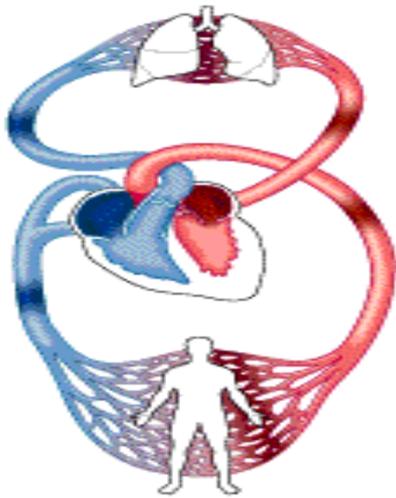


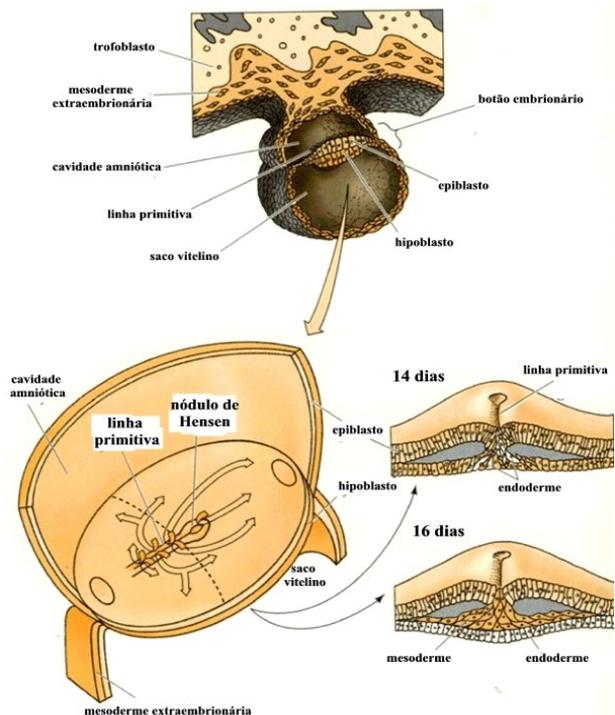
SISTEMA CARDIOVASCULAR



Constituye el primer sistema importante en funcionar en el embrión. El corazón y el aparato vascular primitivos aparecen a mediados de la tercera semana del desarrollo embrionario. El corazón empieza a funcionar a principios de la cuarta semana. Este desarrollo cardíaco precoz es necesario porque el embrión que crece rápidamente no puede satisfacer sus requerimientos nutritivos y de oxígeno únicamente por difusión. Por consiguiente es preciso un método eficiente de adquisición de oxígeno y nutrientes a partir de la sangre materna y de eliminación de dióxido de carbono y los productos de deshecho.

ESTABLECIMIENTO DEL CAMPO CARDIOGENICO

Las células cardíacas progenitoras se encuentran en el Epiblasto, inmediatamente laterales a la línea primitiva. Desde ahí migran a través de la línea primitiva. Las que migran en primer lugar son las células destinadas a formar los segmentos craneales del corazón y el tracto de salida, y luego lo hacen en orden sucesivo las células que forman las porciones más caudales, el ventrículo izquierdo, el ventrículo derecho y el seno venoso respectivamente. Las células avanzan en dirección craneal y se disponen rostralmente a la membrana bucofaringea y a los pliegues neurales. Aquí se sitúan debajo de la hoja esplacnica de la lámina del mesodermo lateral. En este período, en el estadio presomita del desarrollo, el endodermo faríngeo subyacente las induce a formar mioblastos cardíacos. los islotes sanguíneos también aparecen en este mesodermo, donde darán origen a células y vasos sanguíneos por el proceso de vasculogénesis.

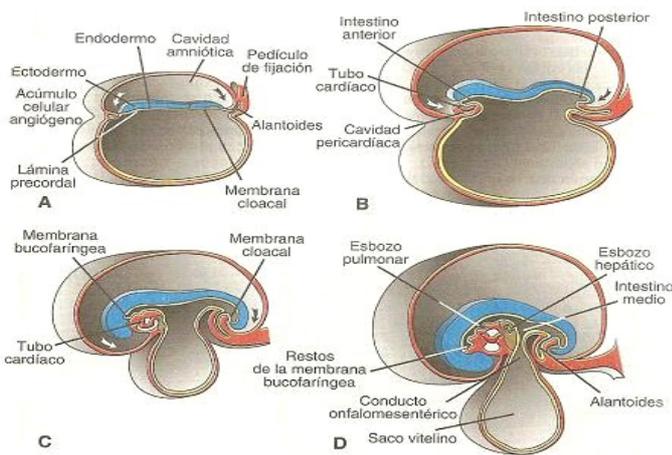
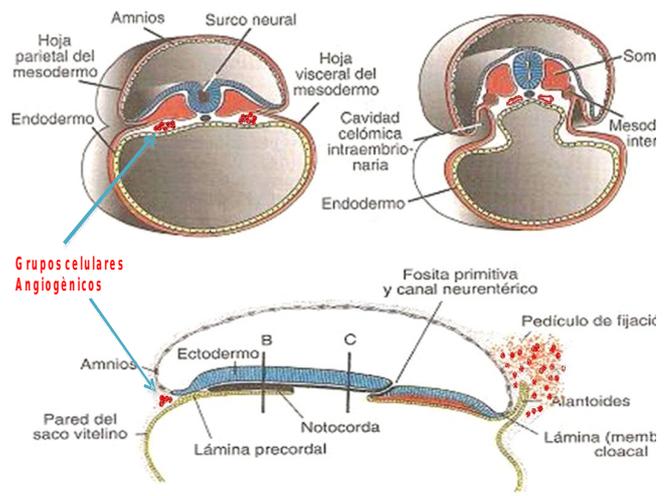


Con el tiempo los islotes se unen y constituyen un tubo revestido de endotelio rodeado por mioblastos con **forma de herradura**. Esta región se conoce como **campo cardiogénico**; la cavidad intraembrionaria situada por encima formara después la **cavidad pericárdica**.

Además de la región cardiogénica, aparecen a ambos lados otros islotes sanguíneos, que se disponen paralelamente y próximos a la línea media del campo embrionario. Estos islotes forman un par de vasos longitudinales, las **aortas dorsales**.

FORMACIÓN Y POSICIÓN DEL TUBO CARDIACO

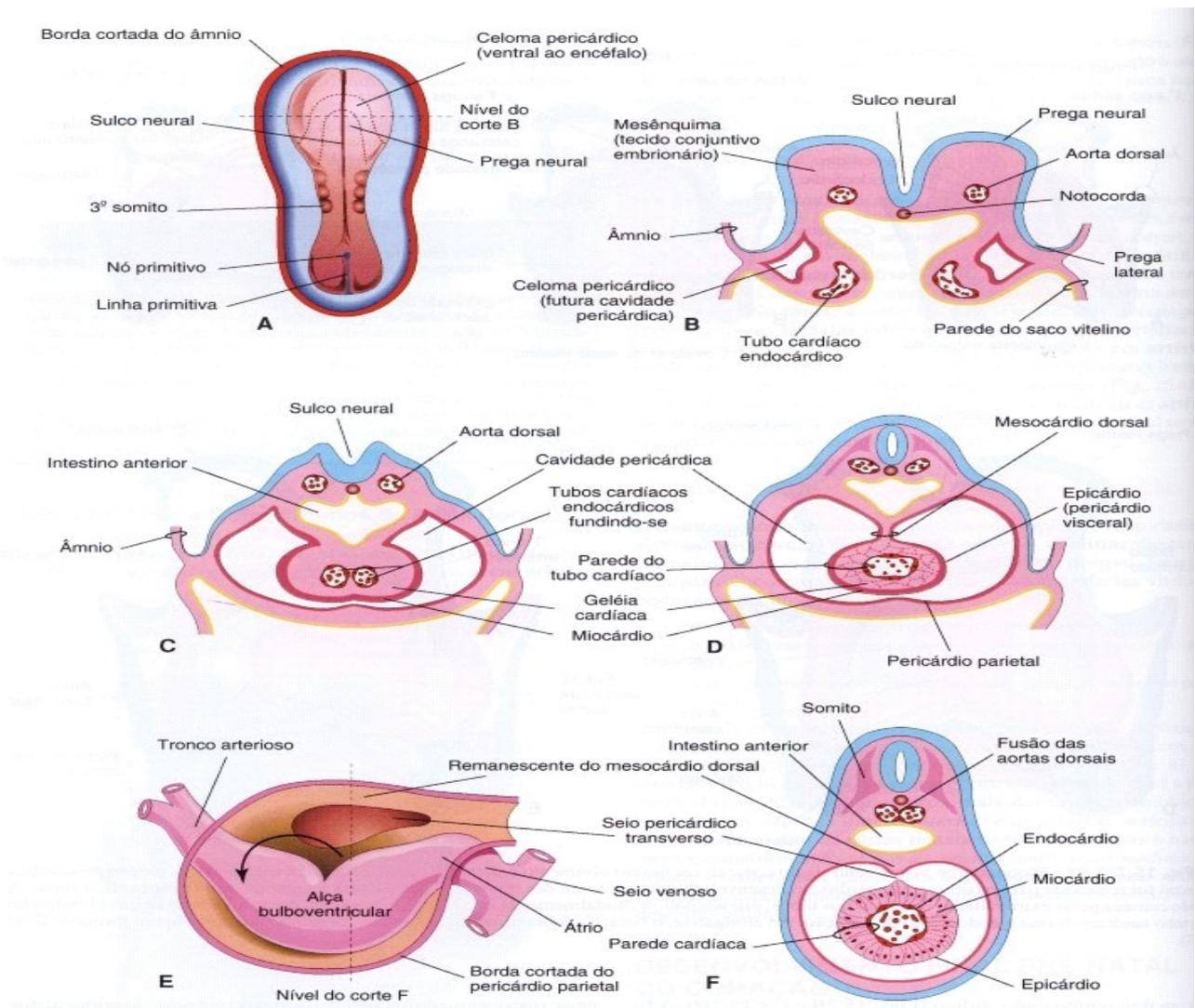
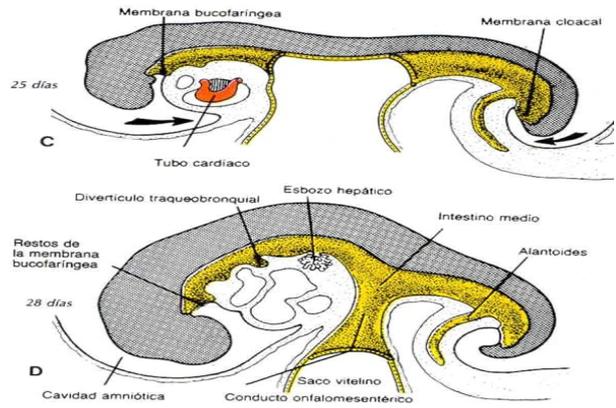
Inicialmente, la porción central del área cardiogénica esta situada por delante de la membrana bucofaringea y de la placa neural. Sin embargo, con el cierre del tubo neural y la formación de las vesículas cerebrales, el sistema nervioso central crece muy rápidamente en dirección cefálica y se extiende sobre la región cardiogénica central y la futura cavidad pericárdica. Como consecuencia del crecimiento del cerebro y el plegamiento cefálico del embrión, la membrana bucofaringea es llevada hacia adelante, mientras que el corazón y la cavidad pericárdica se sitúan primero en la región cervical y finalmente en el tórax.



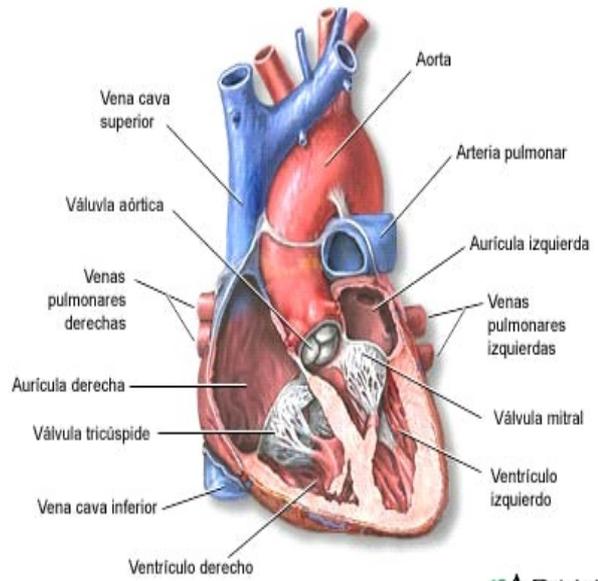
Esquema de cortes sagitales en la línea media de embriones en diversas etapas de desarrollo, para mostrar el plegamiento cefalocaudal y su efecto sobre la posición de la cavidad revestida de endodermo. A. Embrión presomita. B. Embrión de 7 somitas. C. Embrión de 14 somitas. D. Al final del primer mes. Obsérvense los cúmulos celulares angiogénicos en relación con la lámina precordial (membrana bucofaringea).

A medida que el embrión se pliega en dirección cefalocaudal, también lo hace lateralmente. Como resultado, las regiones caudales de los dos tubos endoteliales del primordio cardíaco se fusionan, excepto en su extremo más caudal. Al mismo tiempo, la porción semilunar del área en forma de herradura se expande para constituir las futuras regiones del tracto de salida y ventricular, de esta manera, el corazón se convierte en un tubo en continua expansión que consiste en un revestimiento endotelial interno y una capa miocárdica externa. Recibe el flujo venoso desde su polo caudal y comienza a bombear sangre del primer arco aórtico desde su polo craneal hacia la aorta dorsal.

El tubo cardiaco en desarrollo sobresale gradualmente en la cavidad pericárdica. Sin embargo, al comienzo permanece adosado al lado dorsal de la cavidad pericárdica por un pliegue de tejido mesodérmico, el mesocardio dorsal. Aun no se ha formado el mesocardio ventral. Con el desarrollo ulterior desaparece el mesocardio dorsal y se forma un **seno pericárdico transverso** que comunica ambos lados de la cavidad pericárdica. El corazón se haya suspendido en la cavidad por los vasos sanguíneos, de sus polos craneal y caudal.



En el curso de estos fenómenos, el miocardio se va engrosando y secreta una capa de matriz extracelular, rica en ácido hialurónico, que lo separa del endotelio. Además, las células mesoteliales de la superficie del septum transversum forman el proepicardio cerca del seno venoso y migran sobre el corazón para formar la mayor parte del **epicardio**. El resto del epicardio deriva de las células mesoteliales que se origina en la región del tracto de salida. De este modo, el tubo cardiaco está formado por tres capas: a) **endocardio**, que representa el revestimiento endotelial interno del corazón; b) **miocardio**, que constituye la pared muscular, y c) **epicardio o pericardio visceral**, que cubre el exterior del tubo. Esta capa externa es necesaria para la formación de las arterias coronarias, incluidos sus revestimientos endoteliales y el músculo liso.

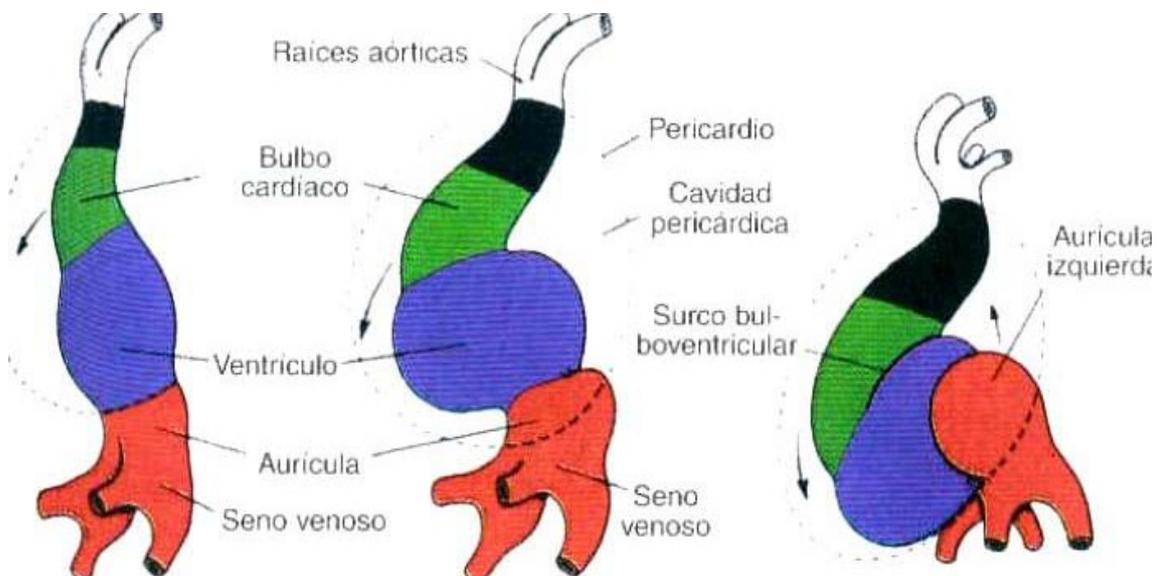


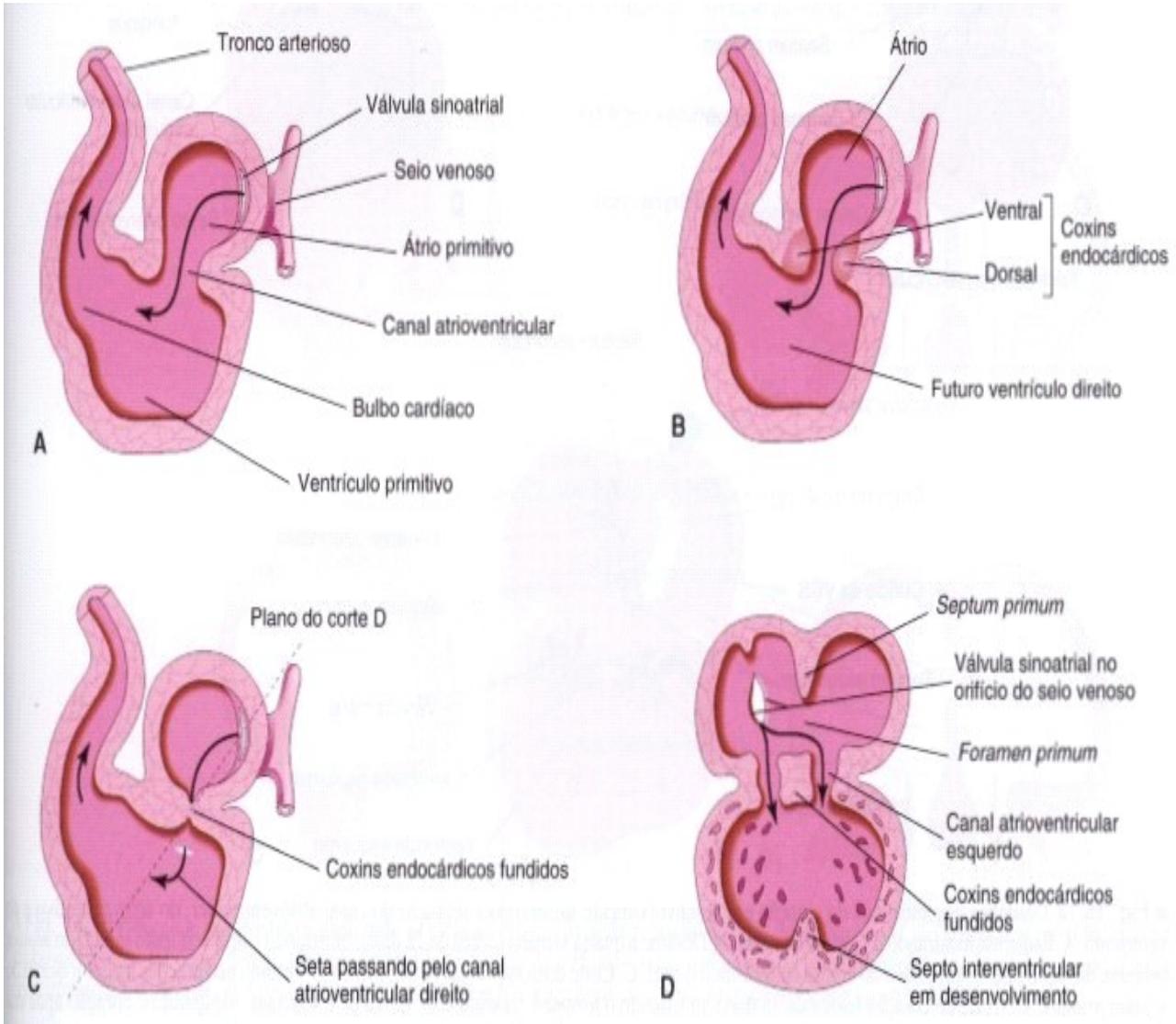
ADAM.

DESARROLLO DEL SENO VENOSO

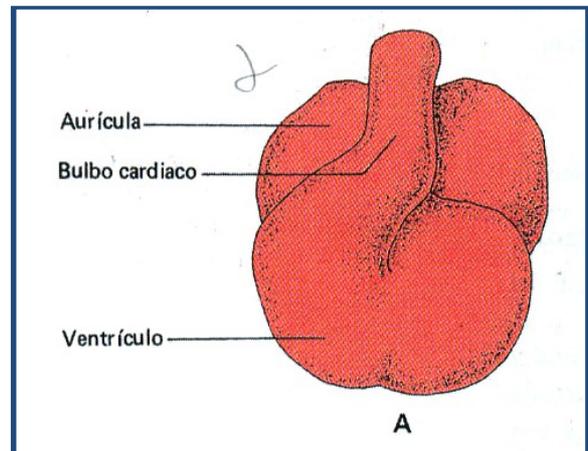
En la mitad de la cuarta semana el seno venoso recibe sangre venosa de las prolongaciones sinusales derecha e izquierda. Cada una de estas recibe sangre de tres venas importantes: a) la vena vitelina u onfalomesenterica; b) la vena umbilical, y c) la vena cardinal común. Al principio, la comunicación entre el seno y la aurícula es amplia, pero poco a poco después la entrada del seno se desplaza hacia la derecha. Esto se debe fundamentalmente a las derivaciones sanguíneas de izquierda a derecha que tienen lugar en el sistema venoso durante la cuarta y la quinta semana del desarrollo.

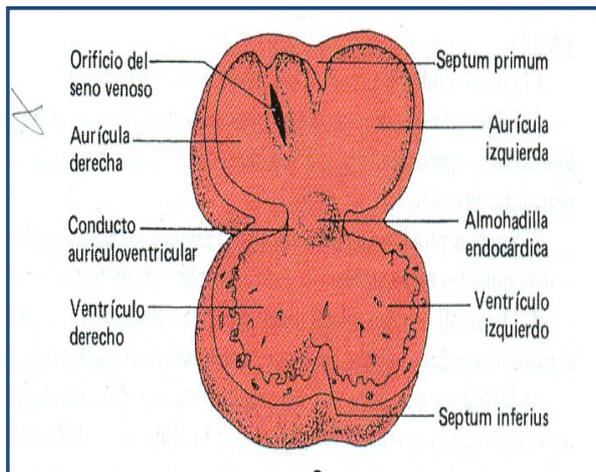
Con la obliteración de la vena umbilical derecha y la vena onfalomesenterica (vitelina) izquierda durante la quinta semana del desarrollo, la prolongación sinusal izquierda pierde importancia rápidamente. Cuando queda obliterada la vena cardinal común izquierda, a las 10 semanas, todo cuanto queda de aquel es la vena oblicua de la aurícula izquierda y el seno coronario.





Como consecuencia de las derivaciones sanguíneas de izquierda a derecha, la prolongación sinusal derecha y las venas aumentan considerablemente de calibre. La prolongación derecha, que representa en este momento la única comunicación entre el seno venoso y la aurícula originales, se incorpora a la aurícula derecha para formar la pared lisa de esta. Si desembocadura, el orificio sinoauricular, esta flanqueada por un pliegue valvular, las válvulas venosas derecha e izquierda. Estas válvulas se fusionan en dirección dorsocraneal y forman una prominencia denominada sptum spurium.



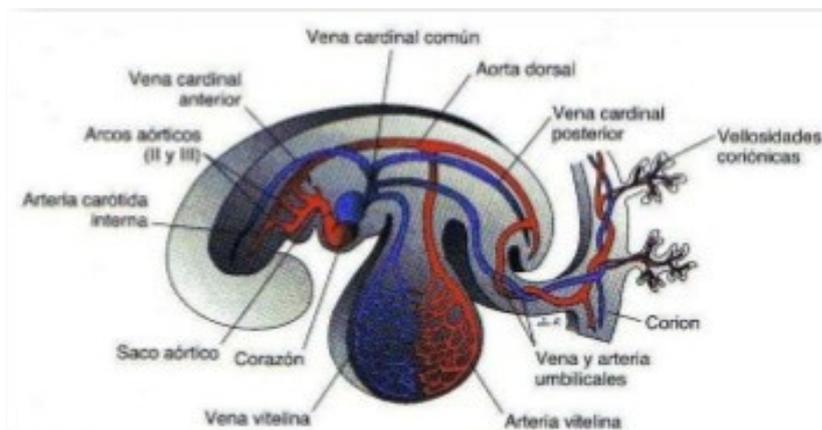


Al principio, las válvulas son grandes, pero cuando la prolongación derecha queda incorporada a la pared de la aurícula, la válvula venosa izquierda y el septum spurium se fusionan con el tabique interauricular en desarrollo. La porción superior de la válvula venosa derecha desaparece por completo. La porción inferior se desarrolla en dos partes: a) la **válvula de la vena cava inferior**, y b) la **válvula del seno coronario**, la cresta terminal forma la línea divisoria entre la porción traveculada original de la aurícula derecha y la porción de pared lisa (sinus venarum) que tiene origen en la prolongación sinusal derecha.

Circulación a través del corazón primitivo

Las contracciones iniciales del corazón se originan en el músculo, es decir, son miógenas. Las capas musculares de la aurícula y el ventrículo son continuas y las contracciones se producen en ondas de tipo peristáltico que comienzan en el seno venoso. Al principio la circulación a través del corazón primitivo es de tipo flujo y reflujo; sin embargo, hacia finales de la cuarta semana las contracciones cardíacas coordinadas producen un flujo unidireccional. La sangre penetra en el seno venoso desde:

- . El embrión a través de la venas cardinales comunes
- . La placenta en desarrollo por medio de la vena umbilical
- . El saco vitelino a través de las venas vitelinas



La sangre del seno venoso entra en la aurícula primitiva, cuyo flujo está controlado por las **válvulas sinoauriculares**. A continuación la sangre pasa por el **canal auriculoventricular** hacia el ventrículo primitivo. Cuando este se contrae, la sangre es bombeada a través del bulbo cardíaco y el tronco arterioso hacia el saco aórtico desde donde se distribuye a los arcos aórticos (canales

arteriales) en los arcos faríngeos. Después la sangre entra en la aorta dorsal para ser distribuida en el embrión, saco vitelino y placenta.

CIRCULACIÓN FETAL Y NEONATAL

El sistema cardiovascular fetal está diseñado para responder a las necesidades fetales y permitir modificaciones que establezcan el patrón circulatorio neonatal tras el nacimiento. La respiración adecuada en el recién nacido depende de los cambios circulatorios normales que tienen lugar al nacer, que producen oxigenación de la sangre en los pulmones cuando se interrumpe el flujo sanguíneo fetal a través de la placenta. Antes del nacimiento, los pulmones no permiten el intercambio gaseoso y los vasos pulmonares están contraídos. Las tres estructuras vasculares más importantes en la circulación de transición son: El conducto venoso, el agujero oval y el conducto arterioso.

CIRCULACIÓN FETAL:

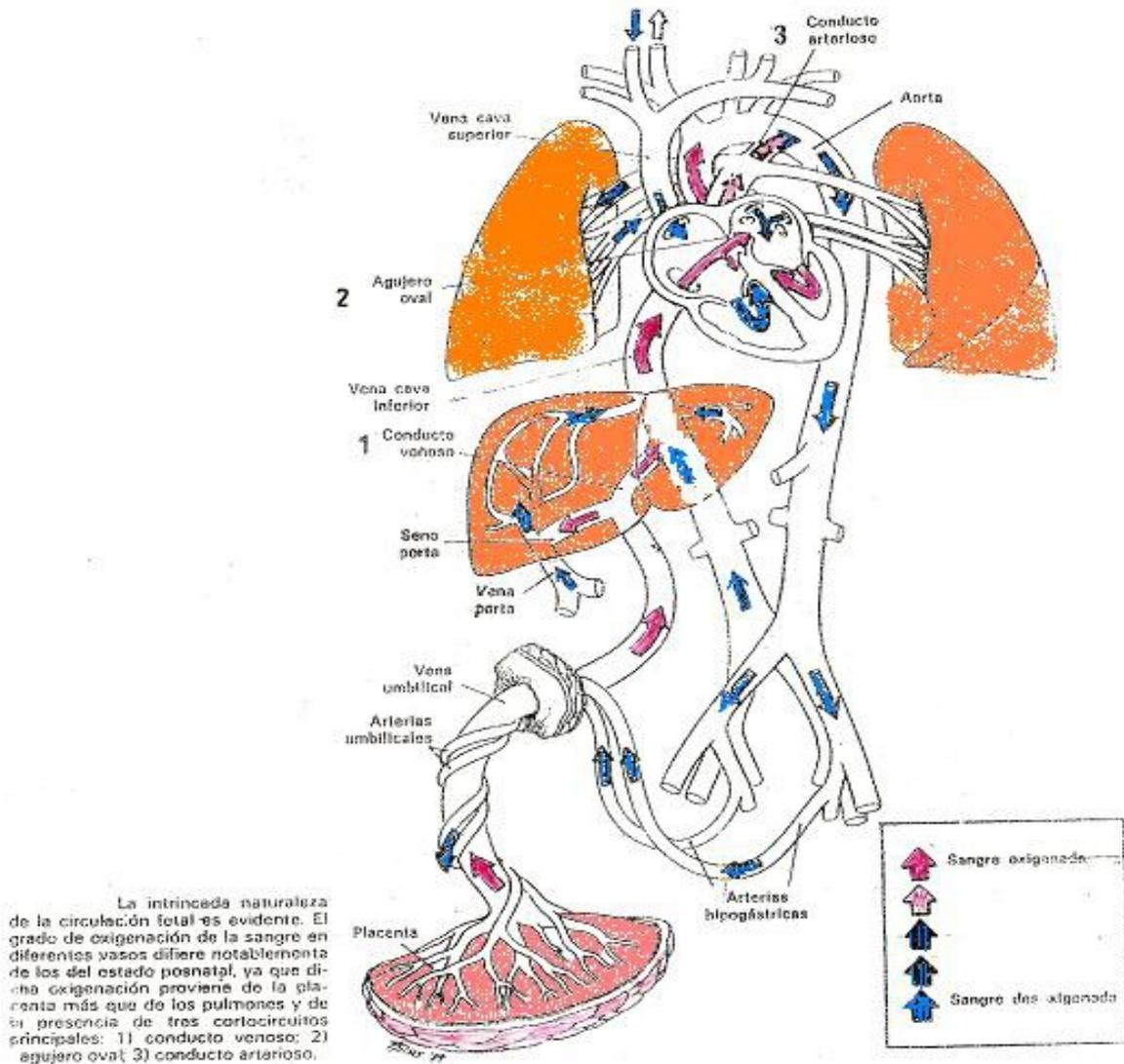
Antes del nacimiento, la sangre de la placenta, saturada con oxígeno en un 80%, vuelve al feto por la vena umbilical. Al aproximarse al hígado el caudal principal de esta sangre fluye por el **conducto venoso** directamente, hacia la vena cava inferior, sin pasar por el hígado. Una pequeña parte entra en los sinusoides hepáticos y se mezcla con la sangre de la circulación portal. Un **mecanismo de esfínter en el conducto venoso**, cerca de la desembocadura de la vena umbilical, regula el flujo de sangre umbilical por los sinusoides hepáticos. Se considera que este esfínter se cierra cuando, a causa de las contracciones uterinas, el retorno venoso es excesivo, lo cual impide la sobrecarga brusca al corazón.

Después de un corto trayecto en la vena cava inferior, donde la sangre placentaria se mezcla con la sangre desoxigenada que retorna de las extremidades inferiores, desemboca en la aurícula derecha. En ésta es guiada hacia el agujero oval por la válvula de la vena cava inferior y la mayor parte de la sangre pasa directamente a la aurícula izquierda. Sin embargo una pequeña porción no puede pasar porque se lo impide el borde inferior del septum secundum, la crista dividens, y permanece en la aurícula derecha, donde se mezcla con la sangre desoxigenada que vuelve de la cabeza y los brazos por la vena cava superior.

Desde la aurícula izquierda, donde se mezcla con un pequeño volumen de sangre desoxigenada que llega de los pulmones, por las cuatro venas pulmonares, la corriente sanguínea desemboca en el ventrículo izquierdo y la aorta ascendente. Como las arterias coronarias y carótidas son las primeras ramas de la aorta ascendente, el miocardio y el cerebro reciben sangre bien oxigenada. La sangre desoxigenada que proviene de la vena cava superior fluye por el ventrículo derecho hacia el troco pulmonar. La resistencia de los vasos pulmonares durante la vida intrauterina es alta, de manera que en gran parte esta sangre pasa directamente por el **conducto arterioso** hacia la aorta descendente donde se mezcla con la sangre de la aorta proximal. Desde aquí la sangre se dirige hacia la placenta por las dos arterias umbilicales. La saturación de oxígeno en las arterias umbilicales es de alrededor del 58%.

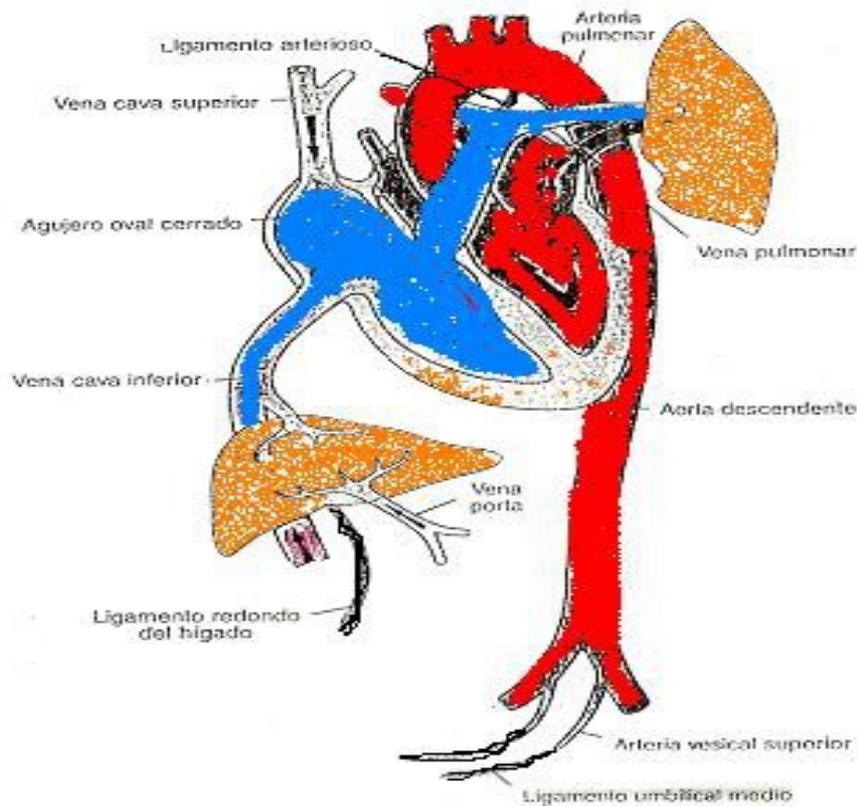
En el trayecto desde la placenta hasta los órganos fetales, la alta concentración de oxígeno en la sangre de la vena umbilical disminuye gradualmente al mezclarse con sangre desoxigenada. En teoría, esto podría ocurrir en los siguientes sitios: I) **en el hígado**, por la mezcla con un pequeño volumen de sangre que vuelve del sistema porta (hígado); II) **en la desembocadura del conducto venoso en la vena cava inferior**, que transporta sangre desoxigenada que retorna de la extremidades inferiores, la pelvis y los riñones; III) **en la aurícula derecha**, al mezclarse con

sangre que proviene de la cabeza y de los miembros superiores; IV) **en la aurícula izquierda**, por la mezcla con sangre desoxigenada que regresa de los pulmones, y V) **en la desembocadura del conducto arteriosos en la aorta descendente**.



CAMBIOS CIRCULATORIOS EN EL NACIMIENTO:

Al nacer se producen adaptaciones circulatorias importantes cuando se interrumpe la circulación de la sangre fetal a través de la placenta y los pulmones del recién nacido se expanden y comienzan a funcionar (respiración pulmonar). Como al mismo tiempo el conducto arterioso se cierra por la contracción muscular de su pared, el volumen de sangre que fluye por los vasos pulmonares aumenta con rapidez esto provoca, por su parte, un aumento de la presión en la aurícula izquierda. Simultáneamente, la presión en la aurícula derecha disminuye como resultado de la interrupción de la circulación placentaria. El septum primum se adosa al septum secundum, y se produce el cierre funcional del agujero Oval.



En resumen, los cambios en el sistema vascular después del nacimiento son los siguientes:

La obliteración de la arterias umbilicales, acompañadas por la contracción de los músculos lisos de sus paredes, es causada probablemente por estímulos mecánicos y térmicos y por un cambio de la presión de oxígeno. Desde el punto de vista funcional las arterias se cierran unos minutos después del nacimiento. No obstante la obliteración verdadera por proliferación fibrosa demora entre 2 a 3 meses. Las porciones distal de las arterias umbilicales forman entonces los **ligamentos umbilicales medios**, en tanto que los segmentos proximales conservan su permeabilidad y forman las **arterias vesicales superiores**.

La obliteración de la vena umbilical y del conducto venoso se produce poco después del cierre de las arterias umbilicales. En consecuencia el recién nacido puede recibir sangre placentaria algún tiempo después del nacimiento. La vena umbilical ya obliterada forma el **ligamento redondo del hígado** en el borde inferior del ligamento falciforme. El conducto venoso, que va del ligamento redondo a la vena cava inferior, también se oblitera y forma el **ligamento venoso**.

La obliteración del conducto arterioso, por contracción de su pared muscular, tiene lugar casi inmediatamente después del nacimiento y es mediada por la **bradicinina**, sustancia que liberan los pulmones durante el período de insuflación inicial. Se consideran que transcurren de 1 a 3 meses para la obliteración anatómica completa por proliferación de la túnica íntima. En el adulto, el conducto arterioso obliterado forma el **ligamento arterioso**.

El cierre del agujero Oval (foramen oval) se produce por el aumento de la presión en la aurícula izquierda combinado con descenso de la presión en el lado derecho. Con la primera respiración profunda, el septum primum es presionado contra el septum secundum. Sin embargo,

en los primeros días de vida este cierre es irreversible. El llanto del niño crea una desviación de derecha a izquierda, que explica los períodos de cianosis en el neonato. La aposición constante conduce gradualmente a la fusión de los dos tabiques en el primer año de vida, aproximadamente. Sin embargo, es probable que en un 20% de los casos nunca ocurra la obliteración anatómica completa (**agujero oval permeable a una sonda**)

SISTEMA LINFÁTICO

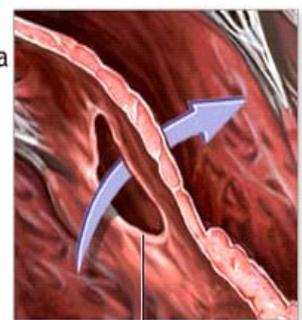
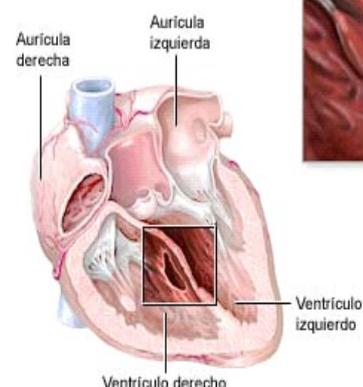
El desarrollo del sistema linfático comienza más tardíamente que el sistema cardiovascular y no aparece hasta la quinta semana de gestación. No resulta claro el origen de los vasos linfáticos, pero podrían formarse in situ a partir del mesénquima o aparecer como evaginaciones saculares del endotelio de las venas. Se forman seis sacos primarios: **dos yugulares** en la unión de las venas subclavia y cardinal anterior; **dos iliacos**, en la unión de las venas iliacas y cardinal posterior; uno retroperitoneal próximo a la raíz del mesenterio, y la cisterna del quilo dorsal al saco retroperitoneal. Numerosos conductos conectan estos sacos entre sí y también drenan la linfa de las extremidades, la pared corporal, la cabeza y el cuello. Dos conductos principales, el conducto torácico derecho e izquierdo comunican los sacos yugulares con la cisterna del quilo, e inmediatamente se forma una anastomosis entre estos conductos. Se desarrolla luego el **conducto torácico** a partir de la porción distal del conducto torácico derecho, la anastomosis y la porción craneal del conducto torácico izquierdo. El conducto linfático derecho deriva de la porción craneal del conducto torácico derecho. Ambos conductos mantienen sus conexiones originales con el sistema venoso y desembocan en la unión de la vena yugular interna con la subclavia. Puesto que existen numerosas anastomosis, la morfología final del conducto torácico es muy variable.

ANOMALÍAS CONGENITAS

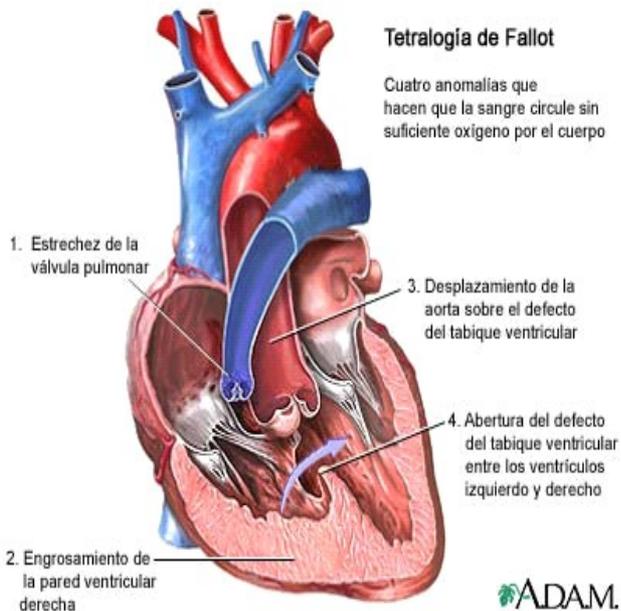
La comunicación interventricular (CIV)

Afecta la porción membranosa del tabique es la malformación cardíaca congénita más común, ya que se presenta en forma aislada en 12 de cada 10 000 nacimientos, aun cuando también se asocia a menudo con anomalías de tabicamiento de la región troncoconal. Según el calibre del orificio, el caudal sanguíneo que lleva la arteria pulmonar puede ser de 1,2 a 1,7 veces más abundante que el de la aorta. En ocasiones, el defecto no se circunscribe a la porción membranosa, sino que abarca incluso la porción muscular del tabique.

El defecto del tabique ventricular es una abertura anormal en la pared que separa los dos ventrículos



Defecto del tabique ventricular



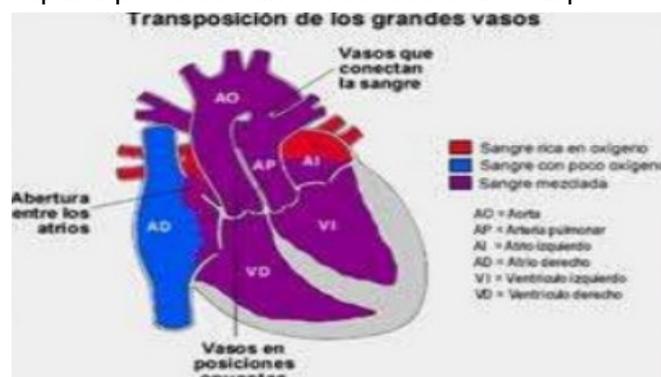
La tetralogía de Fallot, es la anomalía más frecuente de la región troncoconal y se debe a la división decidual del cono, causada por desplazamiento anterior del tabique troncoconal, esto produce cuatro alteraciones cardiovasculares: a) **un estrechamiento de la región infundibular del ventrículo derecho**, es decir, estenosis infundibular pulmonar; b) **una comunicación interventricular amplia**; c) **una aorta cabalgante** que nace directamente por encima del defecto septal, y d) hipertrofia de la pared ventricular derecha, ocasionada por la alta presión en este lado. Esta malformación se presenta con una frecuencia de 9,6 por cada 10 000 nacimientos, pero es compatible con la vida.

El tronco arterioso persistente es el resultado de los rebordes troncoconales que no se fusionan ni descienden hacia los ventrículos. En esta caso cuya frecuencia es de 0,8 por cada 10 000 nacimientos, la arteria pulmonar nace un poco por arriba del origen del tronco indiviso. Como los rebordes participan también en la formación del tabique interventricular, el tronco persistente siempre se acompaña de un defecto en el tabique interventricular. De tal manera que el tronco no dividido cabalga sobre los ventrículos y recibe sangre de ambos lados.

Los niños con tetralogía de Fallot presentan una coloración de piel azulada cuando lloran o se alimentan

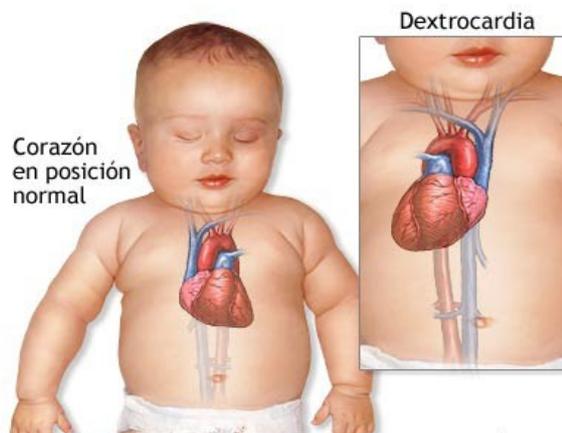


La transposición de los grandes vasos se produce cuando el tabique troncoconal no sigue su curso normal en espiral sino que desciende en línea recta. En consecuencia, la aorta nace del ventrículo derecho y la arteria pulmonar del izquierdo. Esta anomalía se presenta en 4.8 de cada 10 000 nacimientos y a veces se acompaña de un defecto en la porción membranosa del tabique interventricular. Se acompaña por lo común del conducto arterial persistente.



La estenosis valvular de la arteria pulmonar o de la aorta se produce cuando las válvulas semilunares están fusionadas en una distancia variable. En el caso de **Estenosis valvular de la arteria pulmonar**, el tronco de esta arteria estrecho o atrésico. El agujero oval persistente representa entonces la única salida para la sangre del lado derecha del corazón. El conducto arteriosos siempre esta permeable y es la única vía de acceso a la circulación pulmonar. En la **Estenosis valvular aortica**, la fusión de las valvas engrosadas puede ser completa, de manera que solo queda un orificio del calibre de un apuntes de alfiler. El tamaño de la aorta es generalmente normal.

DEXTROCARDIA En la cual el corazón se sitúa en el lado derecho del tórax en lugar del izquierdo se produce porque el corazón forma el asa hacia la izquierda y no hacia la derecha



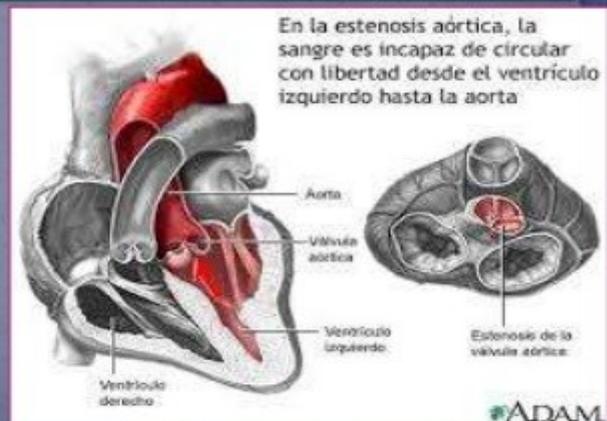
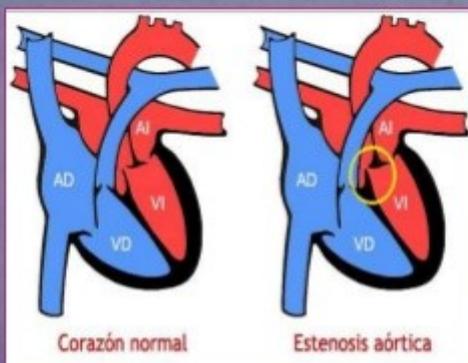
ECTOPIA CARDIACA Poco frecuente en la que el corazón descansa sobre la superficie del pecho .su origen esta en la incapacidad del embrión para cerrar la pared ventral del cuerpo.



Malformaciones de válvulas : atresias y estenosis

Estenosis aórtica

Se produce cuando el diámetro de la válvula aórtica es reducido tiene dos valvas o velos en vez de tres, por lo que el flujo sanguíneo a través de la válvula se reduce y el ventrículo izquierdo del corazón tiene que aumentar la presión para bombear la cantidad de sangre necesaria (5 litros por minuto) por una apertura disminuida. Debido a este esfuerzo extra, las paredes del ventrículo se engruesan. La aorta es con frecuencia normal.

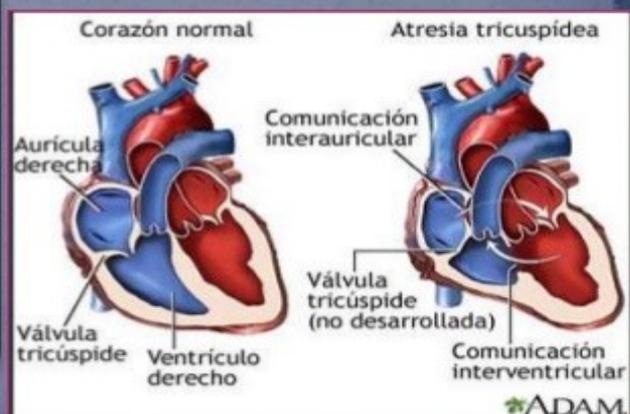


Malformaciones de válvulas : atresias y estenosis

ATRESIA TRICÚSPIDEA

Se caracteriza por obliteración del orificio auriculoventricular derecho, debido a la ausencia o fusión de las válvulas tricúspides. por lo tanto la sangre no pasa de la aurícula derecha al ventrículo derecho. La atresia tricúspide se caracteriza por lo siguiente:

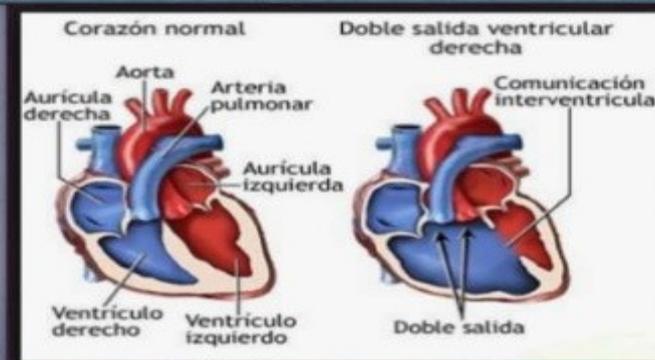
- Persistencia del agujero oval.
- Defecto del tabique ventricular.
- Poco desarrollo del ventrículo derecho.
- Hipertrofia del ventrículo izquierdo.
- Circulación pulmonar disminuida.
- Cianosis



Malformaciones congénitas de las cámaras cardíacas y sus conexiones

Doble salida ventricular derecha

Defecto cardíaco congénito (es decir que ocurre cuando el corazón se está formando durante el embarazo) en el que tanto la aorta como la arteria pulmonar están conectadas al ventrículo derecho.

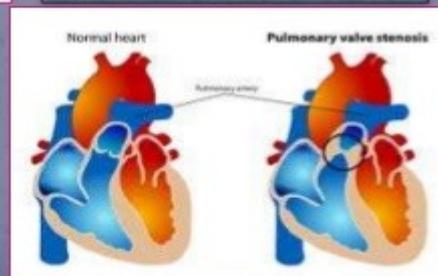


Malformaciones de válvulas : atresias y estenosis

ATRESIA PULMONAR



se produce cuando la válvula pulmonar está ausente o no se forma correctamente, lo cual previene la sangre de fluir del ventrículo derecho a la arteria pulmonar y de ahí a los pulmones



Defectos del sistema Arterial

Doble arco aórtico

Se produce porque la aorta dorsal derecha persiste, entre el origen de la séptima arteria intersegmentaria y su unión con la aorta dorsal izquierda. Un anillo vascular rodea a la tráquea y al esófago y comprime con frecuencia estas estructuras, causando dificultades en la respiración y la deglución.



Bibliografía y Webgrafía:

- Clark, E. *Embriología Humana de Patten, Fundamentos del desarrollo clínico*. Editorial El Ateneo
- Langman, J. *Embriología Médica*. Editorial médica Panamericana 9ª Edición.
- Langman, J.** *Embriología Médica*. Editorial médica Panamericana 10ª Edición.
- Moore, P. *Embriología Clínica*. Editorial ELSEVIER 7ª Edición
- www.prodiversitas.bioetica.org/nota66-2.htm
- www.revespcardiol.org/cgi-bin/wdbcgi.exe/card...
- www2.netexplora.com/uchile/fallot.htm
- www.saludalia.com/.../parser.jsp?nombre=doc_cia1
- www.americanheart.org/presenter.jhtml?identif.