen a las cardiopatías congénitas.