

## El sistema circulatorio del feto en los últimos meses del embarazo y en los primeros de su vida extrauterina

POR EL

**Dr. Bernardo E. Bas**

El sistema circulatorio del niño después del nacimiento difiere considerablemente de los sistemas circulatorios del embrión y del feto.

Hasta la fijación del huevo en la mucosa uterina, éste se nutre de los líquidos que lo rodean. Luego el embrión toma sus materiales nutritivos de la vesícula umbilical o vitelina, pero como la cantidad de productos que ésta contiene es muy escasa, se origina una nueva circulación, que anexándolo al organismo materno lo pone en simbiosis con éste, que le suministra los líquidos y gases necesarios para su desarrollo, ésta es la circulación corial o placentaria. Al nacer el niño, desvinculado del organismo materno, para que subsista, es necesario que nuevas modificaciones se produzcan en su aparato cardio-vascular, ya que órganos que permanecían inactivos como los pulmones y el aparato gastro-intestinal, entran en actividad funcional.

Me referiré solamente a dos de las modificaciones que experimenta el aparato cardio-vascular del feto en los últimos meses del embarazo y en los primeros de su vida extrauterina: desaparición o persistencia del agujero de Botal y del Conducto Arterio-Venoso o Conducto de Botal, por tener un rol preponderante en el normal desarrollo del nuevo ser.

## CONDUCTO DE BOTAL

En el embrión entre la porción ascendente y descendente de las aortas, se establecen una serie de anastomosis llamadas arcos arteriales, que recorren cada una de ellas un arco branquial. Estos arcos arteriales en número de seis, desaparecen o persisten sea en totalidad o en parte. El primero, segundo y quinto arcos desaparecen; el tercer arco da origen a la porción inicial de las carótidas internas; el cuarto origina en al lado izquierdo la porción horizontal del cayado aórtico y en el derecho la porción inicial de la subclavia; del sexto arco se origina, a la izquierda, el conducto de Botal que une la arteria pulmonar a la aorta; a la derecha este arco da origen, en su mitad interna, a la arteria pulmonar derecha, mientras que su mitad externa desaparece.

## AGUJERO DE BOTAL

En el interior de la aurícula primitiva se forma aproximadamente en la tercera semana (Werner Hueck) o en la cuarta (G. Dubreuil), una lámina saliente o pliegue falciforme, el septum superius de Hiss, que partiendo de la pared superior de la aurícula en el plano mediano, se dirige hacia abajo y hacia adelante para unirse a la pared ventral de la aurícula y a nivel del canal auricular al septum intermedio, pero como en esta última parte la soldadura no es total, queda un pequeño orificio, el ostium primum de Born, forámen primario o subseptal. Posteriormente, al seguir creciendo el tabique interauricular, este orificio desaparece, pero antes de que así suceda, la porción mediana del septum superius se reabsorbe y perfora comunicándose las aurículas por un nuevo orificio, el agujero oval o de Botal, llamado también agujero secundario o agujero oval primario. El agujero de Botal se cierra generalmente después del nacimiento, pero a veces durante los últimos meses de la vida intrauterina, por un mecanismo sobre el cual no existe un completo acuerdo. Mientras que algunos sostienen que el borde pósteroinferior del agujero continúa creciendo (Septum Secundum), y que impulsado hacia la izquierda por la corriente

sanguínea que proviene de la vena cava inferior se une no al borde ántero-superior del agujero sino a la cara izquierda del septum primum y lo obtura; otros (Hueck), dicen que hacia la derecha del septum primum aparece un pliegue anular (Septum Secundum) que creciendo hacia abajo va estrechando cada vez más el agujero hasta cerrarlo totalmente.

a) Experiencias realizadas: Inyectando un líquido coloreado por la vena cava inferior, practicando previamente una ventana en el ventrículo derecho y otra en el ventrículo izquierdo y cerrando ambas con láminas de celuloide transparente suturadas al miocardio, observamos que el líquido inyectado aparece primero en el ventrículo derecho (fot. 1 a) y pocos instantes después en el ventrículo izquierdo (fot. 1 b).



FOTOGRAFIA N.º 1 (a). — Inyección por vena cava inferior



FOTOGRAFIA N.º 1 (b). — Inyección por vena cava inferior

Si efectuamos la inyección por una cánula colocada en la vena cava superior, sucede lo mismo, es decir, que primero pasa el líquido al ventrículo derecho y luego al izquierdo.

b) Si colocamos un tubo del aparato de tensión venosa en la aorta antes del nacimiento de sus ramas, otro en la pulmonar antes de su división e inyectamos agua por una cánula colocada en la vena cava inferior, notaremos que es necesaria una diferencia de 3 cm. de agua entre los niveles de los tubos, para que aparezca y se mantenga la circulación de líquido de aurícula derecha a aurícula izquierda por el agujero de Botal (fig. 1).

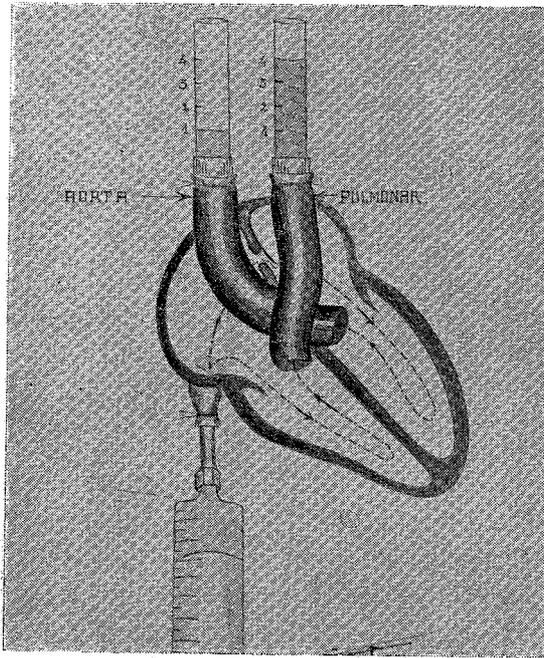


FIGURA N° 1

(En estos casos, en el estudio del estado del agujero de Botal hecho posteriormente a las pruebas, encontramos orificio con diámetros inferiores a 2 mm. u orificios totalmente cerrados por el septum, pero parcialmente adheridos a su contorno, lo que permite que una corriente líquida dirigida de la aurícula derecha a la iz-

quiera desplace al septum estableciéndose una comunicación intersuricular).

c) Examen de las autopsias practicadas. — De estudios de las autopsias practicadas en número de 23 en los niños recién nacidos a término, muertos en el parto; hemos encontrado:

- Agujeros de Botal abiertos: 10.
- Agujeros de Botal cerrados: 3.
- Conducto de Botal abiertos: 13.
- Conducto de Botal cerrados: 0.
- En fetos a término que han vivido:
  - Agujero de Botal abiertos: 2.
  - Agujero de Botal cerrados: 0.
  - Conducto de Botal abiertos: 1.
  - Conducto de Botal cerrados: 1.
- En fetos prematuros que han vivido:
  - Agujero de Botal abiertos: 7.
  - Agujeros de Botal cerrados: 0.
  - Conductos de Botal abiertos: 6.
  - Conductos de Botal cerrados: 1.
- En fetos prematuros nacidos muertos:
  - Agujero de Botal abiertos: 1.
  - Agujero de Botal cerrados: 0.
  - Conducto de Botal abiertos: 1.
  - Conducto de Botal cerrados: 0.
  - Cierre simultáneo de agujero y conducto: 0.

d) En radiografías practicadas simultáneamente a la inyección de sustancias opacas observamos que al inyectar el líquido, ya sea por cava superior o inferior, éste pasa primero a la aurícula derecha y luego a la izquierda por el agujero de Botal, como lo comprueba las figuras 2 y 3 tomadas de dichas radiografías.

Ante todo notamos que no existe ningún caso de cierre simultáneo de Agujero de Botal y Conducto, ni aún en niños que han vivido hasta meses. Indudablemente lo que no existe después del nacimiento es el cierre anatómico, pero sí existe un cierre funcio-

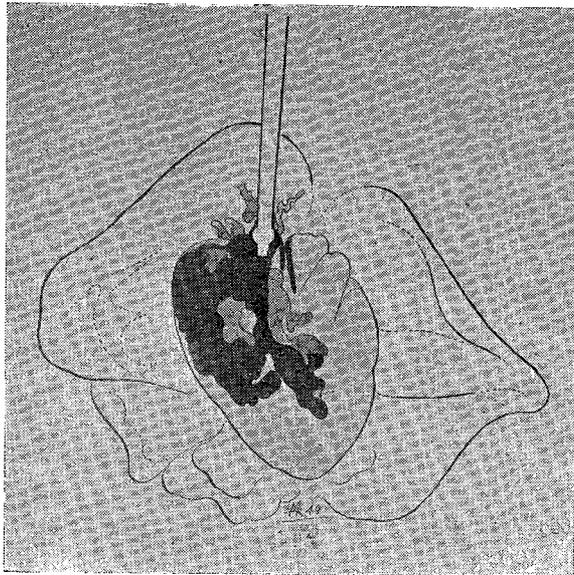


FIGURA N°. 2

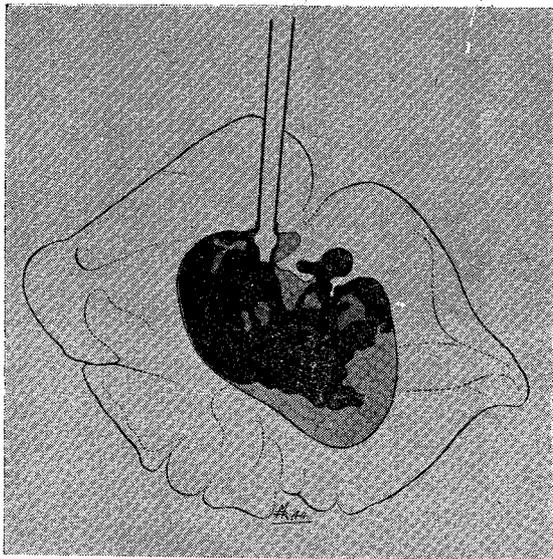


FIGURA N°. 3

nal, como lo demuestran las experiencias realizadas con el tubo de presión venosa, pues la sangre no pasará de la aurícula derecha a la izquierda por el Agujero de Botal a no ser que tenga en la primera una tensión de 3 cm. de agua mayor que en la segunda.

Lo que encontramos, sí, con relativa frecuencia, es el cierre aislado y prematuro, ya sea del agujero o del conducto. Examinando los esquemas Nros. 4, 5 y 6, observaremos la influencia que sobre la hematosis de los diversos órganos fetales tiene este cierre prematuro de la comunicación interauricular, o del agujero de Botal.

En el primero de ellos (fig. 4), tenemos un corazón en el que

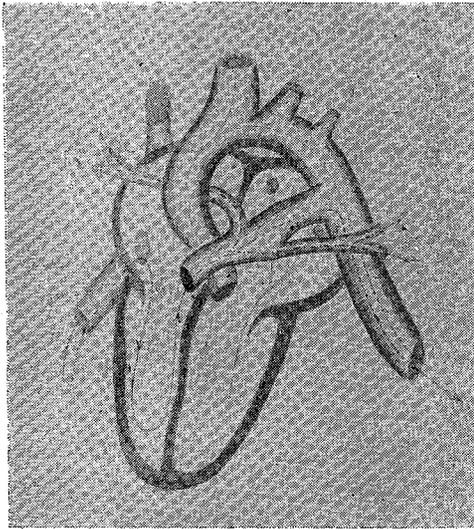


FIGURA N° 4

hemos simulado un agujero de Botal cerrado; la sangre que llega al corazón por la vena cava inferior tiene una cierta proporción de sangre venosa, la que procede de la mitad inferior del cuerpo; al llegar a la aurícula, la proporción de sangre venosa aumenta al recibir ésta la que por la vena cava superior llega de la mitad su-

perior del cuerpo; normalmente, cuando el agujero de Botal está abierto (fig. 5), una cierta cantidad de sangre pasa por éste a la aurícula izquierda y por el orificio de la mitral al ventrículo izquierdo y luego a la aorta. Estando impermeable este orificio, la única sangre que llega a la aorta es la que procede de la pulmonar, como sucede en la vida extra-uterina. Forzosamente, al estar im-

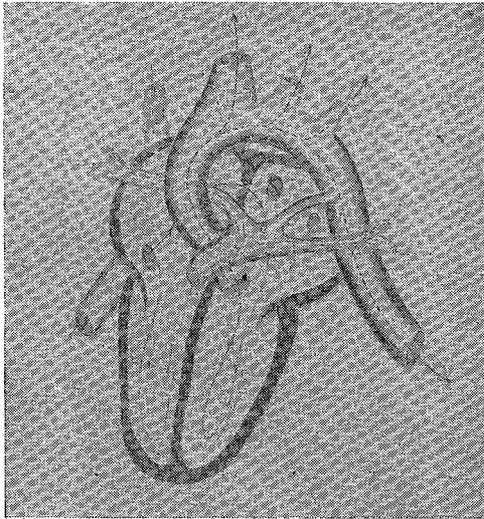


FIGURA N° 5

permeable el tabique interauricular, ha de ser mayor la cantidad de sangre que circule por los vasos pulmonares, que ordinariamente.

En el segundo caso —cierre prematuro del conducto de Botal (fig. 6)—, las consecuencias para la circulación fetal son análogas al caso anterior, pues tanto el agujero de Botal como el conducto tienen una misma función: realizar un corto circuito de la pequeña circulación, pues el conducto lleva una parte de la sangre que proveniente del ventrículo derecho penetró en la arteria pulmonar y que no siendo necesario pase por los pulmones, es llevada a la aorta por el conducto.

Existe una diferencia en la proporción sangre arterial-sangre venosa, en la porción ascendente y horizontal del cayado de la aorta, y por lo tanto en los vasos que de ella nacen, cuando está cerrado el agujero o cuando es el conducto el ocluido, siendo más rica en sangre oxigenada la que se encuentra en la aorta que pertenece a un corazón con agujero de Botal abierto y conducto cerrado que cuando sucede a la inversa.

En lo que se refiere al diferente destino de la sangre procedente de la vena cava superior y de la inferior, descripta clásicamente como pasando la primera al ventrículo derecho y la segunda

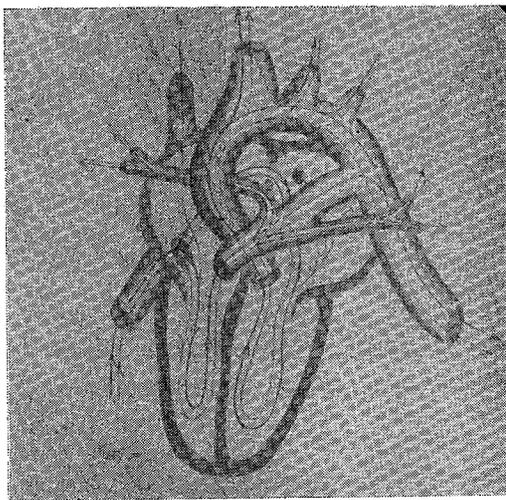


FIGURA N° 6

a la aurícula izquierda por el agujero de Botal, no lo hemos encontrado así en nuestras experiencias. Inyectando líquidos espesos coloreados y difícilmente miscibles, uno de rojo y otro de azul, por la cava superior e inferior respectivamente, encontramos luego tanto en uno como en otro ventrículo, ambos colores; así también lo

comprobamos en las experiencias (fotos a I y II-a y b), donde por cualquiera que sea la vena cava que se inyecta aparece primero el líquido del ventrículo derecho y luego en el izquierdo.

Indudablemente que en las edades más tempranas o cuando persiste muy desarrollada la válvula de Eustaquio, ésta tiende a



FOTOGRAFIA N° 2 (a). — Cánula cava superior. Ventrículo derecho



FOTOGRAFIA N° 2 (b). — Cánula cava superior. Aurícula izquierda

dirigir una parte de la sangre procedente de la cava inferior hacia el agujero de Botal

No creemos, pues, que el objeto del agujero de Botal sea llevar la sangre más oxigenada procedente de la cava inferior al origen de la aorta, sino, como hemos dicho anteriormente, el de establecer un corto circuito que evite la circulación pulmonar, funcionando ya sea simultáneamente con el conducto o supliéndose mutuamente.

Estudiando las modificaciones que experimenta la circulación del feto después del parto, observamos introduciendo una aguja del aparato de presión venosa en la vena umbilical, que la presión

es de 14 cm. de agua bajando a 0 al poco tiempo, siempre que el niño respire bien.

### OBSERVACIONES

Hijo de María Teresa Flores de Ocampo, luego de la primera inspiración deficiente: tensión de la vena umbilical: 4-5 a los tres minutos y medio dejó de latir el cordón; tensión venosa 0.

MN Parto a término circular de cordón, después de una inspiración; tensión en vena umbilical: 13,5, el cordón sigue latiendo; a los dos minutos T 6/2; a los tres minutos, T. 0.

MN Parto a término. Tensión venosa, al minuto de respirar 14 7.

1) Hijo de Salomé Correa de Marquifare. B. C. 1189.

Feto a término. Nacido muerto por hemorragia cerebral. *Agujero de Botal permeable por un orificio de unos "2 mm." de diámetro. Conducto de Botal permeable:* la superficie interna del conducto en la parte próxima a la arteria pulmonar presenta una coloración violácea y un aspecto despulido ligeramente granuloso cuya intensidad es máxima en el límite con la pulmonar, en donde existe una separación bien neta con el aspecto y colorido de este vaso; no sucede lo mismo hacia el lado de la aorta, a medida que nos aproximamos a este vaso la coloración violácea y el aspecto despulido se van atenuando gradualmente hasta desaparecer.

2) Juan Carlos Ludueña.

Feto prematuro de 6 y  $\frac{1}{2}$  meses. Nacido muerto. *Agujero de Botal permeable. Conducto de Botal permeable,* con zona despulida y granulosa con iguales características que el caso 1.

3) Carlos Alcides Sassi. B. C. 859.

Feto a término; vivió 22 días. Fallece por bronconeumonía. *Agujero de Botal permeable* por un orificio de 1 mm. de diámetro.

*Conducto de Botal permeable* por un orificio de menos de 1 mm. Aunque por su parte externa el conducto presenta una forma cilíndrica, su cavidad es infundibuliforme con su orificio más pequeño a nivel del límite con la pulmonar, y con el mayor en su desembocadura en la aorta.

4) Domingo González.

Prematuro. Vivió 21 días. Fallece por bronconeumonía. *Agujero de Botal permeable por un pequeño orificio* de  $1\frac{1}{2}$  mm. de diámetro. *Conducto de Botal cerrado* por un pequeño tabique, delgado, que lo separa de la pulmonar; el resto del conducto conserva una luz de apenas 1 y  $\frac{1}{2}$  mm. y comunica con la aorta. La superficie interna despulida y mamelonada, el diámetro externo es apenas la mitad del de la pulmonar y sus paredes se encuentran muy engrosadas.

5) Lucio Rogelio Astudillo. B. C. 2391.

Feto a término; vivió 7 meses. Fallece por bronconeumonía. *Agujero de Botal*, el septum secundum ocluye totalmente el agujero, pero no está soldado a todo su contorno, quedando en su posición más anterior una pequeña parte sin soldar, pero como el septum sobrepasa hacia adelante el límite del orificio, sólo cuando se presiona sobre él de derecha a izquierda, se separa del contorno orificial la parte no soldada, dejando un pequeño conducto de 1 mm. de diámetro (fig. ). *Conducto de Botal cerrado*, de igual modo que en el caso 4.

6) Hijo de Josefina Alvarez de Medrano. B. C. 1131.

Feto a término. Nacido muerto por hemorragia cerebral. *Agujero de Botal permeable* por un orificio de unos 2 mm. de diámetro. *Conducto de Botal permeable*, de superficie interna ligeramente despulida, presenta una coloración semejante a la de la aorta y pulmonar.

7) Hijo de María Romero.

Prematuro de 6 meses. Vivió 3 horas. *Agujero de Botal permea-*

*ble. Conducto de Botal permeable*, de superficie interna lisa y colorido igual al de la aorta y pulmonar.

8) N. N. Feto a término. Nacido muerto. *Agujero de Botal permeable* por un orificio de unos 2 mm. de diámetro. *Conducto de Botal permeable*, superficie interna despulido y gránulos.

9) Hijo de Carmen Romero. B. C. 958.

Feto a término. Nacido muerto por hemorragia cerebral. *Agujero de Botal* con el tercio antero-superior abierto. *Conducto de Botal permeable*, con un calibre de 1 mm. y medio; la superficie interna despulida y granulosa y de color rojo violáceo.

10) Hijo de Guillermina Moreno de Gómez. B. C. 956.

Feto a término. Nacido muerto por hemorragia cerebral. *Agujero de Botal completamente cerrado. Conducto de Botal permeable*, superficie interna como el caso anterior.

11) Hijo de Jerónima Brandán. B. C. 766.

Feto a término. Nacido muerto por hemorragia cerebral. *Agujero de Botal abierto* en su parte antero-superior con un orificio de 3 mm. *Conducto de Botal permeable*, con su diámetro muy reducido, superficie interna despulida y granulosa.

12) Hijo de Sara Aumazza de Gatti. Ficha 341, Libro 72.

Feto a término. Nacido muerto por hemorragia cerebral. *Agujero de Botal permeable por un orificio* de 1 mm. de diámetro. *Conducto de Botal permeable*, de paredes muy engrosadas, de calibre reducido y de superficie interna como en el caso anterior.

13) N. N. Feto a término. Nacido muerto, por despegamiento del parietal temporal y occipital por trauma obstétrico. *Agujero de Botal permeable* por un orificio de 1 mm. *Conducto de Botal permeable*, características como en el caso 11.

14) Hijo de María P. de Saccone. B. C. 1094.

Feto a término. Nacido muerto por hemorragia cerebral. *Agu-*

*ejro de Botal permeable*, quedando un orificio igual a la mitad del agujero. *Conducto de Botal permeable*, superficie interna despulida y granulosa, paredes engrozadas, calibre reducido.

15) Hijo de Rosario Goroy de Albornoz. B. C. 1072.

Feto a término. Nacido muerto por hemorragia cerebral. *Agujero de Botal cerrado*. *Conducto de Botal permeable*, de superficie interna despulida y granulosa y demás características como en el caso 11.

16) Delia Tello.

Prematura. Vivió 14 días. Muerte por bronconeumonía. *Agujero de Botal ampliamente abierto*. *Conducto de Botal permeable*, de superficie interna lisa y pulida, pero de paredes engrozadas y con su diámetro mucho menor que el de la arteria pulmonar.

17) Hijo de Elvira Paredes de Sassi. B. C. 767.

Feto a término. Muerte por precidencia de cordón, embriotomía. *Agujero de Botal permeable* por un pequeño orificio de 1 mm. de diámetro. *Conducto de Botal permeable*, de superficie interna despulida y granulosa, de paredes engrozadas y de calibre reducido.

18) Hijo de Rosa de Dilaccio. B. C. 660.

Feto a término. Nacido muerto por hemorragia cerebral. *Agujero de Botal completamente cerrado*. *Conducto de Botal permeable*, de paredes engrozadas, de superficie interna despulida y granulosa y de calibre reducido.

19) Ramón Orlando Clorine. B. C. 847.

Prematura. Vivió una hora. *Agujero de Botal tabicado hasta la mitad* por el septum. *Conducto de Botal permeable*, superficie ligeramente despulida, calibre reducido.

20) Luis Pedro Cuello. B.C. 1824.

Prematuro de seis meses. Vivió cinco días. *Agujero de Botal* como en el caso 5. *El Conducto de Botal* tiene su diámetro externo

igual a la mitad del diámetro de la pulmonar, su calibre es de apenas 1 mm., la superficie interna despulida y granulosa.

21) Hijo de Petrona Moyano Díaz.

Feto a término. Nacido muerto por ruptura de útero. *Agujero de Botal permeable*, por un pequeño orificio de  $\frac{1}{2}$  mm. de diámetro. *Conducto de Botal permeable*, superficie interna despulida y granulosa, calibre reducido, paredes engrosadas.

22) N. N. Hijo de Juana Hermosilla.

Acráneo, nace vivo y fallece a los 10 minutos. *Conducto de Botal permeable*, de superficie interna muy despulida y rugosa, su diámetro es de unos 2 mm. *Agujero de Botal permeable*, por un orificio de 1 y  $\frac{1}{2}$  mm.

23) N. N. Prematura de 6 meses. Vivió 7 días.

*Agujero de Botal permeable*, como en el caso 5. *Conducto de Botal* de superficie interna despulida y granulosa, el calibre es de 1 mm. de diámetro.