

Artículo especial

Embriología, anatomía quirúrgica, evolución



Francisco Portela Torrón

Servicio Cirugía Cardíaca, Área de Xestión Integrada, Hospital A Coruña, A Coruña, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 17 de julio de 2013

Aceptado el 18 de diciembre de 2013

On-line el 13 de abril de 2014

Palabras clave:

Anatomía

Embriología

Evolución

Análisis secuencial

R E S U M E N

En este capítulo se realizará una revisión general de la embriología y la anatomía quirúrgica de las cardiopatías congénitas, ofreciendo un pequeño esbozo del paralelismo natural de la evolución del aparato circulatorio y ofreciendo finalmente un análisis de los sistemas más empleados en la descripción de esta patología.

© 2013 Sociedad Española de Cirugía Torácica-Cardiovascular. Publicado por Elsevier España, S.L.

Todos los derechos reservados.

Embryology, surgical anatomy, evolution

A B S T R A C T

A systematic review will be done in this chapter about embryology and surgical anatomy in congenital heart disease. The circulatory system evolution will be compared with some aspects in this field. Finally, a segmental analysis will be shown to describe different heart malformations.

© 2013 Sociedad Española de Cirugía Torácica-Cardiovascular. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

Pretender escribir un capítulo sobre toda esta temática resultaría una empresa excesivamente grande y fuera de contexto en una revisión monográfica de toda la patología congénita. El objetivo será pues intentar dar una visión inicial, global, sencilla y somera del desarrollo de las principales estructuras cardíacas, de cómo reconocerlas en quirófano y de cómo entendernos a la hora de hablar de ellas. La recomendación del autor es, de cualquier manera, revisar en profundidad todo el material audiovisual que está hoy en día presente en la red y que, de forma evidente, ayudará a entender mejor y completará lo que se escribe.

Embriología cardiovascular

Nos centraremos en el período en el que el corazón adquiere sus características anatómicas definitivas y esto ocurre entre el día 21 y el 50 tras la fecundación. El conocimiento exacto en este crítico y corto período de la formación normal de un corazón nos dará las claves para reconocer las cardiopatías más complejas¹.

El tubo cardíaco y su plegamiento

Hacia el día 20 de la gestación comienzan a aparecer los islotes angiogénicos que en el día siguiente formarán 2 tubos simétricos que se colocarán dentro del futuro saco pericárdico. Estos tubos

comienzan su fusión en uno solo y probablemente comience aquí la contracción cardíaca. El tubo recto contiene en orden las principales estructuras desde la llegada de la sangre por el seno venoso, pasando sucesivamente por la aurícula común, ventrículo primitivo, bulbus cordis y saliendo por el tronco arterioso. De manera concisa:

1 Seno venoso: donde llegarán todas las venas sistémicas. Conformará parte de la aurícula derecha y predominarán las venas de llegada derechas, desapareciendo paulatinamente las izquierdas hasta dejar simplemente el drenaje de las venas cardíacas conformando el futuro seno coronario.

2 Aurícula primitiva: se irá septando desde los 28 días paulatinamente hasta diferenciar 2 cámaras auriculares, que en las etapas iniciales drenarán de forma común por el canal auriculoventricular (AV) hacia la cavidad siguiente, el ventrículo primitivo.

3 Ventrículo primitivo: conformará el ventrículo izquierdo futuro. Se irá separando desde el ápex por aumento de la trabeculación muscular de la siguiente estructura (bulbus cordis) mientras se produce el plegamiento del tubo. Entre estos 2 se mantendrá el segundo gran orificio cardíaco, el foramen bulboventricular.

4 Bulbus cordis: conformará el ventrículo derecho. En un principio, se trata de una zona de conducción sanguínea hacia la salida arterial. Evolutivamente, la masa muscular y la capacidad contrátil de esta zona aparecieron con la necesidad de la respiración aérea.

5 Tronco arterial: común en las etapas iniciales, derivando el flujo sanguíneo hacia las aortas dorsales. Su septación originará la diferenciación en aorta y arteria pulmonar, así como las últimas etapas de la septación de los tractos de salida ventriculares.

Correo electrónico: Francisco.portela.torron@sergas.es

El plegamiento de este tubo recto se produce de manera general hacia la derecha y al mismo tiempo se produce en sentido antero-posterior, con lo que el seno venoso irá desplazándose hacia arriba y atrás, quedando prácticamente a la altura del tronco arterioso. Las cavidades ventriculares quedarán abajo y las auriculares arriba. Así pues, se van delimitando las 4 grandes cámaras cardíacas con 2 grandes orificios de comunicación antes citados:

- Canal AV: comunicando de manera común aurículas hacia ventrículos. Por ello, un defecto en la septación de este orificio originará anomalías en el tracto de entrada de ambos ventrículos y válvulas AV, y se denominarán en general como defectos tipo canal AV.
- Foramen bulboventricular: comunicando los ventrículos en su porción de salida. Por ello, un defecto en este caso originará anomalías en los tractos de salida ventriculares. Como la septación más tardía se produce aquí, con la confluencia de la septación troncoconal, y de manera más liviana (membranosa en lugar de muscular), es el sitio donde con mayor frecuencia se producen orificios residuales patológicos (la típica y frecuente CIV perimembranosa).

Un último apunte antes de pasar a la septación será hablar de la conformación de las venas de llegada al corazón. Son 2 los mecanismos muy diferentes entre sí pero involucrados. Las venas que traen la circulación de retorno al tubo cardíaco vendrán desde las venas cardinales vehiculizadas, como se ha dicho, hacia el seno venoso común, inicialmente con 2 «cuernos» simétricos de llegada. Este seno terminará desplazándose y drenando hacia la aurícula derecha, y de esta forma predominará el drenaje de las venas cardinales derechas. Las izquierdas involucionarán conectándose más proximalmente antes de llegar al cuerno izquierdo del seno coronario. Este se irá convirtiendo en un ligamento que pasa por detrás de la aurícula izquierda y solo las venas cardíacas mantendrán permeable este cuerno constituyendo el seno coronario.

Las venas pulmonares, sin embargo, no vienen de los pulmones para conectar al corazón sino al contrario, es decir, es el corazón el que las «proyecta» desde la porción posterior de la aurícula izquierda, saliendo a modo de muñón que irá creciendo y buscando conexión con los plexos venosos pulmonares en formación. Esta proyección se produce de forma constante entre los 2 cuernos del seno venoso, por ello, cuando hablamos de conexión anómala pulmonar es porque no se produce entre estos cuernos. Lo que ocurre es que ha fallado la proyección de estas venas desde el corazón y los plexos venosos pulmonares se han buscado un drenaje por otra vía, que es el plexo esplácnico y que derivará en venas cardinales que irán a las venas sistémicas antes descritas.

Septación auricular

Comienza a los 28 días con la formación del septum primum, que baja desde la pared cefálica de la aurícula común, dividiendo esta en derecha e izquierda. Este septo va bajando hacia el canal AV y antes de llegar a fusionarse con él queda un orificio llamado foramen primum. Al mismo tiempo que llega a fusionarse y oblitera este foramen primum, se produce una reabsorción tisular en su base en forma de perforaciones que van confluyendo en un gran orificio, el ostium o foramen secundum. Aparece entonces un segundo tabique que crece superpuesto en forma de media luna, avanzando por sus 2 astas y tapizando el anterior septum primum, excepto por su centro. Queda así un orificio funcional que se denominará fosa oval, cuyo suelo es el septum primum y su marco o limbo es septum secundum. Este permitirá un mecanismo valvular de paso de sangre desde la derecha a la izquierda, cerrándose fisiológicamente al nacer por el cambio de presiones entre aurículas.

Septación ventricular

Al tiempo que se está desarrollando la septación auricular y de forma conjunta con el cierre del canal AV, se va desarrollando músculo dividiendo desde el ápex el ventrículo derecho del izquierdo, de forma muy parecida al septum secundum, es decir, como una media luna que progresa más por los bordes y deja un orificio en la zona central. Este orificio es el foramen bulboventricular. El cierre definitivo de todo paso de sangre entre ventrículos tardará hasta la 7.^a semana, participando en él tanto el septo interventricular, como los cojinetes de cierre del canal AV, como la septación del tronco arterial, siendo la parte final en el proceso de septación y por ello la más sensible a anomalías del cierre.

Cierre del canal auriculoventricular

También de manera simultánea con los 2 anteriores se dividirá el componente derecho del izquierdo en el canal AV primitivo, cerrando así el paso entre los 2 lados del corazón a nivel auricular y ventricular, y formando las válvulas mitral y tricúspide. La formación de este cierre depende de 4 grandes abultamientos o cojines, que proceden de una gruesa capa de gelatina cardíaca poblada de células mesenquimales. Los cojines ventral y dorsal cerrarán el canal dejando 2 orificios separados de paso desde aurículas a cada ventrículo correspondiente. Los cojines laterales, más tardíos, terminarán el proceso de formación de los velos valvulares mitral y tricúspide.

Septación del tronco

Probablemente, la porción más compleja en su septación, ya que intervienen estructuras diferentes que confluyen en el mismo punto: desde abajo hasta arriba, lo que denominaríamos cono, y en contacto con el canal AV y el septo interventricular primitivo, nacen las crestas conales, dividiendo los tractos de salida ventriculares y relacionándolas con sus respectivos orificios del canal AV. Por arriba se encontrarán con las crestas truncas, que irán separando el tronco arterial en su correspondiente componente aórtico o pulmonar. Y, finalmente, en lo más alto, separando el tercer y cuarto arcos aórticos (futuro arco aórtico) del sexto arco (futuras arterias pulmonares), estará el septum aórtico-pulmonar. Estas 3 estructuras se fusionarán originando una continuidad en espiral de 180°, que será responsable del entrecruzamiento normal de las vías de salida aórtica y pulmonar, quedando la aorta atrás y a la derecha y la pulmonar delante a la izquierda.

Por último, habría que hablar de la formación de otras estructuras, como las arterias coronarias, describir más en profundidad la formación valvular o del tejido de conducción, empresa que dejamos a discreción del lector, puesto que el objetivo del capítulo es comprender de forma sencilla la formación «básica» del corazón y su relación con la patología quirúrgica congénita.

Evolución del aparato circulatorio

Mucho más importante, sin embargo, parece el capítulo de la formación y la evolución de los sistemas circulatorios de los animales vertebrados, hasta llegar al humano, donde el sistema circulatorio se define como: vascular, cerrado, doble y completo. Vascular y cerrado lo tienen todos los vertebrados, pues la sangre no sale de los vasos sanguíneos, pero los vertebrados más sencillos, los peces, no lo tienen doble ni completo. La razón de insistir en este concepto de la biología es para facilitar posteriormente la comprensión de enfermedades congénitas y terapias paliativas que «imitan» modelos naturales más antiguos evolutivamente.

En principio, el salto más importante en la evolución circulatoria fue la respiración pulmonar, llegando con los anfibios. Esta

condicionó la aparición de la circulación doble, pulmonar y sistémica. Pero no fue hasta los reptiles más avanzados, los cocodrilos o, hasta que desaparecieron, los dinosaurios, que la circulación se hizo completa, es decir, sin cortocircuitos ni mezcla de sangre arterial y venosa. La fuerza evolutiva que empujó tal cambio fue la capacidad de esfuerzo que requería un animal fuera del agua, donde la gravedad (la fuerza más débil de la naturaleza) era suficiente para «fatigar» a los gigantes.

Por ello, la naturaleza nos dotó con un ventrículo derecho muscular y con potencia para enviar suficiente sangre a los pulmones, que constituyen un compartimento más pequeño que el cuerpo, manteniendo una presión venosa central baja y una saturación de hemoglobina alta. Animales inferiores (y más pequeños en tamaño) se valían de circulaciones incompletas para hacer llegar sangre a mayor presión al pulmón, pagando un pequeño precio en forma de desaturación. Y de esta manera, la hoy criticada frase de «la ontogenia recapitula la filogenia» podría tener un sentido «práctico» en la explicación de las cardiopatías congénitas. Partiendo del pez, con un tubo cardíaco doblado, con seno venoso, aurícula, ventrículo, bulbo y arteria, que nos recuerda a nuestro propio corazón en la 4.^a semana de formación. Al anfibio, con un corazón tricameral como el de la 5.^a semana. A los primeros reptiles pequeños, lagartos y serpientes, con ventrículos ya más septados, desembocando en el cocodrilo, con 2 ventrículos, pero la particularidad de poder bombear sangre desde el ventrículo derecho a una de sus 2 aortas, en condiciones de buceo. El siguiente paso a un corazón como el humano, completamente septado, lo dieron los dinosaurios y las aves (descendientes vivos de estos).

En ocasiones, existen cardiopatías congénitas que funcionan como el sistema circulatorio de un reptil, e incluso los equipos de cirugía cardíaca congénita tienen que diseñar paliaciones que remedian la circulación de un pez (circulación de Fontan). Claro está que tales situaciones no son las ideales, dado que la naturaleza empleó eones en desarrollar estos diseños, y nosotros las hemos manipulado en corto tiempo.

Anatomía quirúrgica

Pero, ¿cuántos tipos de corazón hay en patología congénita? Pregunta difícil, una vez más, para responder en poco espacio. Por un lado, tenemos situaciones con corazón morfológicamente normal y fisiología alterada, como tener un déficit de cierre septal (comunicación auriculoventricular, CIV, etc.), y por otro, podemos tener corazón absolutamente alterado en su formación, funcionando con una fisiología normal (L-transposición). ¿Cómo entenderlos?

Existen 2 escuelas principales para denominar a los corazones patológicos, la de Van Praagh (americana) y la de Anderson (británica). Ambas tienen sus ventajas e inconvenientes y, sin entrar en detalles, ambas dividen 3 segmentos y especifican sus conexiones. Pero lo realmente importante es que ambas tratan las estructuras cardíacas desde un punto de vista morfológico, es decir, una aurícula o un ventrículo serán derechos por su aspecto, no por su colocación a la derecha. El dónde está colocado variará en función de la alteración patológica. Por ello, es importante explicar la anatomía quirúrgica y saber reconocer estas estructuras, si bien hay ocasiones en que resulta muy difícil o prácticamente imposible dada la malformación. Daremos algunas claves para reconocerlas²:

1 Aurícula derecha:

- Orejuela amplia de base ancha.
- Desemboca en ella la vena cava inferior casi siempre, al menos la cava suprahepática.
- Fosa oval en su septo.
- Orificio del seno coronario.

2 Aurícula izquierda:

- Orejuela alargada de base estrecha.
- Desembocan las venas pulmonares cuando están bien conectadas (no en CVPAT).
- Tendones del septum primum sobre el septum secundum.

3 Ventrículo derecho:

- Trabeculación apical gruesa.
- Trabécula septom marginal y banda moderadora.
- Válvula AV tricúspide: trivalva, con un solo papilar, inserciones cordales al septo e inserción en el septo interventricular ligeramente más baja que la mitral, dejando una porción de septo membranoso que relaciona directamente el ventrículo izquierdo con la aurícula derecha.

4 Ventrículo izquierdo:

- Trabeculación apical fina.
- Septo casi liso en trato de salida.
- Válvula AV mitral: bivalva, con 2 papilares insertados en la pared libre del ventrículo.

Análisis segmentario

Dividiremos entonces 3 segmentos o componentes y 2 uniones entre estos. La descripción de cómo están relacionados estos segmentos varía entre escuelas pero es fundamentalmente igual. Intentaremos adaptar ambas nomenclaturas para conseguir que el lector se familiarice con ambas descripciones²⁻⁵.

1 Segmento visceroauricular:

definido por la colocación de las aurículas. En general, donde se coloque la aurícula derecha se colocará la masa principal hepática, y el estómago y el bazo estarán al otro lado. Tiene 3 posibilidades:

- Situs solitus: se coloca la aurícula de morfología derecha a la derecha, y los órganos abdominales siguen a esta.
- Situs inversus: la aurícula de morfología derecha se coloca a la izquierda y los órganos abdominales al revés, quedando el estómago y bazo a la derecha.
- Situs ambiguo o isomerismo: se produce en las heterotaxias, situaciones «descolocación» de varios órganos. Las aurículas pueden ser difíciles de diferenciar morfológicamente pero, en general, mantienen un patrón característico, asemejándose más a tipo derecho o izquierdo.

Con estos 3 definiremos la etapa inicial del análisis, simplemente denominando el *situs solitus*, *inversus* o *isomerismo (ambiguo)*. Van Praagh utiliza la nomenclatura de 3 letras en las que este segmento marca la primera de ellas: S, I, o A.

2 Segmento ventricular:

definido por el ventrículo que viene a continuación. Aquí Anderson simplemente define si la conexión entre el primer segmento (aurícula) y el segundo (ventrículo) es concordante o discordante. Van Praagh denomina en su análisis de 3 letras a este segundo segmento según el giro del asa cardíaca en D o L, pero básicamente define de la misma manera la concordancia o no:

Patrón S, D: *situs solitus* con concordancia AV. La aurícula derecha conecta con un ventrículo derecho, ambos en el lado derecho. Lo habitual.

Patrón I, L: *situs inversus* con concordancia AV. La aurícula derecha está a la izquierda pero conecta con un ventrículo derecho, también a la izquierda.

Patrón S, L: *situs solitus* con discordancia AV. La aurícula derecha conecta con un ventrículo de morfología izquierda, ambos en el lado derecho.

Patrón I, D: *situs inversus* con discordancia AV. La aurícula derecha se sitúa a la izquierda y se conecta con un ventrículo izquierdo.

Conexiones univentriculares: existen ocasiones en que esta conexión no es de una aurícula a un ventrículo, sino que 2 válvulas AV conectan a un ventrículo principal más desarrollado, o la válvula AV es común (defectos tipo canal AV), o simplemente falta una válvula AV. Entonces, debemos describirlo:

- Dos válvulas AV diferenciadas conectando a un ventrículo: Van Praagh habla de doble entrada de ventrículo, Anderson lo define como conexión AV univentricular. Pero lo importante es la descripción. Es lo mismo decir S, L ventrículo izquierdo de doble entrada que situs solitus con con conexión AV univentricular a ventrículo izquierdo. Es el patrón más frecuente. Lo más raro es en ventrículos morfológicamente derechos.
- Una válvula AV común: en patologías del canal AV, en donde típicamente la masa ventricular principal es la derecha. Hablamos entonces de desbalance entre cavidades porque una es más grande. Y en caso de desbalances extremos suele ser con hipoplasia del ventrículo izquierdo. Típicamente, en este caso la salida a los grandes vasos arteriales es por este ventrículo principal por lo que Van Praagh denomina a este corazón por su patología principal y lo define como S, D ventrículo derecho de doble salida tipo canal AV. Anderson hablaría de conexión univentricular por válvula común.
- Atresia de una válvula: Anderson hablaría de una conexión uniauricular-univentricular, describiendo la concordancia a continuación. Van Praagh simplemente hablaría S, D o L con atresia mitral o tricúspide.
- Desbalances: motivados por la colocación de las válvulas AV sobre la cresta septal ventricular. Difícil traducción de 2 vocablos de la literatura anglosajona definen estas alteraciones: «straddling» y «overriding». Ambas podrían traducirse por «acabalgamiento» de alguna manera («straddle» es sentarse a horcajadas y «override» sería anteponerse) pero al ser muy usadas en la literatura las describiremos como tales. Overriding se produce cuando hay un descalaje entre el septo interauricular y el interventricular, originando que la inserción de una de las valvas septales esté encima de la cavidad del ventrículo contrario, pero las cuerdas tendinosas siguen insertándose en el ventrículo propio. Straddling puramente es una inserción anómala de las cuerdas tendinosas en el ventrículo contrario, pero sin desplazamiento de los septos. Lo que suele ocurrir es que se combinan las 2 lesiones.

3 **Segmento arterial:** definido por qué tipo de arteria conecta con el ventrículo. Las arterias se definen por sus ramas, la aorta da el arco y troncos supraaórticos, y la pulmonar, las ramas pulmonares. En el caso del troncus se trataría de un tronco arterial común que dará la aorta ascendente, del que saldrán con mayor o menor diferenciación las arterias pulmonares.

Van Praagh define la conexión en la propia nomenclatura de la patología: transposición significa que un ventrículo tipo derecho conecta a una aorta, y viceversa un izquierdo a una pulmonar. La tercera letra simplemente orienta a dónde está colocada la aorta respecto a la pulmonar y así se denominará: S, posición habitual o solitus); I, en patrón específico inversus, D si está a la derecha y L si está a la izquierda. La transposición más típica en asa D (95%) será denominada S, D, D transposición, donde existe conexión entre el ventrículo derecho y la aorta, situándose esta a la derecha de la pulmonar. El corazón con conexiones normales se expresaría entonces como S, D, S.

Anderson refiere que la conexión es concordante o discordante (transposición), sin entrar en detalles de la situación de los vasos. Lo que sí es significativo es que cuando hay discordancia AV, en el 98% de las veces habrá también discordancia VA, es decir, transposición.

Pero el problema llega cuando existen defectos amplios en la septación ventricular y un vaso arterial se inserta acabalgando el septo sobre el ventrículo contrario en un porcentaje. El

acabalgamiento fisiológico de la aorta sobre el septo es de un 30% y según los autores sobrepasar el 50% constituiría una conexión con el otro ventrículo, constituyendo así un ventrículo de doble salida. Para Van Praagh se debe llegar al 100% y perder la continuidad entre la válvula aórtica o pulmonar y mitral para categorizar una doble salida ventricular.

Por último, la situación de una sola conexión de válvula arterial por atresia de la otra o por la existencia de un troncus ya quedan referidas por la propia denominación de la patología.

Heterotaxia

Del griego «heteros», otro o distinto, y «taxia», orden. Podríamos decir que se trata de un desorden en las estructuras viscerales. Van Praagh no considera que el corazón se comporte como un órgano doble en su formación (un tubo recto que se dobla), por lo que rechaza hablar de isomerismo. Sin embargo, la dificultad de filiar el segmento auricular en estos casos, y el patrón predominante de estructuras de un aspecto, hace que de manera práctica decidamos hablar de heterotaxia de tipo derecho o izquierdo, o también tipo asplenia o polisplenia, en referencia a la ausencia o no del bazo.

Las estructuras viscerales derechas son la aurícula derecha, el hígado, la vesícula biliar, la vena cava inferior intrahepática y el pulmón derecho trilobulado con bronquio principal corto. Las izquierdas son la aurícula izquierda, el estómago, el bazo, el pulmón izquierdo bilobulado y el bronquio principal largo. Así describiremos los principales aspectos de cada una⁶.

1 **Asplenia o heterotaxia derecha:** suele cursar con patologías cardíacas más graves.

- Aurículas de tipo derecho
- Cardiopatías del tipo canal AV completo y corazón univentricular frecuentes.
- Conexión venosa pulmonar anómala total (recordar que las venas pulmonares emergen de la aurícula izquierda, que en este caso no predomina).
- Pulmones trilobulados con bronquio principal corto.
- Atresia pulmonar frecuente y conexión ventriculoarterial discordante (transposiciones y ventrículos de doble salida).
- Vesícula biliar y cava inferior intrahepática normales (son estructuras derechas).

2 **Polisplenia o heterotaxia izquierda:** suele cursar con patología más leve.

- Aurículas de tipo izquierdo.
- Raro el defecto tipo canal AV.
- Alteraciones del drenaje venoso pulmonar parciales, pero no por conexión anómala sino por desplazamiento del septo interauricular.
- Pulmones bilobulados con bronquio principal largo.
- Rara la atresia pulmonar, más bien estenosis. Raras las discordancias VA (vasos arteriales bien relacionados).
- Vena cava inferior intrahepática interrumpida con continuación por áigos. Atresia biliar.

Adenda

La intención de este capítulo no es la de mantener una fidelidad científica máxima ni la de amontonar todo el conocimiento sobre esta materia. Esa sería una tarea titánica para el autor y no menos para el lector. No cabe duda de que existe material audiovisual en la web muy superior y bien clasificado. En el Children's Hospital de Boston y en el Leids Universitair Medisch Center de Leiden tienen dos de las mejores colecciones de piezas patológicas del mundo en sus departamentos de anatomía patológica. Trabajé con ellas e incluso tengo artículos publicados basados en estudios de estas

piezas. Esto es un pequeño adelanto y una contribución para intentar pensar de forma un poco más fácil en el complejo mundo de la patología congénita. Y de animar al moderno cirujano cardiovascular y torácico a profundizar en el conocimiento básico, fundamental para entender nuestras actuaciones futuras.

Vídeos recomendados

- 1 The Normal Heart: http://www.ctsnet.org/portals/congenital/morphology/anderson_videos
- 2 Embryonic heart development: <http://www.youtube.com/watch?v=aZUDePgRQql&list=PLF8489C0171983A68&index=1>
- 3 Normal development of the heart: <http://www.youtube.com/watch?v=5DIUk9IXUal&list=PLF8489C0171983A68>
- 4 Development of the heart: <http://www.youtube.com/watch?v=OArR67aFze0>
- 5 Entwicklung des herzens (alemán, visualmente excelente): <http://www.youtube.com/watch?v=aTPN5AEWUs>
- 6 Heart development: <http://www.youtube.com/watch?v=GeKVV0Z2wfY>
- 7 Segmental approach for CHD Echocardiography: <http://www.youtube.com/watch?v=-ozsPdxyJ60>

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Sadler TW. *Cardiovascular System*. En: Sadler TW, editor. *Langman's Medical Embryology*. 12.^a ed. Baltimore, Philadelphia: Lippincott; 2012.
2. Allen HD, Driscoll DJ, Shaddy RE, Feltes TF, editores. *Moss and Adams' heart disease in infants, children, and adolescents: Including the fetus and young adult*. Vol. 1. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2013.
3. Neill CA, Reid Thompson W, Spevak PJ. *Part 1 Basic principles. Chapter 1: The segmental approach to congenital heart disease*. En: Nichols DG, Ungerleider RM, Spevak PJ, Greeley WJ, Cameron DE, Lappe DG, et al., editores. *Critical heart disease in infants and children*. 2nd ed. Philadelphia: Mosby; 2006.
4. Anderson RH, Shirali G. Sequential segmental analysis. *Ann Pediatr Cardiol*. 2009;2(1):24–35.
5. Freedom RM, Smallhorn JF. The segmental approach to congenital heart disease. En: Freedom RM, Benson LN, Smallhorn JF. *Neonatal heart disease*. London: Springer; 1992.
6. Jacobs JP, Anderson RH, Weinberg PM, Walters 3rd HL, Tchervenkov CI, d'Del Duca D, et al. The nomenclature, definition and classification of cardiac structures in the setting of heterotaxy. *Cardiol Young*. 2007;17 Suppl 2: 1–28.



BIO MED



unidix

Especialistas en cirugía cardiovascular

desde 1977 al cuidado de tu salud



91 803 28 02



info@biomed.es

