

CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO

IMAGENOLOGÍA DIAGNÓSTICA Y TERAPÉUTICA

INSTITUTO DE SERVICIOS DE SALUD DEL ESTADO DE
AGUASCALIENTES

JEFATURA DE SERVICIOS AUXILIARES DE DIAGNÓSTICO
COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN MÉDICA

TÍTULO

***"UTILIDAD DE LA ANGIOTOMOGRAFÍA
CARDIOVASCULAR EN EL DIAGNÓSTICO DE LAS
CARDIOPATÍAS CONGÉNITAS EN EL
CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO"***

AUTOR: DR. JORGE HUMBERTO DELENA GARCÍA

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MÉDICO ESPECIALISTA EN
IMAGENOLOGÍA DIAGNÓSTICA Y TERAPÉUTICA**

**ASESORES: DRA. SARA ELÍ ARBOLEYDA NAVA
DRA. JULIETA GONZÁLEZ PALACIOS
DR. HÉCTOR DAVID CALZADA GALLEGOS**

AGUASCALIENTES, AGS., DICIEMBRE 2011



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

JORGE HUMBERTO DELENA GARCÍA
ESPECIALIDAD IMAGENOLÓGIA DIAGNÓSTICA Y TERAPÉUTICA
P R E S E N T E

Por medio de la presente se le informa que en cumplimiento de lo establecido en el Reglamento General de Docencia en el Capítulo XVI y una vez que su trabajo de tesis Titulado:

“UTILIDAD DE LA ANGIOTOMOGRAFÍA CARDIOVASCULAR EN EL DIAGNÓSTICO DE LAS CARDIOPATÍAS CONGÉNITAS EN EL CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO”

Ha sido revisado y aprobado por su tutor y consejo académico, se autoriza continuar con los trámites de titulación para obtener el grado de:
Especialista en Imagenología Diagnóstica y Terapéutica

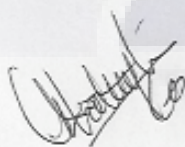
Sin otro particular por el momento me despido enviando a usted un cordial saludo.

ATENTAMENTE
“SE LUMEN PROFERRE”
Aguascalientes, Ags., 19 de Enero de 2012.

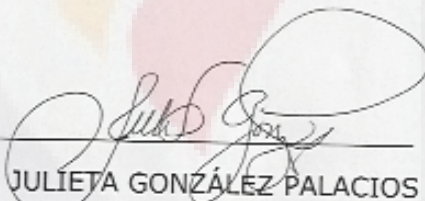
DR. RAÚL FRANCO DÍAZ DE LEÓN
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS DE LA SALUD

c.c.p. C. P. Ma. Esther Rangel Jiménez / Jefe de Departamento de Control Escolar
c.c.p. Archivo

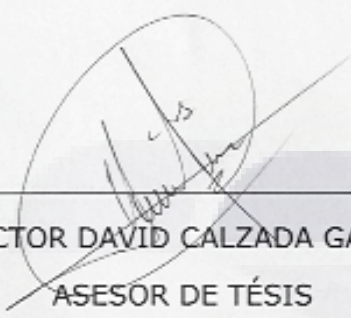
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS
CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO
DEPARTAMENTO DE IMAGENOLOGÍA



DRA. SARA ELÍ ARBOLEYDA NAVA
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE IMAGENOLOGÍA DEL CHMH
PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE POSTGRADO DE IMAGENOLOGÍA
DIAGNÓSTICA Y TERAPÉUTICA
ASESOR DE TESIS



DRA. JULIETA GONZÁLEZ PALACIOS
ASESOR DE TESIS



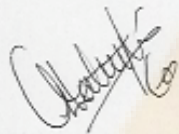
DR. HÉCTOR DAVID CALZADA GALLEGOS
ASESOR DE TESIS



DR. FELIPE DE JESÚS FLORES PARKMAN SEVILLA
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN

Aguascalientes, Ags., Enero del 2012

**CARTA DE ACEPTACIÓN DE TESIS
CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO
DEPARTAMENTO DE IMAGENOLÓGÍA**

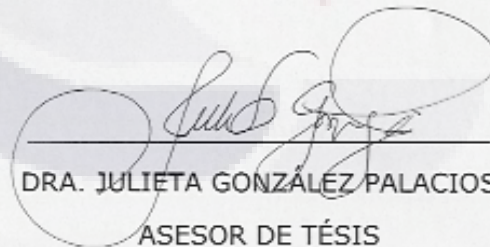


DRA. SARA ELÍ ARBOLEYDA NAVA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE IMAGENOLÓGÍA DEL CHMH

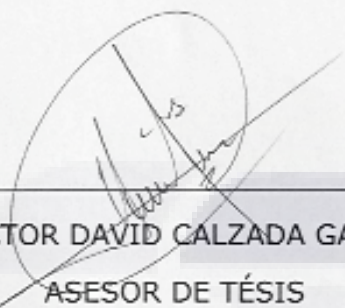
PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE POSTGRADO DE IMAGENOLÓGÍA
DIAGNÓSTICA Y TERAPÉUTICA

ASESOR DE TESIS



DRA. JULIETA GONZÁLEZ PALACIOS

ASESOR DE TESIS



DR. HÉCTOR DAVID CALZADA GALLEGOS
ASESOR DE TESIS



DR. FELIPE DE JESÚS FLORES PARKMAN SEVILLA
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN

Aguascalientes, Ags., Enero del 2012

AGRADECIMIENTOS

A Gaby mi esposa, por apoyarme durante todo este tiempo incondicionalmente.

A mis Padres por ser el pilar de mi existencia, y darme parte de su vida en todo momento.

A mis Hermanos Luis † y Karla por ser mi sostén en momentos difíciles y facilitarme la vida.

A mis asesores de tesis por su trabajo, entrega y dedicación, sin ustedes este proyecto no hubiera llegado al fin con éxito.

A mis maestros por su tiempo, esfuerzo y paciencia dedicados en mi formación.

DEDICATORIA

A mi Hermano que aunque ya no está conmigo me ha enseñado la lección de la vida, te llevo dentro, vives en mí.

RESUMEN

Las cardiopatías congénitas constituyen la primera causa de malformaciones en el ser humano. Por lo anterior en nuestra institución anualmente se atienden a 88 pacientes en promedio. Tradicionalmente el método de evaluación ha sido el ecocardiograma bidimensional pre y post corrección quirúrgica, enfrentándose en algunos casos a hallazgos distintos en la cirugía a la impresión diagnóstica previa. Derivado de esto el auge en el desarrollo tecnológico en la tomografía computada, logrando realizar estudios con compensación del ciclo cardiaco, evitando los artefactos del movimiento fisiológico del corazón nos ha permitido una mejor evaluación morfológica y dinámica de las cardiopatías congénitas.

Tradicionalmente las anomalías congénitas han sido evaluadas por angiografía y ecocardiografía y aunque esta proporciona la información necesaria para establecer el plan de tratamiento y vigilancia de la mayoría de los pacientes con cardiopatía congénita, tiene algunas limitaciones técnicas que impiden definir detalles anatómicos indispensables para establecer el plan de tratamiento y vigilancia en estos pacientes.

El estándar de oro en el estudio de estas patologías ha sido la angiografía cardiaca convencional, con una dosis de radiación mucho mayor que la Angiotomografía computada (ATC) y mucho mayor el tiempo de duración del estudio incluyendo los riesgos aumentados que conllevan el tiempo de sedación.

La Angio Resonancia Magnética (ARM), igualmente útil, presenta limitaciones de disponibilidad y costo en nuestro medio y además habitualmente requiere de anestesia general en el niño, debido a sus largos tiempos de adquisición. Es por ésto que la ATC aparece como un examen de primera línea para uso en niños, ya que es muy rápido y otorga imágenes de excelente calidad.

Evaluamos en el periodo de Junio del 2009 a Diciembre del 2011 se evaluaron a 22 niños con un promedio de edad de 3.5 años de los cuales 10 pacientes de sexo masculino y 12 sexo femenino. Tuvimos una correlación tomográfica – ecocardiográfica de 46 hallazgos.

Por lo cual los resultados de este estudio confirman que la ATC es una herramienta de diagnóstico adicional en los pacientes con

cardiopatía congénita compleja en quienes el ecocardiograma transtorácico bidimensional no estableció un diagnóstico definitivo.



ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	i
RESUMEN	ii
ÍNDICE	iv
I. TÍTULO	1
II. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
III. MARCO TEORICO	3
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.	3
1.1 Aplicación de la Angiotomografía Computada	3
1.1.1 Exposición a la Radiación	7
1.1.2 Protocolos de Imagen	8
1.2 Dosis de radiación y protocolos para reducción de la misma	13
1.3 Postproceso de Imágenes	15
CAPÍTULO 2. CARDIOPATÍAS CONGÉNITAS.	24
2.1 Generalidades	24
2.2. Reseña Embriológica	24
2.3 Anatomía (Resumen Anatómico)	25
2.3.1 Segmento Auricular.	26
2.3.2 Segmento Ventricular.	26

2.3.3 Ventrículo Derecho.	27
2.3.4 Ventrículo Izquierdo.	27
2.3.5 Segmento Arterial	27
2.4 Tipos de conexión Auriculoventricular.	28
2.5 Tipos de conexión Ventrículoarterial.	30
2.6 Cardiopatías congénitas más Frecuentes en el Centenario Hospital Miguel Hidalgo	32
2.7 Cardiopatías congénitas más comunes evaluadas por ATC	32
2.8 Coartación	32
2.9 Troncoso arterioso	33
2.9.1 Clasificación de Collet – Edwards	34
2.10 Anillos Vasculares	35
2.11 Comunicación Auricular: Defectos del complejo septal interauricular	36
2.11.1 Radiología	36
2.11.2 Ecocardiograma	37
2.12 Defecto septal Interventricular	37
2.13 Canal Auriculoventricular	38
2.12.1 Ecocardiograma	38
2.12.2 Cateterismo	39
2.14 Ventrículo Único	39
2.15 Conducto Arterioso Persistente	40
2.16 Estenosis Pulmonar	41
2.17 Tetralogía de Fallot	43

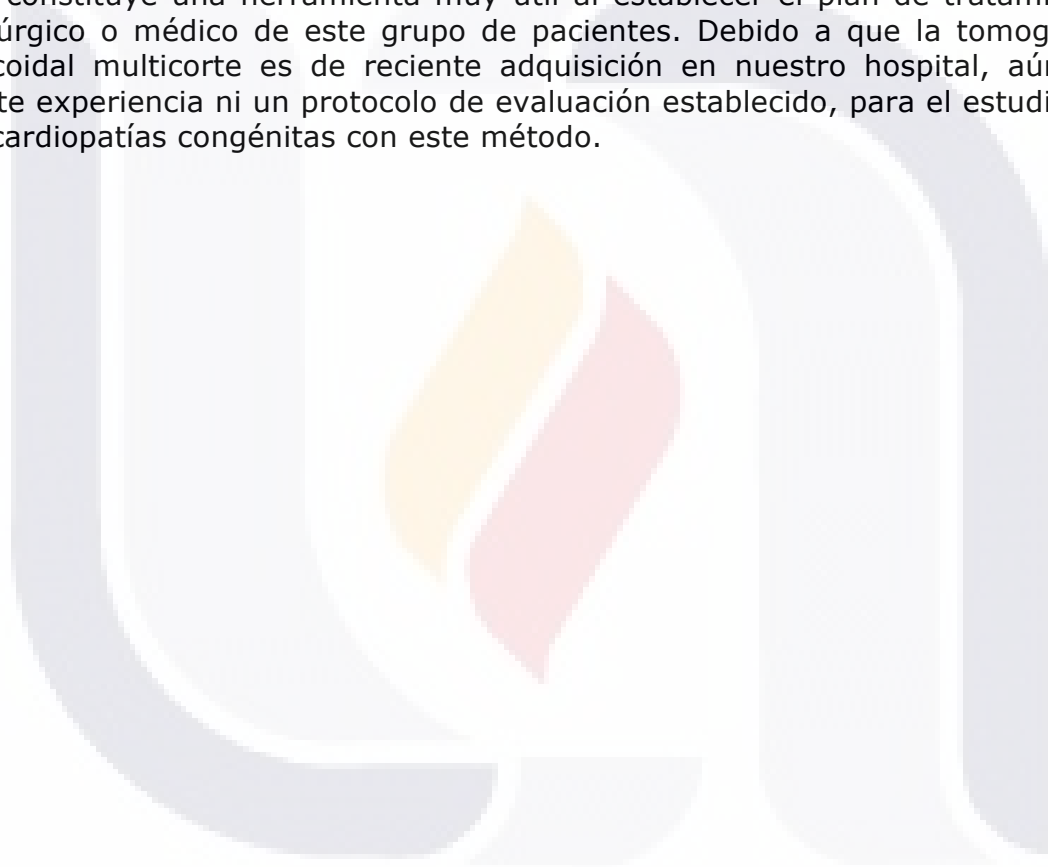
2.17.1 Ecocardiograma	44
IV. JUSTIFICACION.	45
V. HIPOTESIS.	46
VI. OBJETIVO GENERAL.	47
VI.I OBJETIVOS SECUNDARIOS	47
VII. TIPO DE ESTUDIO.	47
VIII. TIPO DE DISEÑO	47
A) DEFINICIÓN DEL UNIVERSO.	48
B) CRITERIOS.	48
1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN	48
2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	48
C) MÉTODOS DE SELECCIÓN DE LA MUESTRA.	48
D) DEFINICIÓN DE VARIABLE	48
1. VARIABLES DEPENDIENTES	48
2. VARIABLES INDEPENDIENTES	48
E) RECURSOS DE LOGÍSTICA	48
IX. MATERIALES Y MÉTODOS.	49
X. RESULTADOS.	50
XI. DISCUSIÓN.	57
XII. CONCLUSIONES.	58
XIII. CARTA DE CONSENTIMIENTO	60
XIV. BIBLIOGRAFÍA.	61

TÍTULO:

"UTILIDAD DE LA ANGIOTOMOGRAFÍA CARDIOVASCULAR EN EL DIAGNÓSTICO DE LAS CARDIOPATÍAS CONGÉNITAS EN EL CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO".

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El advenimiento de nuevos equipos y el resurgimiento de la angiotomografía cardiovascular, amplía la gama de posibilidades diagnósticas y mejora la perspectiva en el diagnóstico preciso de malformaciones cardiovasculares lo que constituye una herramienta muy útil al establecer el plan de tratamiento quirúrgico o médico de este grupo de pacientes. Debido a que la tomografía helicoidal multicorte es de reciente adquisición en nuestro hospital, aún no existe experiencia ni un protocolo de evaluación establecido, para el estudio de las cardiopatías congénitas con este método.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El uso de la Angiotomografía Computada (ATC) en pacientes con Cardiopatía Congénita se ha ido incrementado en la actualidad; debido a los hallazgos de la Tomografía en Cardiopatías congénitas reportados en la literatura¹ y ha permitido su utilización en el diagnóstico de variadas patologías cardiovasculares de la infancia, tradicionalmente en manos de médicos no radiólogos, lo que constituye un desafío para el radiólogo.²⁵

La ATC multicorte constituye un método relevante en el diagnóstico de estas entidades, permitiendo evaluar en forma no invasiva, rápida y precisa las distintas anomalías, otorgando de esta manera información sumamente útil a los cirujanos cardiovasculares para definir la estrategia quirúrgica en cada paciente.^{2, 22}



Fig.1 Tomografo Helicoidal Multicorte Centenario Hospital Miguel Hidalgo

La Radiología involucra a la ATC como ayuda diagnóstica y puede ser capaz de optimizar las técnicas de la misma así como las estrategias de interpretación de las cardiopatías congénitas en los pacientes pediátricos.³

Las técnicas implementadas y los avances en la resolución temporal han aumentado el detalle anatómico y funcional en la evaluación de las válvulas cardiacas con sincronización del electrocardiograma (ECG) con la ATC disminuyendo los artefactos por movimiento.²²

Tradicionalmente las anomalías congénitas han sido evaluadas por angiografía y ecocardiografía ^{24, 31}, y aunque esta proporciona la información necesaria para establecer el plan de tratamiento y vigilancia de la mayoría de los pacientes con cardiopatía congénita, tiene algunas limitaciones técnicas que impiden definir detalles anatómicos indispensables para establecer el plan de tratamiento y vigilancia en estos pacientes³. En los últimos años la resonancia magnética (RM) y la ATC, especialmente con tecnología multicorte, cobraron relevancia en el diagnóstico y mapeo prequirúrgico de las distintas anomalías. ^{3, 24,26, 31}

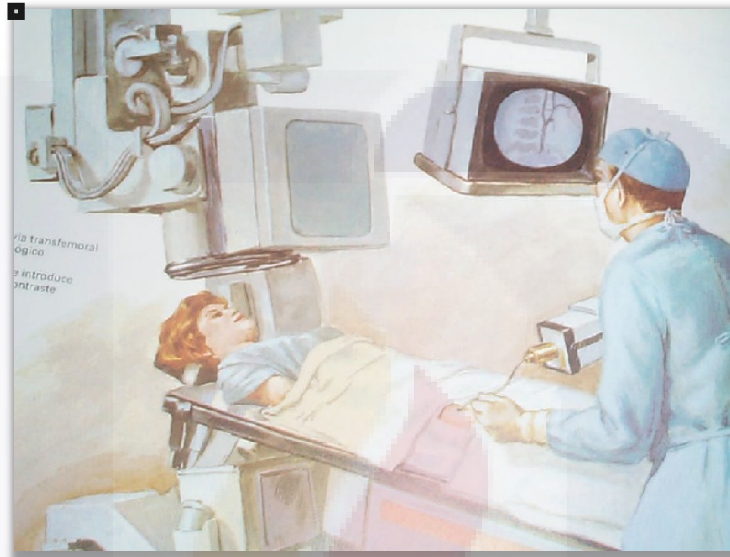


Fig. 2 Procedimiento convencional de Angiografía

El gold standard en el estudio de estas patologías ha sido la angiografía convencional, con una *dosis de radiación mucho mayor* que la ATC. La Angio Resonancia Magnética (ARM), igualmente útil, presenta limitaciones de disponibilidad y costo en nuestro medio, además habitualmente requiere de anestesia general en el niño, debido a sus largos tiempos de adquisición. Es por ésto que la ATC aparece como un examen de primera línea para uso en niños, ya que es muy rápido y otorga imágenes de excelente calidad. ^{25, 36}

La ATC de tórax permite visualizar no solo el corazón y los grandes vasos sino también el pulmón y la vía aérea, aportando información adicional a otros métodos de diagnóstico cardiovascular. En el abdomen permite demostrar la anatomía vascular y la relación de las lesiones vasculares con los órganos vecinos. A diferencia de la ARM, ³⁶ en escasos segundos este examen permite valorar la patología a estudiar, utilizando medio de contraste no iónico que en general produce escasas reacciones adversas en los niños; además permite realizar estudios en pacientes con marcapasos y cirugías previas, ya que los artefactos metálicos producidos por los clips son menos significativos que en RM. ²⁵

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Cada una de estas modalidades presenta ventajas y desventajas que deben ser consideradas a la hora de elegir cual utilizar³⁷. Los pacientes neonatos y lactantes pequeños presentan una frecuencia cardiaca de entre 100 a 160 latidos por minuto por lo cual es fundamental contar con equipamiento que tenga alta resolución temporal a fin de reducir los artefactos por latido cardiaco²², disminuyendo también el tiempo de exposición a la radiación y el tiempo anestésico, con alta resolución espacial debido al pequeño tamaño de los órganos a estudiar.^{3,27,28}

La tomografía computada multicorte cumple con estas especificaciones. En los equipos de 64 hileras de detectores la resolución espacial es de 0,35 mm y la resolución temporal de 0,4 segundos, permitiendo en un apnea de 3 a 5 segundos obtener una adquisición de todo el tórax de un neonato o niño pequeño^{20, 34, 37}.

Es necesaria una sola adquisición volumétrica para luego realizar reconstrucciones multiplanares y tridimensionales. Cabe mencionar que con ATC es posible efectuar estudios "gatillados" o sincronizados, obteniéndose imágenes en distintas fases del electrocardiograma, lo que permite reconstruirlas en la fase de menor movimiento y reducir los artificios por latido. Sin embargo, la adquisición gatillada insume mayor radiación, por lo que se utiliza en muy pocas ocasiones, cuando es absolutamente necesario definir la anatomía de la raíz aórtica (donde suele haber mayor movimiento).^{3, 22}

La ATC tiene como desventaja la utilización de radiación y eventuales reacciones adversas al yodo. Con equipos de RM de campo alto y secuencias rápidas se logran imágenes de alta calidad y resolución espacial milimétrica³⁶. Se obtienen secuencias planares en distintas orientaciones, imágenes en hasta 20 fases durante el ciclo cardiaco que se visualizan como cine y secuencias angiográficas en tercera dimensión (3D).^{3, 25, 37}

La velocidad al escanear y el incremento en la definición de los cortes anatómicos combinados con la sincronización del ECG flexible, baja dosis de radiación son de importancia crítica en la calidad de la imagen del corazón, así como para la reducción de riesgos de los pacientes.^{3,24,28, 31, 34}

Las técnicas actuales de ATC están disponibles no únicamente como acceso preciso de los grandes vasos, pulmones y vías aéreas, si no para la evaluación precisa de arterias coronarias y estructuras intracardiacas sin tener en cuenta la cooperación de los niños.^{3,2,23,24,25,26}

Los parámetros individuales son adaptados al habitus exterior y a las estrategias de disminución de la radiación, con el menor voltaje y modulación del tubo de Rayos X (Rx) con el fin de disminuir la dosis de radiación en corazón, en las ATC principalmente pediátricas.

La optimización en el protocolo de inyección intravenosa para ATC cardiaca puede aumentar los niveles de opacificación de los vasos y homogeneizar en la adquisición de la imagen de suma utilidad en los pacientes con cardiopatías congénitas complicadas.^{3,21,25}

En la interpretación en las ATC es de suma importancia entender los hallazgos por imagen tanto pre como postproceso, los hallazgos característicos por imagen relacionados con los procedimientos intervencionistas específicos, y los hallazgos por imagen y sus implicaciones más comunes.^{3,26,30}

Así mismo es de suma importancia el reconocer los hallazgos de hemodinamia anormales en las ATC, pueden ayudar a la comprensión y subrayar la importancia del síndrome fisiopatológico en cardiopatías congénitas con múltiples defectos.^{25,28}



EXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN

Es una parte que nos concierne especialmente en los pacientes jóvenes, aunque el riesgo de cáncer es bajo, el incremento de la exposición a la radiación por parte de los médicos en la población general puede ser un caso de interés en salud pública a futuro. En la actualidad con los escáneres de vía única y duales la dosis total efectiva en el cuerpo para la examinación por ATC oscila entre rangos de 13 a 15 mSv para hombres y 18 a 21 mSv para mujeres.²²



Fig. 3 Tomógrafo Helicoidal 40 cortes Centenario Hospital Miguel Hidalgo

Con la sincronización con ECG la modulación del tubo puede reducir la dosis de exposición hasta en un 45% en la examinación de estructuras anatómicas finas como arterias coronarias. Sin embargo la radiación controlada puede ser una desventaja para la evaluación valvular ya que el movimiento de las valvas cardiacas puede dificultarse en esta fase por la reducción en la radiación del tubo.²²

PROTOCOLOS

La ATC de aorta utilizando equipos de 4 cortes produce imágenes con una resolución espacial más baja y un tiempo de barrido relativamente más prolongado que las que se obtienen utilizando equipos de 16 o más cortes^{20, 37}. La resolución espacial que se requiere para adquirir imágenes diagnósticas de las ramas más pequeñas de la aorta y de desgarros de la íntima se volvió factible con los últimos equipos TC. El estudio debe abarcar la zona desde 3 cm por encima del arco aórtico hasta la altura de las cabezas femorales. En la tabla 1 se muestran los protocolos típicos para los equipos.^{18, 24}

Tabla 1. Protocolos de exploración para la angio-TC de toda la aorta con una longitud de examen de 100 cm para diferentes equipos de TC

Equipo TC	Tiempo de rotación (s)	Colimación	Velocidad de desplazamiento de la mesa (mm/s)	Grosor de corte (mm)	Intervalo de corte (mm)	Duración (s)	Número de imágenes
4 cortes	0,5	4 × 2,5 mm	30	3	1,5	33	667
	0,8	4 × 2,5 mm	19	3	1,5	53	667
16 cortes	0,5	16 × 1,5 mm	48	2	1,2	21	833
64 cortes	0,33	32 × 0,6 mm × 2	48	1	0,8	21	1.250

Tabla 1 Protocolos de exploración para la ATC de aorta ³

En la actualidad el voltaje de tubo estándar para la ATC es de 120 kV. La corriente del tubo debe ser aproximadamente 120 mA y se utiliza la modulación automática de la dosis (**CAREDOSE**). Un voltaje de tubo de 100 kV aumenta la relación contraste/ruido debido a la absorción eficaz de los rayos X por el yodo a voltajes de tubo menores, lo que mejora la calidad de las imágenes y reduce la exposición a la radiación en un 35% en comparación con una corriente de tubo constante de 120 kV a.^{18,27,28}

La ATC de la aorta abdominal realizada a un voltaje bajo produce mayor atenuación en la aorta con una disminución en la dosis de radiación y sin limitar la calidad diagnóstica. El volumen de medio de contraste yodado se puede reducir disminuyendo el voltaje durante la ATC.^{18,27,28}

El latido cardíaco produce un movimiento circular y perpendicular de la aorta que es más acentuado cerca del corazón. La pseudodisección de la aorta torácica, un error típico, ocurre sobre todo en la parte anterior derecha y posterior izquierda de la periferia de la aorta. La reconstrucción multiplanar de las imágenes de TC helicoidales sin y con contraste proporciona datos de la existencia de artefactos de movimiento.¹⁸

Para obtener una ATC de gran calidad se requiere un adecuado realce con medio de contraste.³⁴ Un umbral diana intraarterial superior a 200 Unidades Hounsfield (UH) produce un realce aórtico adecuado para un estudio diagnóstico.

Conforme la sangre y el medio de contraste se desplazan por el sistema circulatorio, se produce una mezcla gradual de las partes centrales y periféricas de la luz vascular; para compensar este efecto de dilución, se debe utilizar una rápida velocidad de inyección del contraste a fin de alcanzar el umbral elegido. Además, la reducción del volumen de contraste para una determinada dosis de yodo reduce los efectos hemodinámicos adversos. ¹⁸

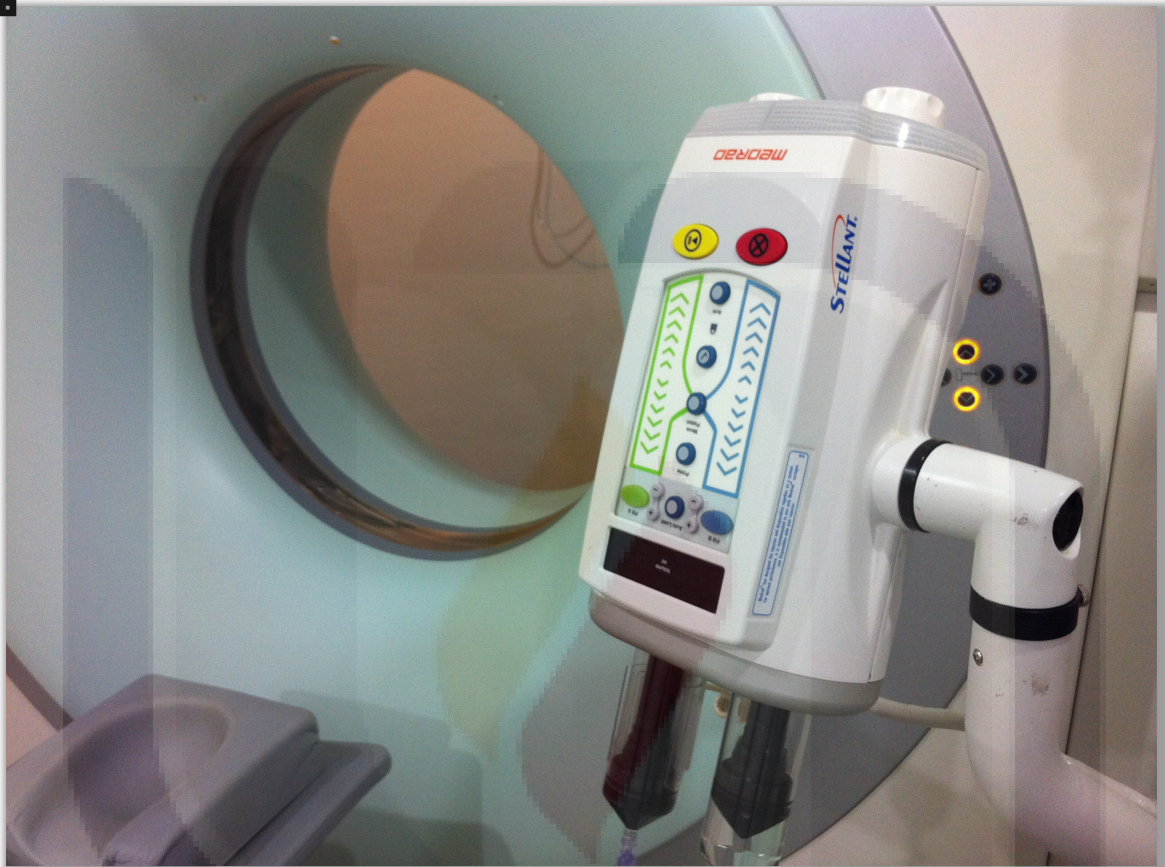


Fig. 4 Tomógrafo e inyector Dual marca Medrad modelo Stellant

Por tanto, deberán utilizarse medios de contraste con alta concentración de yodo (350 a 400 mg/dl) a una velocidad de flujo de 3 a 4 ml/s para llegar al umbral diana. Un realce vascular uniforme con un volumen reducido de contraste es conveniente en la ATC e indispensable para la cuantificación del volumen sanguíneo en fase de equilibrio, y se puede lograr utilizando un método exponencialmente desacelerado en la inyección del contraste. ^{18, 3-34}

Otra dificultad de la ATC es la sincronización con la adquisición, que está determinada por varios factores entre los que se incluyen el tránsito del bolo de contraste en la aorta, el inicio de la adquisición y el desplazamiento de la mesa. Los factores que influyen en el patrón de realce arterial son el volumen de contraste, la velocidad de inyección y la concentración de yodo. El ajuste del volumen de contraste de acuerdo con el peso del paciente producirá un grado previsible de realce de la aorta, pero en la práctica se utiliza un volumen constante. ¹⁸



Fig. 5 Inyector Dual del Centenario Hospital Miguel Hidalgo

Por lo general se utiliza un bolo de solución salina en la ATC realizada mediante TC de 16 cortes, sobre todo en las ATC que se utilizan para examinar los vasos del tórax. Un bolo de solución salina facilita el empleo de un menor volumen de contraste, disminuye los artefactos de movimiento en la vena cava superior y produce un realce uniforme sin afectar el realce máximo en las arterias principales. El tiempo en que se alcanza el realce máximo de la aorta depende principalmente de la velocidad de inyección; incrementar la velocidad de inyección trae consigo un aumento proporcional en el realce arterial, independientemente de la concentración del yodo y del volumen de contraste. La opacificación eficaz de la aorta torácica se logra mejor inyectando un medio de contraste con una alta concentración de yodo a velocidades de inyección de 3 ml/s o más.¹⁸

El inicio de la adquisición se determina por uno de estos tres métodos: utilizando un tiempo de retraso constante, utilizando un tiempo de retraso determinado por el tiempo hasta el pico de realce calculado a partir de un bolo de prueba, o por un sistema de *bolus tracking*®.¹⁸



Fig. 6 Corte en adquisición de ATC con protocolo de Bolus Tracking

Awai et al. demostraron que en un procedimiento en que se utiliza una inyección de duración constante, el tiempo de adquisición en fase arterial permanece sin cambio. Por tanto, el protocolo de adquisición se puede especificar fácilmente en virtud de que el tiempo de realce máximo de la aorta y el período durante el cual el realce con contraste es de 200 UH o más son casi constantes. Sin embargo, los autores no especificaron el valor de tiempo para una inyección de duración constante.¹⁸

Dado que los tiempos de adquisición se reducen con el empleo de equipos de tomografía computada multicorte (TCMD) más rápidos, la sincronización del bolo es esencial para aprovechar por completo el contraste. El sistema de bolus tracking se utiliza con más frecuencia que la técnica del bolo de prueba, ya que es más fácil de utilizar, es más eficiente y disminuye la dosis total de contraste. Asimismo, con el método de bolus tracking la adquisición se lleva a cabo durante la meseta de la atenuación, lo que ofrece un realce más homogéneo en la aorta y menos estancamiento del contraste en el corazón derecho.



Fig. 7 Telemando de Inyector Dual del Centenario Hospital Miguel Hidalgo



Fig. 8 Telemando de TC. Centenario Hospital Miguel Hidalgo

Otro aspecto importante que debe considerarse en relación con la sincronización del bolo de contraste y la adquisición es la velocidad de la mesa.

La velocidad de la mesa de los equipos TCMD de 64 cortes, a veces de hasta 7 cm/s, puede hacer que la adquisición adelante al bolo de contraste si hay una estenosis proximal. Una velocidad de la mesa demasiado lenta puede hacer que el bolo de contraste adelante a la adquisición cuando hay vasodilatación periférica. Estas dos circunstancias afectarán la calidad de la ATC.¹⁸

Thomas y Bernhard recomiendan utilizar una velocidad de mesa constante de 40 a 48 mm/s en combinación con un sistema de bolus-tracking® en la realización de la ATC.¹⁸

DOSIS DE RADIACIÓN Y PROTOCOLOS PARA REDUCCIÓN DE LA MISMA

Estudios recientes han demostrado el incremento en el riesgo inducido por la radiación con daño al ADN y cromosomal y riesgo de cáncer a lo largo de la vida con las dosis acumulativas de radiación. Estudios previos han demostrado la precisión de la ATC en delinear la compleja anatomía cardíaca y así mismo la vía aérea y caracterización de patología pulmonar. ^{4, 38}

Table 2 Corresponding relevant radiation data and system setup with effective radiation dose equivalent expressed in millisieverts (mSv)

Patient no. ^a	Eff mA	kVp	Rotation time (s)	CTDI (vol.e)	DLPe	Dose (mSv.)
1*	36	100	0.4	3.6	42.9	1.6
2*	56	100	0.4	5.6	66.8	2.6
3*	40	100	0.4	4.3	68.8	1.7
4*	60	80	0.4	3.1	24.8	0.96
5*	35	100	0.35	3.8	60.2	1.56
6*	108	80	0.4	6.1	84.7	3.2
7*	48	100	0.4	5.2	82.5	1.4
8*	48	100	0.4	5.2	82.5	2.1
9*	36	80	0.4	3.6	42.9	1.6
10*	104	80	0.4	5.8	81.6	3.1
11*	28	100	0.4	2.5	25.2	0.9
12*	80	100	0.4	4.3	51.0	1.9
13*	36	80	0.4	3.6	42.9	1.6
14*	28	100	0.4	2.8	33.4	1.3
15♦	44	80	0.35	1.40	14.34	0.55
16♦	55	80	0.35	2.80	38.86	1.5
17♦	43	80	0.35	2.80	22.10	0.86
18♦	43	80	0.35	2.80	22.19	0.86
19♦	33	80	0.35	1.10	10.73	0.42
20♦	33	80	0.35	1.30	15.00	0.6
21♦	55	80	0.35	2.90	45.85	1.19
22♦	33	80	0.35	1.10	10.77	0.4

Eff mA effective tube current, *kVp* tube voltage, *CTDI CT* dose index, *vol.e* effective volume, *DLPe* effective dose length product

^a The * denotes no cardiac gating, whereas the ♦ denotes prospectively gated image acquisition

TABLA 2 Dosis de radiación expresada en milisieverts ³

Consecuentemente la ATC ha ganado popularidad debido a la fina delineación anatómica de la compleja anatomía cardíaca y extra cardíaca, con una rápida moda, obviando la necesidad algunas veces de la sedación.

Adicionalmente la ATC tiene la ventaja que su disponibilidad es mayor en varios centros hospitalarios. La gran desventaja en ATC sin embargo corresponde al riesgo en la exposición a radiación ionizada en los pacientes pediátricos, especialmente en esta edad en la cual son más sensibles. ^{4, 32}

Este riesgo no debe ser infravalorado considerando el incremento en las mutaciones del ADN en los pacientes pediátricos, los cuales tienen de 1.9 a 2 veces mayor riesgo en el tiempo de vida atribuible al riesgo de cáncer comparado con otros niños (15 años). Calculando la dosis acumulativa de 7.7 mSv por paciente ²¹.

El uso de los protocolos para la modulación de la dosis disminuye considerablemente este riesgo, el cual incluye una dosis en los ajustes del voltaje, con una media de edades de 5.8 años y un rango de entre un día y 15 años con una media de peso de 22 Kg y una radiación de 2.5 ± 2.1 mSv. ⁴

Un estudio reciente de la anatomía coronaria después de dicha intervención radiológica muestra una radiación de 4.5 ± 0.5 mSv. Kuettner y col. Estudiaron las cardiopatías congénitas usando un escáner dual con una media de edades de 8.9 ± 7 años con un peso medio de 29 ± 26 Kg.

Aplicando una dosis de radiación de 5 ± 3.9 mSv adaptado aun tomografo multicorte de 64 cortes ya que no había protocolos usados previamente en las instituciones. ⁴

Subsecuentemente uso un protocolo de reducción del movimiento cardiaco con la posibilidad de reducir la dosis de radiación y en comparación con los estudios publicados para la evaluación de los defectos cardiacos congénitos el estudio examinado tiene una significativa disminución en el promedio de la dosis de radiación con el uso de estas técnicas. ⁴

El protocolo fue revisado y estandarizado para todos los rangos de edades en pacientes pediátricos con peso inferior a 30Kg y un uso prospectivo con una ventana de exposición de 350ms y un campo de visión (FOV) mínimo necesario. Las imágenes obrenidas usando este protocolo incrementaron la calidad de las pequeñas estructuras cardiacas y vasculares con menos exposición a la radiación. ⁴

Los scores de la arteria pulmonar fueron indicados como buenos a excelente calidad de visibilidad y calidad, con un incremento en el uso de este protocolo. La moderación interlector fue basado en las estadísticas del método kappa, con un incremento significativo en las estadísticas kappa con el uso de este protocolo en comparación con protocolos para adulto o sin disminución en los protocolos de dosis de radiación (CareDose®). ⁴

Ejemplo de protocolo usado en	la AngioTC en estudio de un niño	de 10Kg Con protocolo Bifásico
Total de contraste Utilizado	15ml	
Primera Fase	15 a 20ml de Solución salina al 0.9%	
Segunda Fase	10-15ml/ 100-150psi	Caudal 1.5-2.5 cm/seg

TABLA 3. Protocolo usado con inyector dual basada en la dosis por Kg

POSTPROCESO DE IMÁGENES

Para la interpretación rutinaria de ATC, se deben incluir reconstrucciones multiplanares (MPR), y en 3D, revisando los cortes axiales como paso inicial para determinar la calidad del estudio en términos de reforzamiento del contraste y artefactos de movimiento y confirmar que sea una fase óptima para la visualización arterial y la correcta visualización de las arterias coronarias.

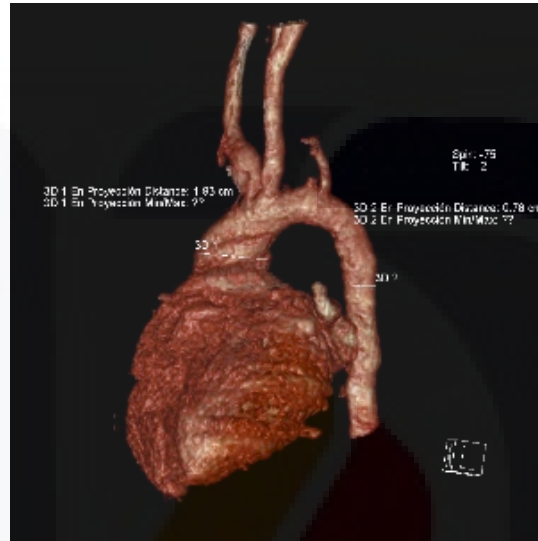


Fig. 9 Reconstrucción en 3DVR (Volume Rendering) de Aorta parasagital

En el corazón se deben evaluar las cavidades, válvulas y vena cava. Subsecuentemente la anatomía de las arterias coronarias puede definirse, identificando el origen de los vasos y el patrón^{21, 35}. El corte axial ofrece una correcta evaluación del nodo sinoatrial y atrioventricular.^{17, 32}

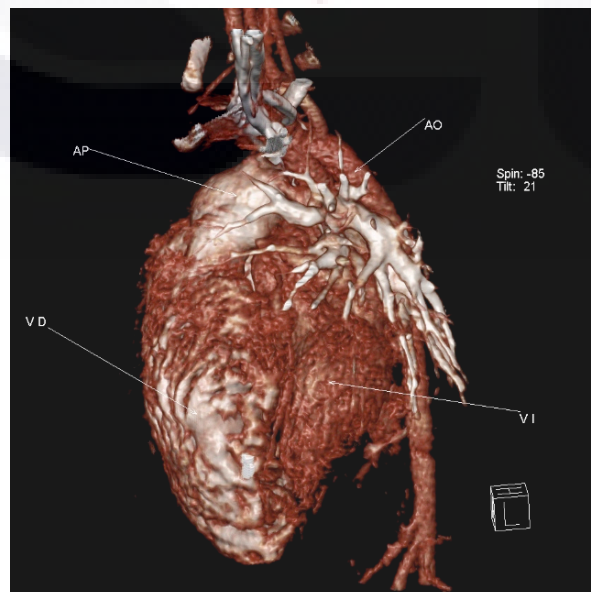


Fig. 10 Reconstrucción 3DVR con visualización de las 4 cámaras cardiacas

La ATC de aorta que se realiza con los equipos TC modernos produce varios centenares de imágenes por estudio. Este volumen de datos hace virtualmente imposible un análisis exhaustivo de todas las imágenes axiales, y las técnicas de posprocesamiento que brindan imágenes volumétricas tridimensionales son un requisito preliminar para la interpretación eficiente de la ATC y para mostrar los hallazgos a los médicos que remiten el paciente.



Fig. 11 Reconstrucción 3D con MIP para la evaluación de aorta con coartación aórtica tipo B

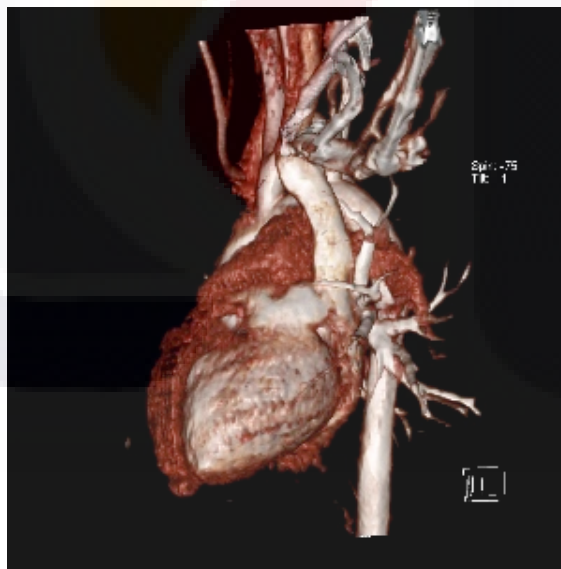


Fig. 12 Reconstrucción 3D con máscara para tejido cardiovascular

Un aspecto de todas las técnicas de posprocesamiento es que no deben obtenerse de toda la serie de datos, porque al hacerlo se reduciría sustancialmente la resolución espacial.¹⁸

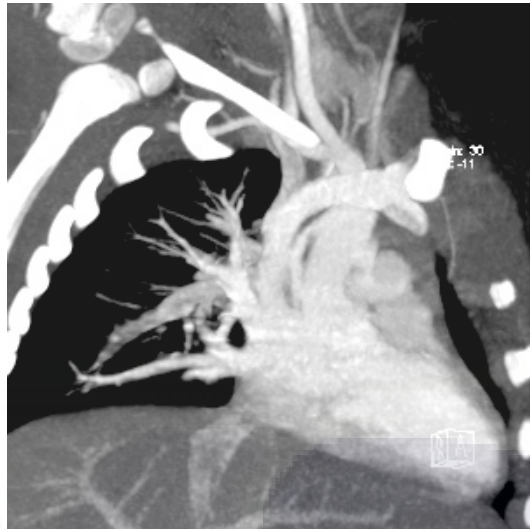


Fig. 13 Reconstrucción con MIP demostrando grandes vasos y troncos supraaórticos en proyección oblicua

La reinterpretación volumétrica no está exenta de inconvenientes: las estructuras esqueléticas pueden sobreponerse a los vasos y las calcificaciones de la pared vascular pueden dificultar la visualización de lesiones estenóticas subyacentes.

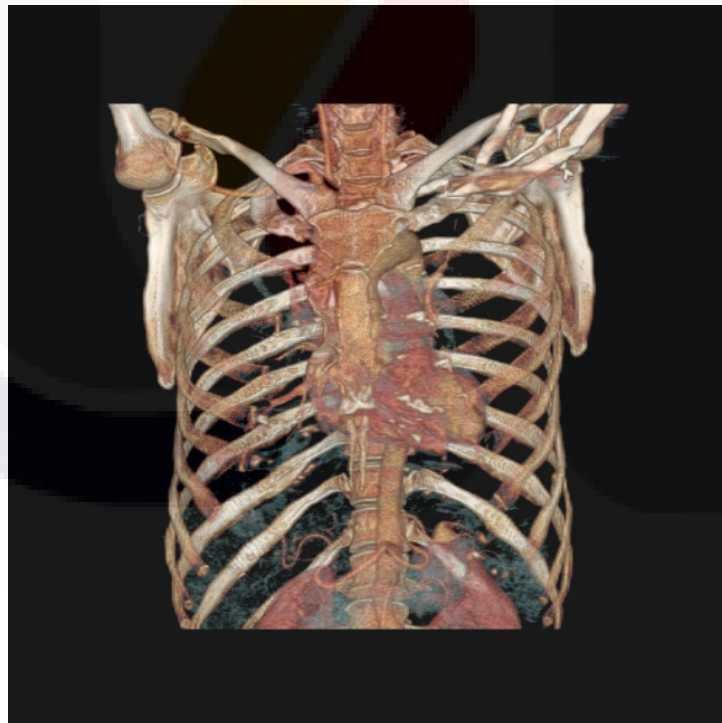


Fig. 14 Reconstrucción en 3DVR sin filtro para suprimir tejido óseo

Las imágenes en máxima intensidad de proyección (MIP) son proyecciones sin información sobre profundidad.

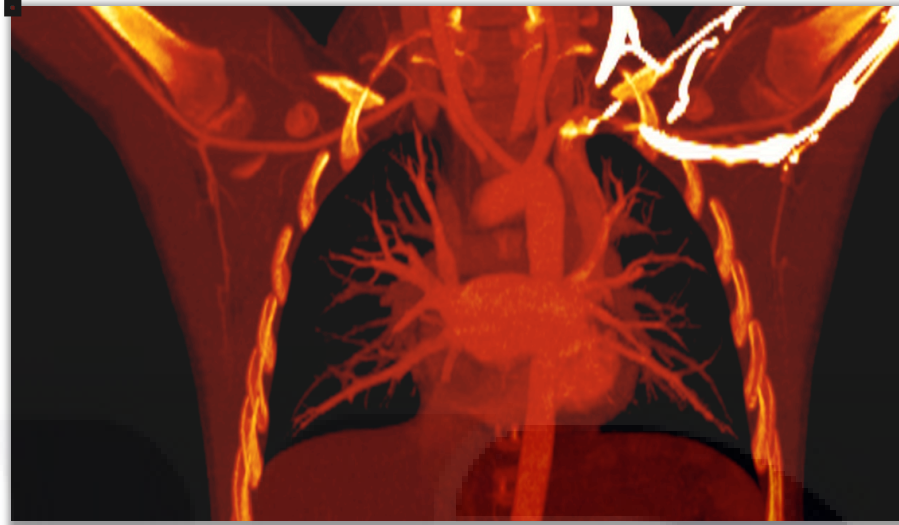


Fig. 15 Proyecciones de MIP en corte coronal con máscara

Las imágenes de MIP de los vasos son similares a las imágenes de la angiografía con sustracción digital, con la ventaja de que puede visualizarse cualquier proyección que se desee a partir de una sola serie de adquisición de datos. Los huesos superpuestos que impiden visualización de una arteria pueden eliminarse mediante las imágenes de MIP de grosor fino o las técnicas de sustracción de hueso.¹⁸

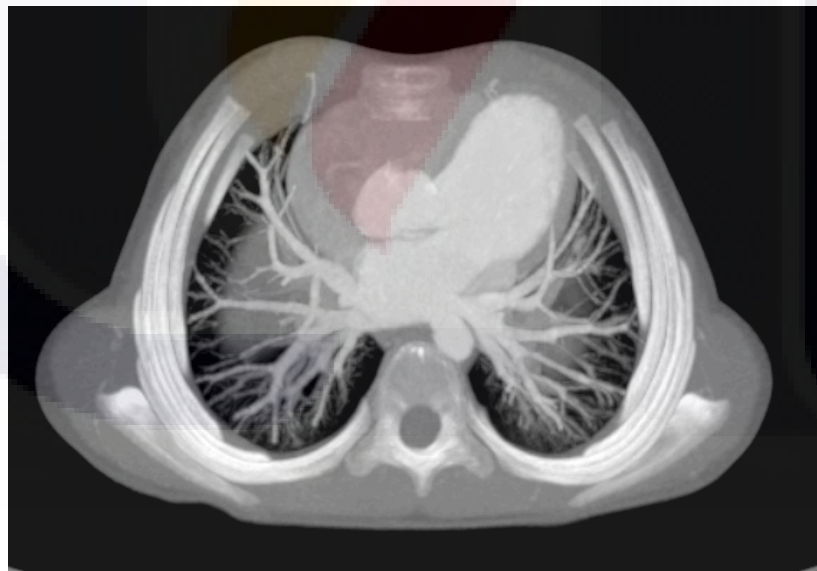


Fig. 16 MIP de grosor fino sobre el tracto de salida de Ventrículo Izquierdo

Las imágenes MIP de grosor fino se obtienen en poco tiempo y representan un segmento vascular determinado, pero carecen de un panorama exhaustivo de todo el lecho vascular. Para eliminar el tejido óseo se selecciona un umbral de 200 a 300 UH y se ajustan algunos puntos de referencia en los huesos en diferentes posiciones.^{18, 23}

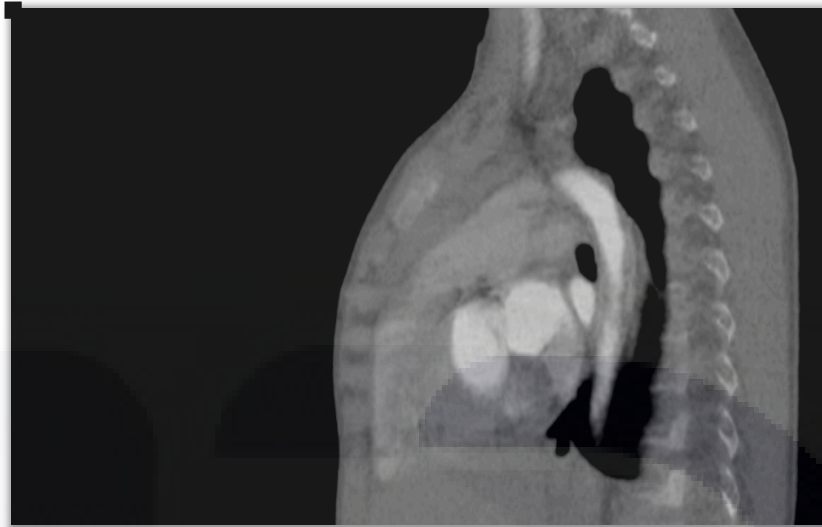


Fig. 17 MIP con grosor fino con supresión en la densidad del hueso

Pese al tiempo de posprocesamiento relativamente prolongado, las imágenes MIP con sustracción de hueso son el mejor método para valorar las ATC debido a su excelente calidad de imagen. Las reconstrucciones multiplanares curvas son una técnica que se utiliza cuando la luz vascular se desplaza en el eje longitudinal ¹⁸

La reconstrucción multiplanar curva es un complemento excelente a la reconstrucción MIP cuando las calcificaciones difusas dificultan la visualización de la luz en las imágenes MIP. ^{18, 23}

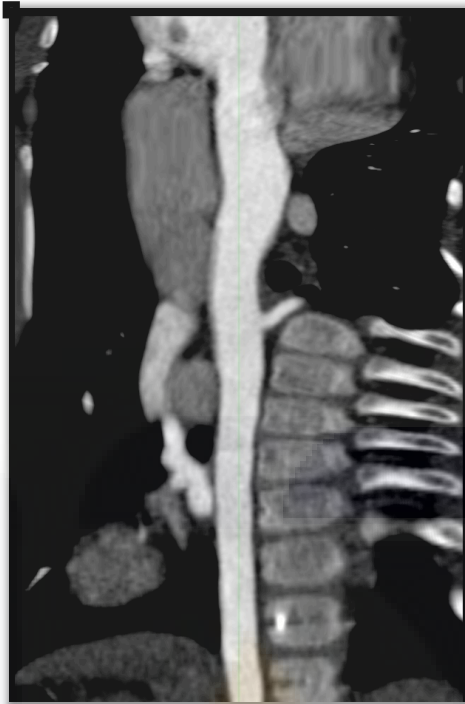


Fig. 18 MIP con reconstrucción multiplanar curva de arteria aorta

La ATC es no invasiva y sustancialmente más barata que la angiografía con sustracción digital estándar y permite la visualización tridimensional de los vasos en cualquier ángulo a partir de una sola serie de adquisición de datos.



Fig. 19 Corte sagital de aorta torácica con prótesis por Coartación aórtica

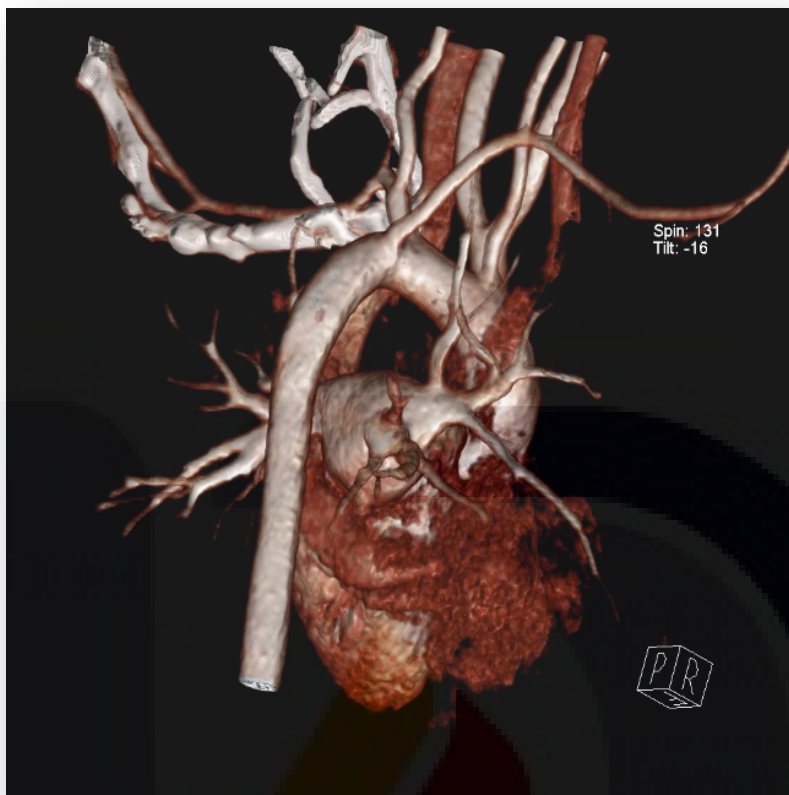


Fig. 20 Reconstrucción 3D de ATC

Otra ventaja de la ATC respecto de la angiografía con sustracción digital es que permite representar el tamaño, la forma y la densidad de la pared vascular y los órganos adyacentes.^{18, 37}

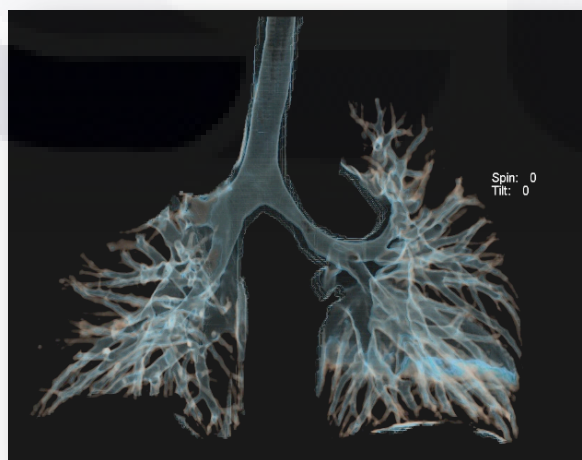


Fig. 21 Reconstrucción para determinar situs bronquial y defecto por compresión extrínseca en bronquio principal izquierdo demostrado en la ATC

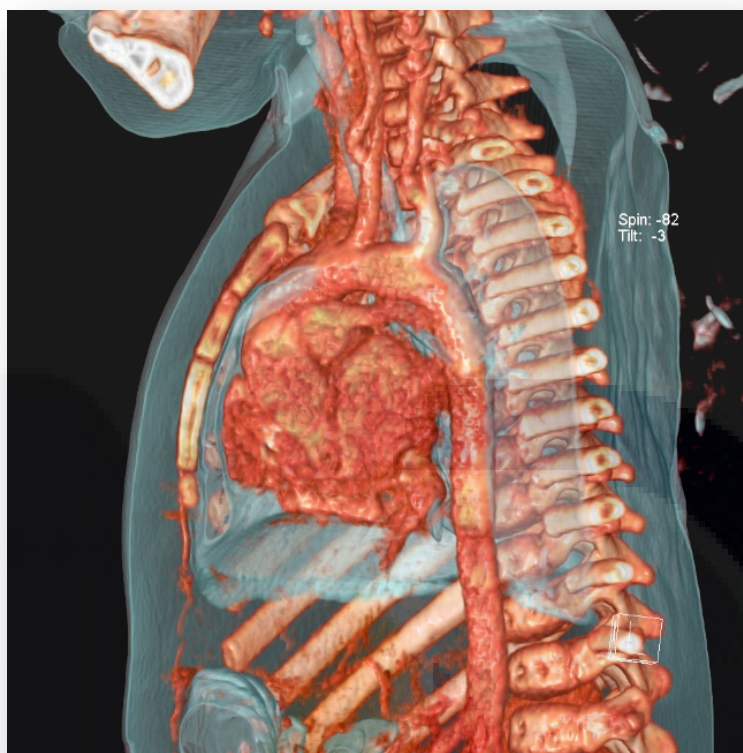


Fig. 22 Reconstrucción 3D Volume Rendering para con supresión de parrilla costal izquierda

En comparación con la ATC, los principales inconvenientes de la angiografía estándar son el coste, la imposibilidad de detectar un hematoma intramural (HIM) y el tiempo excesivo que se requiere para realizar el examen.



Fig. 23 Angiografía convencional de Troncos supraaórticos

La ATC también tiene algunos inconvenientes, entre los que se incluyen la falta de información dinámica y una visualización algo deficiente de los vasos colaterales pequeños.

Debido al empleo de medio de contraste, las complicaciones más frecuentes durante el examen general con TC o angiografía son reacciones alérgicas y extravasación del medio de contraste y se han comunicado muy pocos casos de embolia gaseosa intravenosa de origen iatrogénico.¹⁸



Fig. 24 Rash cutáneo por alergia al medio de contraste

CAPÍTULO II

El análisis secuencial segmentario constituye un intento racional y ordenado de descripción morfológica de las malformaciones cardíacas congénitas, relativamente prescindien de consideraciones embriológicas complejas. Procura establecer un lenguaje unificado, descriptivo y de fácil abordaje para el profesional no especializado.³⁰

RESEÑA EMBRIOLÓGICA

Los vasos sanguíneos comienzan a desarrollarse a partir del mesodermo que cubre el saco vitelino a los 18 días de edad del embrión. El día 24, el sistema cardiovascular está compuesto por dos tubos cardíacos, vasos arteriales y venosos.

Posteriormente, ambos tubos cardíacos se fusionan para formar un corazón tubular, el que desarrolla cuatro dilataciones llamadas seno cavernoso, aurícula, ventrículo y bulbo cardíaco.³

El corazón comienza un proceso de plegamiento y tabicación. Posteriormente, el bulbo cardíaco se divide en tres partes: una proximal, una intermedia, llamada tronco arterioso y una distal llamada saco aórtico.

Las dos grandes arterias que nacen del corazón no se originan de vasos preexistentes sino del tronco arterioso, el cual primero se tabica y luego se divide para formar dos vasos independientes, la arteria aorta ascendente y el tronco de la arteria pulmonar.³

Del saco aórtico nacen 6 pares de arcos aórticos que conectan a los esbozos aórticos ventral y dorsal. Algunos de ellos involucionan normalmente con el desarrollo, persistiendo a fines de la quinta semana solo los arcos tercero, cuarto y sexto, que darán origen luego a los grandes vasos

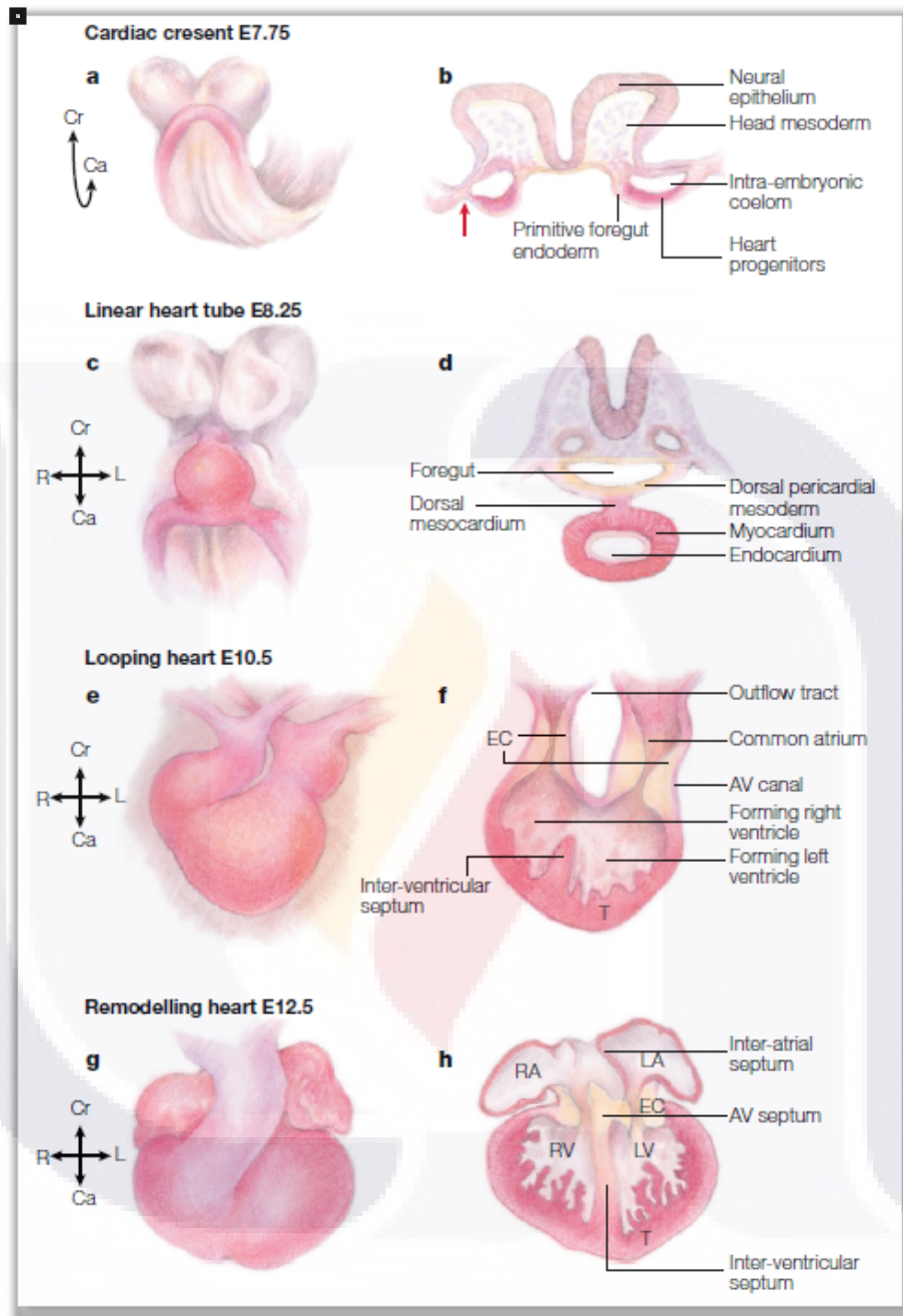


Fig. 25 Embriología del Corazón ¹²

RESÚMEN ANATÓMICO

Con el fin de entender los diferentes tipos de cardiopatía congénita compleja, se consideró importante realizar un análisis segmentario, claro y completo para llegar al diagnóstico con cada uno de los componentes de la malformación cardíaca, que sean significativos anatómica y quirúrgicamente. ^{4-10,21}

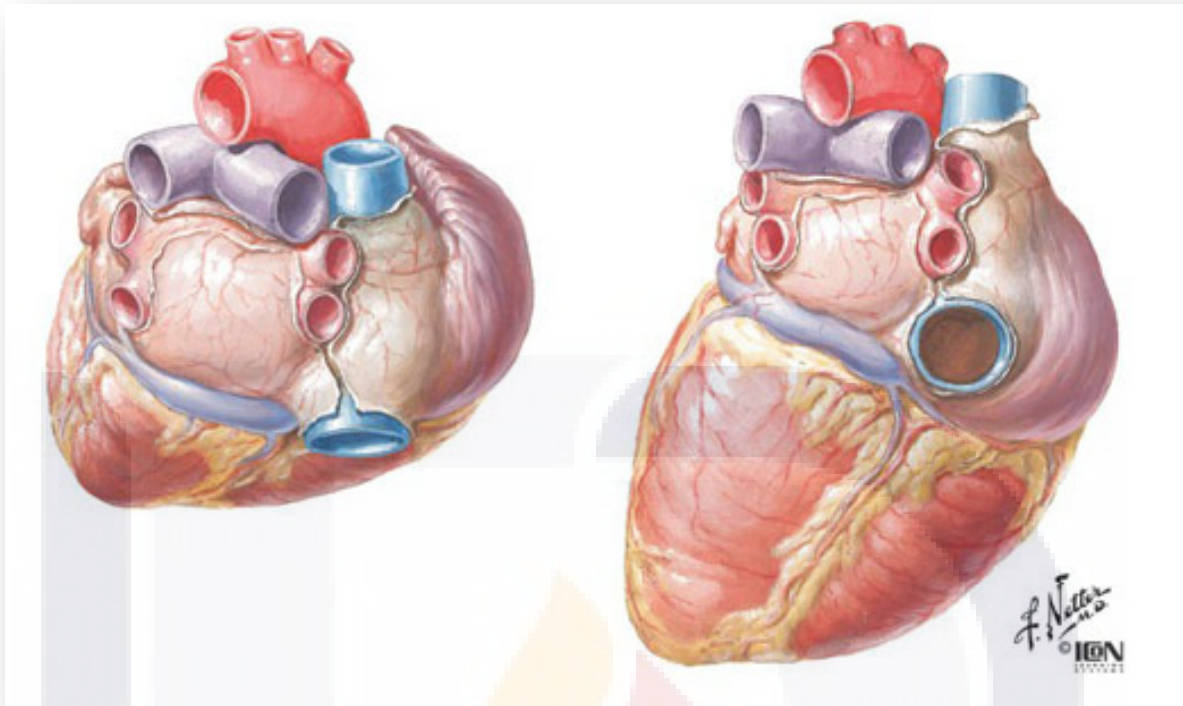


Fig. 26 Esquema del corazón³⁹

El análisis segmentario se basa fundamentalmente en el hecho de que el corazón está formado por tres segmentos. Para iniciar el análisis es necesario identificar morfológicamente los componentes de dichos segmentos, a saber: segmento auricular, segmento ventricular y segmento arterial. Dichos segmentos se analizan con el concepto de nivel, al describir cada segmento que se quiera definir, así como su morfología, topografía, dimensiones y las conexiones con las estructuras adyacentes.^{4-11,21}

SEGMENTO AURICULAR

Las aurículas se diferencian una de otra por características anatómicas internas y externas. En su parte interna la aurícula derecha consta de los músculos pectíneos; y la orejuela tiene base ancha y bordes lisos. Normalmente, a la aurícula derecha se conectan las venas sistémicas. Por otra parte, la aurícula izquierda en su parte interna es lisa; la orejuela tiene base angosta y los bordes son fenestrados. A la aurícula izquierda se conectan, en condiciones normales, las venas pulmonares.⁴⁻¹⁰

SEGMENTO VENTRICULAR

Definir el ventrículo como derecho o izquierdo no depende de la posición, sino de las características anatómicas de cada uno. El ventrículo está formado por tres componentes o porciones: la porción de entrada, la porción

trabeculada y la porción de salida. Tanto la porción de entrada como la de salida son consideradas elementos anatómicos necesarios para definir el ventrículo como tal. Si falta una de estas porciones, el ventrículo se definirá como rudimentario; si carecen las dos porciones, no se considerará como ventrículo sino como bolsa trabeculada; y si el ventrículo tiene todas las porciones, pero no están bien desarrolladas (de tamaño pequeño) se denominará ventrículo hipoplásico.⁴⁻¹⁰

En un corazón normal, la porción de entrada de cada ventrículo está abocada a su respectiva porción trabeculada. Si la entrada de las dos aurículas se aboca a un solo ventrículo o una de ellas cabalga el septum interventricular; es decir que existen dos anillos valvulares, es importante cuantificar el área de la porción de entrada para que esta pueda ser considerada como correspondiente al ventrículo al que le corresponde más del 50% del orificio del anillo atrioventricular. En caso de que sea una válvula atrioventricular común, una cámara debe considerarse ventrículo cuando tenga más del 75% del anillo valvular. En 1973, Kirklin y cols. sugirieron que una arteria debería considerarse de ese ventrículo, cuando le pertenece la mayor parte del orificio valvular; por ello, Tynan y cols. consideraron lo mismo para las válvulas atrioventriculares.⁴⁻¹⁰

VENTRÍCULO DERECHO

En su lado derecho, el septum interventricular muestra adherido en su parte media y superior, un músculo papilar cuyas trabeculaciones, de la porción media del septum hacia el ápex, son gruesas y abundantes. Normalmente la válvula tricúspide ocupa una posición más cercana al ápex en relación a la posición de la válvula mitral y generalmente, se conecta con la arteria pulmonar. En la vista externa es de forma triangular.⁴⁻¹⁰

VENTRÍCULO IZQUIERDO

En el lado del ventrículo izquierdo, el septum interventricular no tiene músculos papilares y de su parte media hacia el ápex cardíaco, muestra trabeculaciones finas. En la parte superior es liso. Normalmente contiene la válvula mitral y la válvula aórtica en continuidad fibrosa. La forma es alargada. Siempre se debe describir el número de ventrículos presente, la posición espacial y las características de las conexiones con las otras cámaras.⁴⁻¹⁰

SEGMENTO ARTERIAL

Los componentes del segmento son la aorta y la arteria pulmonar. Normalmente la primera da origen a las circulaciones coronaria y sistémica, con su división en vasos supraaórticos, más alejada del corazón debido a la división de la arteria pulmonar en ramas derecha e izquierda. La posición de sus planos valvulares también es diferente, puesto que la posición del aórtico es posterior-derecho y la del pulmonar es anterior-izquierdo. Se deben describir las conexiones de las venas sistémicas y pulmonares con las diferentes aurículas o estructuras vasculares venosas.⁴⁻¹⁰

Procedimiento analítico para el análisis de las estructuras en la descripción de las cardiopatías congénitas.

I. Nivel atrial
<i>Situs solitus</i> atrial
<i>Situs inversus</i> atrial
<i>Situs</i> isomérico derecho
<i>Situs</i> isomérico izquierdo
II. Nivel atrioventricular
Tipo de conexión atrioventricular
Modo de conexión atrioventricular
III. Nivel ventriculoarterial
Tipo de conexión ventriculoarterial
Modo de conexión ventriculoarterial
IV. Lesiones asociadas
Estenosis
Hipoplasia
Atresia
Interrupción
Comunicación
Conexiones venosas
V. Particularidades adicionales
Posición del corazón en el tórax
Origen y distribución de las coronarias
Origen y distribución del sistema de conducción

TABLA 4. Descripción de las estructuras en las cardiopatías congénitas¹⁹



Fig. 27 Situs Bronquial²⁹

TIPO DE CONEXIÓN ATRIOVENTRICULAR

La conexión atrioventricular puede ser univentricular cuando hay un solo ventrículo o ambas aurículas se conectan con un ventrículo o biventricular, cuando cada aurícula se conecta con un ventrículo.

El tipo de conexión atrioventricular se refiere a la anatomía de la unión entre las aurículas y los ventrículos.

Hay cinco tipos de conexión:

1. Concordante: cuando la aurícula derecha se conecta con el ventrículo derecho y la aurícula izquierda con el ventrículo izquierdo, independientemente de la posición espacial que guardan estos segmentos entre sí;
2. Discordante: cuando la aurícula derecha se conecta con el ventrículo izquierdo y la aurícula izquierda se conecta con el ventrículo derecho; es necesario que haya definición del situs atrial lateralizado, sea en solitus o inversus, por lo que cuando hay isomerismo, la conexión atrioventriculares.
3. Ambigua.
4. 4. Doble cámara de entrada derecha o izquierda: ocurre cuando las dos aurículas están conectadas a una sola masa ventricular. La morfología de la cámara puede ser derecha, izquierda o indeterminada
5. Ausencia de conexión atrioventricular derecha o izquierda: se da cuando una aurícula no se conecta con la masa ventricular. Puede ser derecha o izquierda.

El modo de conexión describe la morfología de las válvulas y su relación con los ventrículos. Hay cuatro modos de conexión⁴⁻¹⁰

1. Modo de conexión perforado: cuando se hace a través de dos válvulas atrioventriculares perforadas;
2. Imperforado: cuando una de las válvulas atrioventriculares no permite la comunicación entre la aurícula y el ventrículo (aquí se incluyen la atresia tricuspídea y la mitral);
3. Cabalgante: se refiere a una circunstancia en la cual una de las válvulas atrioventriculares está sobre el septum interventricular, siendo el área correspondiente al cabalgamiento menor del 50% del orificio atrioventricular;
4. Modo de conexión común: cuando las aurículas se conectan con el ventrículo o los ventrículos, a través de una sola válvula atrioventricular. Si una de las cámaras recibe menos del 25% de la válvula, debe ser considerada cámara rudimentaria.⁴⁻¹⁰

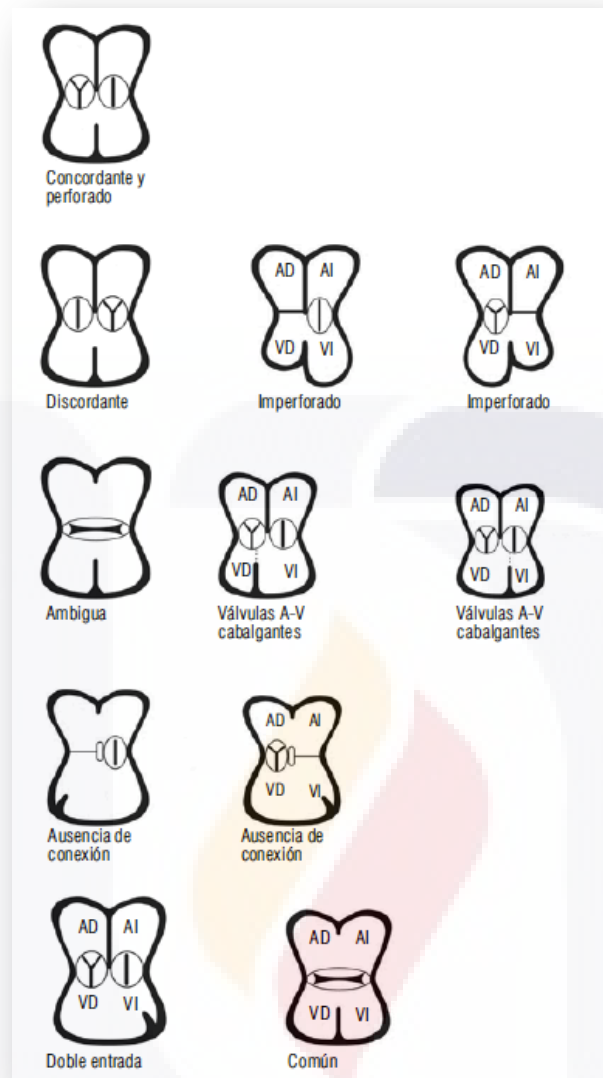


Fig. 28 Tipos de conexiones AV²⁹

TIPOS DE CONEXIÓN VENTRÍCULOARTERIAL

Si analizamos la anatomía de un corazón normal, se observa el anillo de la aorta posterior y derecho, conectado al ventrículo izquierdo, situado a la izquierda; mientras que el anillo pulmonar se localiza anterior e izquierdo, conectado con el ventrículo derecho, localizado a la derecha. La relación espacial es discordante, pero las conexiones son concordantes; por ello, es importante siempre observar la posición espacial y diferenciarla de la conexión real de cada estructura. Hay cuatro tipos de conexión ventriculoarterial:

1. Concordante: cuando la aorta se conecta con el ventrículo izquierdo y la arteria pulmonar con el derecho;
2. Discordante: cuando la aorta se conecta con el ventrículo derecho y la arteria pulmonar con el ventrículo izquierdo;

- 3. Doble salida: las dos arterias se conectan con un solo ventrículo que puede ser el derecho o el izquierdo y
- 4. Única vía de salida: solamente se conecta a los ventrículos una arteria, y existen tres posibilidades:
 - a) Salida aórtica por atresia pulmonar
 - b) Salida pulmonar por atresia aórtica
 - c) En el tronco común, cuando es un solo vaso que lleva la circulación sistémica, coronaria y pulmonar. Puede conectarse a uno de los ventrículos o cabalgar sobre el septum interventricular. ⁴⁻¹⁰

Hay también tres modos de conexión ventrículo arterial:

- 1. Perforado: las válvulas aórtica y pulmonar son funcionales y conectan las aurículas a los ventrículos a través de ellas;
- 2. Imperforado: cuando una de las válvulas sigmoidea es atrésica o no Funcional.
- 3. Cabalgante: uno de los anillos de las válvulas sigmoideas cabalga sobre el septum

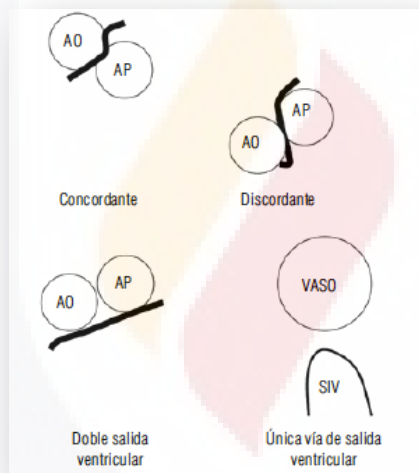


Fig. 29 Conexiones VA²⁹

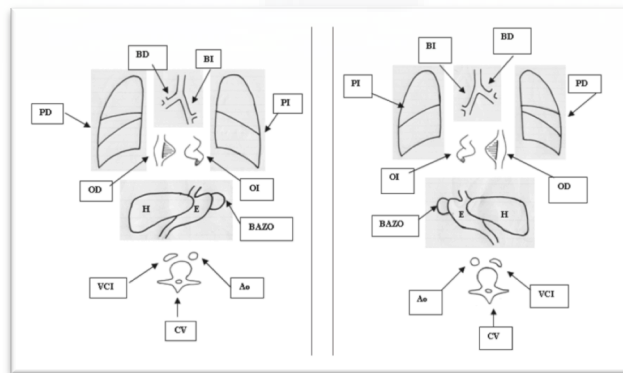


Fig. 30 Esquema de situs solitus e inversus ²⁹

CARDIOPATÍAS CONGÉNITAS MÁS FRECUENTES EN EN EL CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO

En nuestro Hospital una causa frecuente de consulta en el servicio de Pediatría principalmente son las alteraciones congénitas y malformaciones cardiovasculares, en especial las cardiopatías congénitas complejas, las cuales son un reto diagnóstico que requieren un manejo multidisciplinario y preciso, por lo cual el pilar de su tratamiento y pronóstico se sostiene un correcto y completa evaluación, con una certeza y especificidad alta, mismo por lo cual no podemos dejar de lado y muco menos minimizar alteraciones o detalles diagnósticos.

En el Centenario Hospital Miguel Hidalgo se evalúan anualmente alrededor de 88 pacientes de los cuales en este año por número de frecuencia la persistencia de conducto arterioso con un 28%, seguida de coartación aórtica y defectos del tabique auricular con un 18 y 17% respectivamente (ver gráfica 1).

CARDIOPATÍAS CONGÉNITAS MÁS COMUNES EVALUADAS POR ATC

COARTACIÓN

En nuestra casuística es la entidad más frecuente, con 5 pacientes estudiados con ATC prequirúrgica (41,6%).³

Es una anomalía congénita caracterizada por un estrechamiento focal de la luz aórtica. La estenosis suele hallarse en la aorta descendente proximal luego de la emergencia de la arteria subclavia izquierda. Teniendo en cuenta su relación con el ductus arterioso, se las clasifica en preductales, postductales o yuxtaductales.³

Se presentan habitualmente otras anomalías cardiovasculares, entre ellas, válvula aórtica bicúspide, hipoplasia de la porción transversa del cayado, dilatación de aorta ascendente, ductus persistente, arteria subclavia derecha aberrante. Hay hipertensión de la extremidad superior que tiende a compensarse con desarrollo de colaterales intercostales, epigástricas y mediastinales. Los lactantes con coartación, en particular cuando existe un ductus arterioso persistente, se presentan con signos de insuficiencia cardiaca congestiva, (taquicardia y disnea). Se suele escuchar un soplo sistólico dorsal y se constatan pulsos y presiones diferenciales en los miembros inferiores.³

El diagnóstico se sustenta en los hallazgos clínicos y en los métodos por imagen (ecocardiografía, angiografía, angiotomografía, resonancia magnética).

La tomografía computada nos ofrece información del sitio y extensión de la estenosis, aspecto de las colaterales, presencia de anomalías asociadas, siendo actualmente una modalidad sumamente útil en el seguimiento postratamiento quirúrgico o percutáneo.

Interrupción del arco aórtico se define por la pérdida de continuidad anatómica entre la aorta ascendente y la descendente y es considerada una forma extrema de coartación. El flujo hacia la aorta descendente está dado por el ductus, que permanece permeable y brinda continuidad entre el tronco de la arteria pulmonar y la aorta distal a la interrupción. A pesar de esta continuidad, la sangre que llega al abdomen y miembros inferiores está solo parcialmente oxigenada. En la mayoría de los casos se asocian otras anomalías cardiovasculares, como comunicación interventricular (CIV), obstrucción en el tracto de salida del ventrículo izquierdo, válvula aórtica bicúspide y ductus arterioso persistente.³

Los pacientes evolucionan rápidamente luego del nacimiento con insuficiencia cardiaca congestiva severa, tendencia al shock y, en caso de no tratarse, suelen fallecer en el periodo neonatal a los pocos días del nacimiento. Su incidencia es baja, alrededor de 3 casos por millón de nacidos vivos y representa el 1 % de todas las anomalías cardiovasculares. En nuestro trabajo fueron 3 de los 12 pacientes estudiados. De acuerdo con el sitio donde se produce la interrupción, se las clasifica en tres tipos:

Tipo A	Distal a la arteria subclavia izquierda.
Tipo B	Entre la arteria carótida común izquierda y la arteria subclavia izquierda.
Tipo C	Entre el tronco arterial braquiocefálico y la arteria carótida común izquierda.

TABLA 5. Tipos de interrupción de acuerdo a sitio de interrupción del arco

El tipo B es el más frecuente (53%), seguido del tipo A (43%) y del tipo C (4%). La angioTC muestra claramente la interrupción, su relación con los troncos supraaórticos, así como también la presencia del ductus que brinda continuidad entre la arteria pulmonar y la aorta descendente.³

TRONCO ARTERIOSO

El tronco arterioso (TA) se caracteriza por la presencia de una gran arteria única que se origina de la base del corazón con un anillo valvular único, la que da origen a las arterias coronarias, pulmonares y sistémicas. En la mayoría de los casos existe una comunicación interventricular y el tronco suele originarse justamente por encima de este defecto del septum.

Resulta de una falla en el desarrollo embrionario precoz por falta de división del precursor arterial primario (tronco arterioso) en arterias aorta y pulmonar, eventualidad que debe suceder en el feto normal a las 8 semanas

de gestación aproximadamente. Es una patología con baja incidencia, representa aproximadamente el 0,7 % de los defectos cardiovasculares congénitos. Puede asociarse con otras alteraciones, entre ellas, el arco aórtico a la derecha, la coartación e interrupción del arco aórtico (asociación presente en el 14 % de los TA), y también a anomalías extracardiacas, particularmente síndrome de Di George (anomalías faciales, paladar hendido, hipoplasia del timo e hipocalcemia).³ Existen dos sistemas de clasificación anatómica que toman en cuenta básicamente el origen de las arterias pulmonares: el de Collet-Edwards y de Van Praagh.

CLASIFICACIÓN DE COLLET - EDWARDS

Tipo I. Existe un pequeño tronco que se separa y del cual se originan las ramas derecha e izquierda de la arteria pulmonar.

Tipo II. Ambas arterias nacen de la cara posterior del TA separadas por una corta distancia.

Tipo III. Cada arteria nace independiente de la cara lateral de TA, alejadas entre sí.

Tipo IV. Una rama nace del tronco, la otra de la aorta descendente o del ductus.

TABLA 6. Clasificación del tronco arterioso basada en el origen de las arterias pulmonares

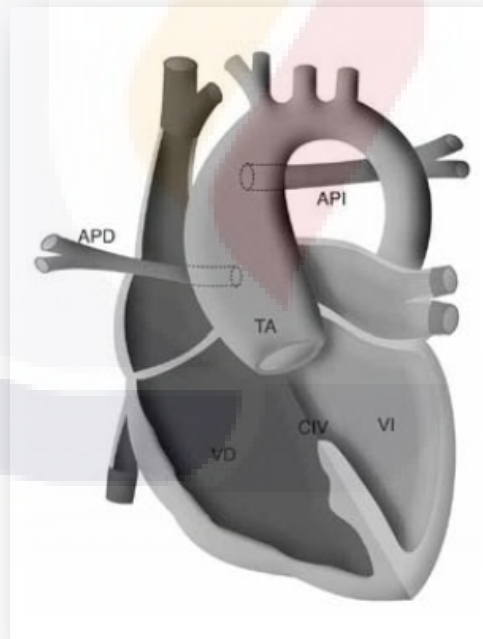


Fig. 31 Esquema ilustrativo del tronco arterioso tipo III.¹⁹

VD: Ventrículo derecho.
 VI: Ventrículo izquierdo.
 CIV: Comunicación interventricular.
 TA: Tronco arterioso.
 APD: Arteria pulmonar derecha.
 API: Arteria pulmonar izquierda.

Van Praagh cuestiona la clasificación de Collet, especialmente el tipo IV, e introduce algunas modificaciones teniendo en cuenta la presencia o no de comunicación interventricular e interrupción del arco aórtico. Utiliza el prefijo Apara indicar la presencia de CIV o B para el septum intacto. Por otra parte, en el tipo IV incluye al TA asociado a la interrupción del arco. Hay un flujo pulmonar aumentado con mezcla de sangre sistémica y pulmonar.³

La mayoría de los niños se presentan en etapas tempranas con cianosis debido a la mezcla de sangre oxigenada y desoxigenada y con signos de insuficiencia cardíaca congestiva. El pronóstico, si no se realiza una corrección quirúrgica, es malo, con una supervivencia del 25 % a los 6 meses

ANILLOS VASCULARES

Corresponden a configuraciones anormales del arco aórtico que resultan de una regresión incompleta de uno de los seis arcos branquiales presentes durante el desarrollo embriológico. Las estructuras vasculares o el ligamento arterioso rodean y comprimen la traquea y el esófago provocando síntomas como estridor, dificultad respiratoria, atrapamiento aéreo y apnea; la compresión esofágica provoca vómitos, dificultad al tragar y disfagia. Predisponen a la aparición de neumonías por aspiración. Pueden ser completos, formando un anillo continuo alrededor de la traquea y esófago, o bien incompletos, casos donde los síntomas suelen ser menores o incluso estar ausentes.³

Existen diversas formas de anillos vasculares: Síndrome de la arteria innominada anómala. El tronco arterial braquiocefálico se origina del cayado pero más hacia la izquierda que lo habitual, motivo por el cual cruza diagonalmente por delante de la tráquea y puede tener cierto grado de compresión de su cara anterior.³

Arco aórtico doble. Puede existir como arco aórtico completo (funcional), en el que hay persistencia y permeabilidad de los arcos derecho e izquierdo o bien como arco doble, con atresia parcial de uno de ellos (habitualmente el izquierdo), donde la continuidad está dada por un cordón fibroso remanente que completa el anillo. Esta última variante es más frecuente. Los troncos supraaórticos emergen cada uno por separado, sin un tronco arterial braquiocefálico, esto es, arteria subclavia y carótida derechas, arteria subclavia y carótida izquierdas, lo que se denomina signo de los cuatro vasos. Cuando el arco menor está atrésico, generalmente el cordón fibroso aparece distal a la emergencia de la arteria subclavia izquierda. En estos casos, en ocasiones se puede interpretar en forma errónea como un arco aórtico a la derecha; sin embargo, se suele ver el signo de los cuatro vasos y por otra parte, en el lado atrésico suele permanecer un pequeño segmento permeable previo al cordón fibroso manifestado como un divertículo posterior al esófago.³

Arco aórtico a la izquierda con arteria subclavia derecha aberrante. En la literatura no se lo considera un anillo verdadero; sin embargo, en algunas oportunidades, suele provocar síntomas considerables, de forma similar a los anillos verdaderos. En estos pacientes, la arteria subclavia derecha no se origina del tronco arterial braquiocefálico sino que emerge en forma individual como el último vaso del arco aórtico y sigue un trayecto retroesofágico para dirigirse luego hacia arriba y a la derecha. Arco aórtico a la derecha con arteria subclavia izquierda aberrante. La arteria subclavia izquierda aberrante es el último tronco en salir. La presencia del ligamento arterioso completa un anillo verdadero. Suelen ser sintomáticos a temprana edad.³

COMUNICACIÓN INTERAURICULAR (CIA): DEFECTOS DEL COMPLEJO SEPTAL INTERAURICULAR

La CIA es un defecto del tabique interauricular que comunica las dos aurículas permitiendo el flujo sanguíneo entre ellas. Estos defectos pueden estar localizados en cualquier sitio del tabique interauricular, siendo el más frecuente la región del foramen oval (alrededor del 70%).^{5, 30}

Debe tenerse en cuenta que esta patología es muy difícil de diagnosticar en los primeros días de vida, cuando el defecto es pequeño, porque se puede confundir con un foramen oval que es normal a esta edad, sobre todo si hay retraso en la disminución de las resistencias pulmonares como ocurre al nacer a grandes alturas sobre el nivel del mar o cuando, secundario a un problema pulmonar en el recién nacido, hay aumento de las presiones pulmonares; en ambos casos se el tabique interatrial, lo que lleva a distensión del foramen oval, que lo hace indistinguible de una verdadera comunicación interatrial pequeña.⁵

Al considerar que en la formación del tabique interatrial intervienen varias estructuras embrionarias (septum primum, septum secundum), cojín endocárdico dorsal o inferior y el cuerno o valva izquierda del seno venoso, razón por la cual recibe el nombre de complejo septal interatrial, comprenderemos que pueden existir diversos tipos de defectos.

Radiología

Desde el punto de vista radiológico, la comunicación interauricular se caracteriza por un crecimiento variable del ventrículo derecho y de aurícula derecha dependiente del tamaño del defecto; abombamiento del tronco de la pulmonar y prominencia de sus ramas, siendo más notoria la dilatación de la derecha, aorta ascendente y cayado aórtico poco aparentes y flujo pulmonar aumentado⁵

Ecocardiografía

La correcta definición de estas lesiones, con base en el ultrasonido y en otros criterios no invasivos, permite realizar la cirugía sin cateterismo cardíaco y con resultados excelentes.

El estudio ecocardiográfico de las comunicaciones interauriculares debe precisar:

1. La localización y el tamaño del defecto;
2. La conexión de las venas pulmonares y sistémicas;
3. Anomalías asociadas;
4. La repercusión hemodinámica;
5. El cálculo de la magnitud del cortocircuito, y
6. La presión pulmonar.

Para precisar el tamaño, forma y localización del defecto deben usarse varias proyecciones con el fin de optimizar la visualización del tabique interauricular, que es una estructura muy delgada, principalmente en la zona del foramen oval y valorar su relación con estructuras adyacentes, poniendo especial cuidado para relacionar el defecto con la vena cava superior e inferior, las venas pulmonares y el seno coronario ⁵

DEFECTO SEPTAL INTERVENTRICULAR

El defecto del septum interventricular es la anomalía cardíaca más común encontrada en niños. Las manifestaciones de la anomalía tienen rangos que van desde un soplo cardíaco de tono alto en un niño asintomático hasta signos severos de falla cardíaca en un niño con defecto de gran tamaño. Los pasados 50 años han mostrado una sucesión de avances en la clasificación, diagnóstico y tratamiento de esta condición y el avance en el manejo familiar de la enfermedad, lo que ha servido como un paradigma en el progreso de la cardiología pediátrica y la cirugía cardíaca. ^{12, 30}

El defecto del septum interventricular se encuentra aproximadamente en el 20% de los pacientes en seguimiento clínico de cardiología pediátrica; se ha estimado en un rango aproximado de 1,5 a 2 por cada 1.000 nacidos vivos. Tennessee y Norway encontraron una mayor incidencia: 5,6 y 5,7 por 1.000 nacidos vivos. ¹²

El septum interventricular es una estructura no planar que vista por el lado del ventrículo derecho e izquierdo puede ser dividida en cuatro porciones: 1. Septum membranoso y 2. Septum muscular que, a su vez, se divide en porción de entrada, trabeculada y salida. Cuando hay compromiso de las dos zonas, se denominan defectos de la porción perimembranosa entrada, trabeculada y salida de acuerdo a la porción del septum muscular comprometido. ¹²

En patologías cardíacas congénitas, cuando hay otra anomalía asociada al defecto septal, se puede observar que no hay defecto del septum como tal, sino que no hay continuidad de un septum con otro, lo que se suele denominar defecto por mala alineación de los septa (como ocurre en la doble cámara de salida de ventrículo derecho o en tetralogía de Fallot) o en ausencia de uno de los septum (como en atresia pulmonar o tronco común), cuando existe el cabalgamiento de una de las válvulas de entrada o salida sobre el septum. Cuando existe defecto como tal asociado a este, debe ser descrito independientemente.¹²

En el defecto perimembranoso con ventrículos normalmente relacionados, el tejido de conducción está siempre relacionado con la porción postero-inferior del defecto. En aquellos que son musculares el tejido de conducción permanece en su posición, al margen del septum membranoso, y se localiza anterior y superior al defecto. En inversión ventricular, el tejido de conducción se localiza anterior al defecto septal.¹²

CANAL AURICULOVENTRICULAR

El término defecto septal atrioventricular (AV) describe alteraciones en la formación de las válvulas auriculoventriculares, septum interauricular y septum interventricular como resultado de una falla en el desarrollo embriológico de los cojines endocárdicos.¹³

Ecocardiograma

El ecocardiograma Doppler color es un excelente método de diagnóstico. Nos da información anatómica con respecto a la presencia de comunicación interauricular o interventricular, las anomalías de las válvulas AV, el grado de balance ventricular, las características del tracto de salida ventricular izquierdo y otras anomalías asociadas que nos permitan la clasificación del defecto septal AV en parcial o completo de acuerdo con los hallazgos.¹³

Es posible realizar evaluaciones hemodinámicas no invasivas por doppler que nos permiten calcular la presión sistólica del ventrículo derecho, arteria pulmonar y gradientes a través de áreas de estenosis.¹³

El ecocardiograma posoperatorio examina los tabiques atrial y ventricular y hace una evaluación morfológica de las válvulas auriculoventriculares, los tractos de salida ventriculares, la función ventricular y la hipertensión pulmonar. La regurgitación valvular y la obstrucción en el tracto de salida pueden presentarse evolutivamente en el tiempo.¹³

El canal AV completo puede ser diagnosticado en etapa prenatal con un ecocardiograma. Algunos fetos pueden desarrollar hidrops fetal si la válvula común presenta una insuficiencia importante. El estudio se indicará si existe un

defecto septal en la vista apical de cuatro cámaras obstétrica o al estar presente cualquier marcador del síndrome de Down, incluyendo intestino ecogénico, edema en la región de la nuca, efusiones pleurales, peritoneales, pericárdicas o atresia duodenal.¹³

Cateterismo cardíaco

Este estudio es requerido únicamente cuando hay anomalías complejas asociadas, del situs cardíaco y visceral y cuando la cirugía es cuestionada debido a la evidencia de enfermedad vascular pulmonar severa. Estudios cineangiográficos adecuados muestran el defecto del septum AV, la presencia de uno o dos orificios valvulares AV, el tamaño de los dos ventrículos y la elongación del tracto de salida ventricular izquierdo en relación con el tracto de entrada, el cual produce una característica deformidad en forma de cuello de ganso.¹³

La insuficiencia tricuspídea es demostrada también por cateterismo, al igual que el cortocircuito de izquierda a derecha por cambios significativos en la saturación de oxígeno de la sangre. La dirección y magnitud del cortocircuito, presión pulmonar y sistémica, resistencias y flujos y presión ventricular derecha e izquierda pueden ser calculadas por datos obtenidos en el cateterismo cardíaco.¹³

El uso más frecuente del cateterismo en canal AV completo es para evaluar la presión pulmonar cuando está elevada y la respuesta a vasodilatadores como oxígeno, óxido nítrico y bloqueadores de los canales de sodio.¹³

VENTRÍCULO ÚNICO

La radiología en esta patología no escapa a consideraciones especiales al igual que otros aspectos. La vasculatura arterial pulmonar y la relación de los grandes vasos ocupan el mayor interés. Cuando la vasculatura pulmonar está aumentada, es indicativo de ventrículo único izquierdo, debido a la menor relación de este con la estenosis pulmonar, comparada con otros tipos de corazón univentricular.¹⁹

El crecimiento auricular derecho muchas veces denota la insuficiencia del ventrículo único. Es recomendable realizar la evaluación de la aurícula izquierda en posición lateral, pues se puede confundir con una cámara del tracto de salida en posición invertida²⁶. Como la arteria pulmonar es posterior e interna, no forma borde a menos de que se dilate y al hacerlo, levanta sus ramas, lo que le da un aspecto de cascada.¹⁹

La silueta de la aorta ascendente está determinada por la posición de la cámara del tracto de salida, con convexidad izquierda o derecha dependiendo de si es derecha o izquierda. Cuando hay estenosis pulmonar, la silueta

cardíaca no presenta gran diferencia con lo descrito anteriormente. Si la obstrucción pulmonar es marcada, la vasculatura pulmonar es normal o disminuida y la silueta cardíaca puede ser normal o casi normal.¹⁹

En pacientes con atresia pulmonar asociada podemos observar una silueta cardíaca pequeña rectangular, contrastando con una aorta dilatada en el borde izquierdo superior. Al tener un ventrículo único derecho, la regla es la doble salida ventricular y la estenosis pulmonar, por lo tanto, la silueta cardíaca y el flujo pulmonar son normales, ligeramente aumentados o reducidos respectivamente.¹⁹

CONDUCTO ARTERIOSO PERSISTENTE

El ductus arterioso persistente (DAP) es una estructura vascular que comunica la porción distal del arco aórtico con la región proximal de la arteria pulmonar izquierda (fig 5). Su presencia es necesaria en la vida fetal para desviar la sangre del tronco pulmonar hacia la aorta descendente; durante este período se denomina ductus arterioso permeable, se localiza justo entre las arterias pulmonares, tiene morfología tubular y su diámetro puede ser mayor que el de cada arteria pulmonar, ya que por su luz circula el 70% del gasto cardíaco fetal.^{14, 32}

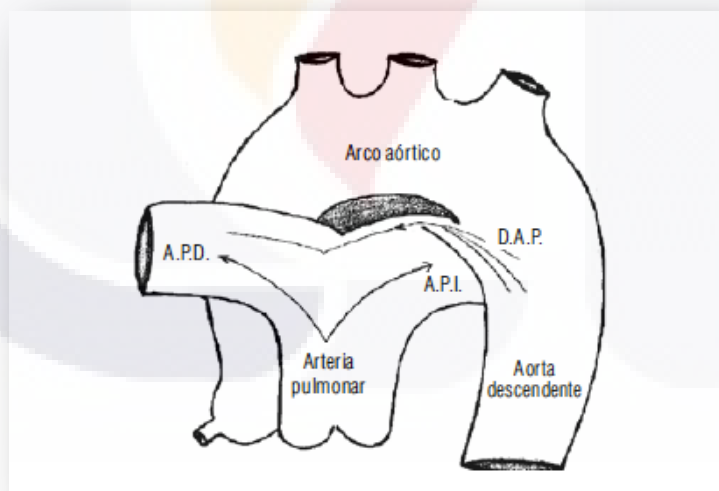


Fig. 32 Ducto Arterioso Persistente¹⁴

Técnicas diagnósticas Radiografía de tórax

Según el tamaño del DAP, los hallazgos radiológicos pueden variar desde una placa normal en los pacientes con ductus pequeños hasta una francamente anormal en los pacientes con ductus grandes. En los portadores de un defecto de moderado calibre es evidente el incremento en el flujo sanguíneo pulmonar, con cardiomegalia a expensas de la aurícula y el ventrículo izquierdo, dilatación del arco pulmonar y el botón aórtico.³²

Cuando el ductus es grande el incremento del flujo pulmonar es importante y con frecuencia es posible encontrar edema pulmonar; existe cardiomegalia importante a expensas de aurícula y ventrículo izquierdo, el bronquio fuente izquierdo se horizontaliza por el rechazo ejercido por la aurícula izquierda y en ocasiones, se encuentra un arco entre el botón aórtico y el arco pulmonar que corresponde al infundíbulo aórtico del ductus. En los adultos dicha zona puede calcificarse, determinando una mayor densidad radiológica.³²

En los pacientes que han desarrollado hipertensión pulmonar suprasistémica, el flujo pulmonar está presente en los dos tercios proximales y ausente en el tercio distal de los campos pulmonares; el tronco pulmonar y la porción proximal de las ramas se encuentran dilatadas y la silueta cardíaca está levemente aumentada mostrando configuración derecha con punta elevada.¹⁴

ESTENOSIS PULMONAR

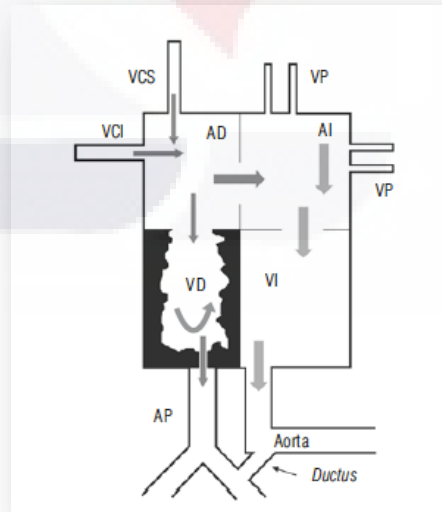


Fig. 33 Fisiopatología¹⁵

La estenosis pulmonar es una forma de obstrucción al tracto de salida del ventrículo derecho, generalmente en la válvula pulmonar, aunque se puede encontrar en la zona supravalvular. Puede existir o no compromiso del tronco y las ramas pulmonares o del tracto de salida del ventrículo derecho. La estenosis pulmonar aislada se puede encontrar entre el 80 al 90% de los pacientes con obstrucción a la salida del ventrículo derecho³. Las primeras descripciones datan de 1761 por Morgagni, en 1888 Fallot separó la estenosis pulmonar del defecto con comunicación interventricular.¹⁵

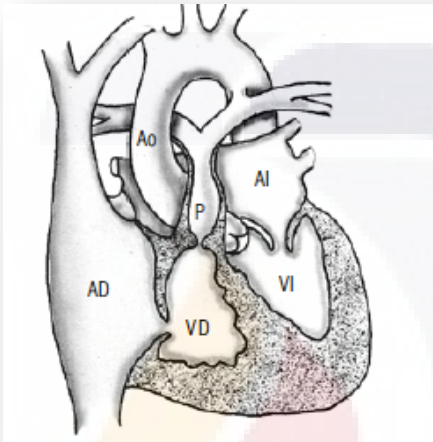


Fig. 34 Estenosis Pulmonar¹⁵

En la estenosis pulmonar neonatal se encuentra un paciente críticamente enfermo, taquipneico, irritable y severamente hipoxémico. La cianosis se presenta por el cortocircuito de derecha a izquierda en las aurículas. El cuadro clínico se presenta a los pocos días de nacido cuando se cierra el ductus arterioso.¹⁵

La asociación a otras cardiopatías congénitas es poco frecuente. La anomalía de Ebstein que se puede presentar en el 5% de los niños con atresia pulmonar con septum intacto, se presenta solo en el 1% de pacientes con estenosis pulmonar.¹⁵

Las presentaciones leves y moderadas son asintomáticas, e incluso algunos casos de formas severas también los son. El diagnóstico se hace ante el hallazgo de un soplo anormal al examen físico, ya que los síntomas son raros en la niñez y se hacen más frecuentes con el crecimiento. El desarrollo pondoestatural de estos pacientes es normal.¹⁵

TETRALOGÍA DE FALLOT

La tetralogía de Fallot es una cardiopatía congénita caracterizada por:

1. Comunicación interventricular subaórtica grande.
2. Estenosis pulmonar infundíbulo valvular.
3. Cabalgamiento aórtico.
4. Hipertrofia ventricular derecha.

Cuando se asocia a comunicación interauricular recibe el nombre de pentalogía de Fallot.

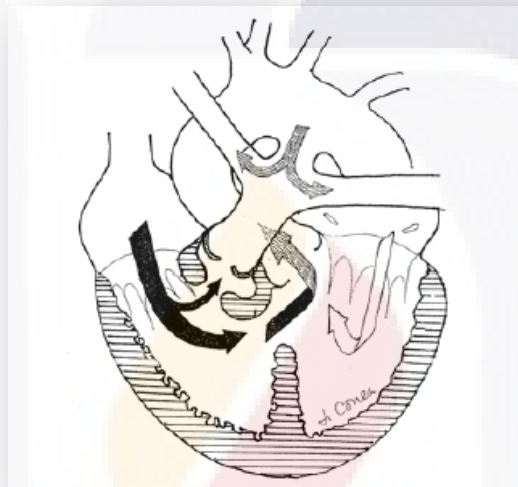


Fig. 35 Tetralogía de Fallot¹⁶

Clasificación

1. Fallot típico (estenosis pulmonar moderada): 70%.
2. Fallot rosado: 15%.
3. Fallot extremo o hiperfallot: 5%.
4. Fallotización de una comunicación interventricular: 5%.

Existe una presentación rara que representa un 5% conocida como tetralogía de Fallot con agenesia de válvulas pulmonares, la cual se caracteriza por una comunicación interventricular grande, un anillo pulmonar pequeño, ausencia de valvas pulmonares que ocasiona regurgitación pulmonar severa, resultando en una dilatación severa de las ramas pulmonares que comprimen la vía aérea, empeorando la cianosis.¹⁶

Ecocardiograma

El diagnóstico se debe establecer por medio de este método. En muchos centros cardiológicos es la única herramienta prequirúrgica para el estudio de esta patología. Se debe definir el tamaño y extensión de la comunicación interventricular, el porcentaje de cabalgamiento de la aorta, la severidad de la obstrucción del ventrículo derecho, el tamaño de las arterias pulmonares, la anatomía de las arterias coronarias, la dirección del arco aórtico, la presencia o no de colaterales aortopulmonares o ductus arterioso, y descartar patologías asociadas¹⁶



JUSTIFICACIÓN

El evaluar la correlación diagnóstica de la angiotomografía con los diferentes métodos diagnósticos tradicionales en el estudio de las cardiopatías congénitas en nuestro hospital, así como los factores asociados a los errores diagnósticos, permitirá optimizar el uso de esta herramienta de imagen en el diagnóstico de las cardiopatías congénitas de los pacientes de nuestro hospital.

HIPÓTESIS

La angiotomografía tiene una alta sensibilidad y especificidad en malformaciones cardiovasculares y permite mejorar el diagnóstico y manejo de los pacientes con estas alteraciones congénitas.



OBJETIVO GENERAL

Determinar la utilidad diagnóstica de la Angiotomografía en el estudio de las cardiopatías congénitas en los pacientes del Centenario Hospital Miguel Hidalgo, acorde a la tecnología y métodos de imagen disponibles en el mismo.

OBJETIVOS SECUNDARIOS

Analizar los factores asociados a los aciertos y errores diagnósticos.

Establecer un protocolo de estudio (indicaciones, contraindicaciones, método de ejecución y de análisis del procedimiento de manera conjunta con los médicos involucrados en el manejo de estos pacientes).

TIPO DE ESTUDIO

Observacional.

DISEÑO

Ambispectivo, descriptivo y analítico.

DEFINICIÓN DEL UNIVERSO

Pacientes menores a 16 años atendidos en el servicio de imagenología a los que se les realizó Angiotomografía cardiovascular.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Pacientes menores a 16 años sometidos a angiotomografía cardiovascular en el departamento de imagenología del Centenario Hospital Miguel Hidalgo, de Octubre del 2009 a Diciembre de 2011.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

Pacientes que no contaran con la información clínica y/o de exámenes de gabinete complementarios que permitieran confirmar el diagnóstico. Todos los pacientes que no cumplan con los criterios de inclusión.

MÉTODOS DE SELECCIÓN DE MUESTRA

Pacientes con diagnóstico de cardiopatía congénita que asistan al departamento de Imagenología para realización de Angiotomografía

DEFINICIÓN DE VARIABLE

VARIABLES DEPENDIENTES: Calidad del estudio, diferencias significativas, diferencias no significativas, correlación con cateterismo, cirugía y ecocardiografía.

VARIABLES INDEPENDIENTES: Edad, peso, sexo, talla, diagnóstico de envío, servicio solicitante, indicación ATC, dosis de medio de contraste, tipo de inyección del medio de contraste, fecha de estudio.

RECURSOS DE LOGÍSTICA

Tomografo marca SIEMENS Somatom Sensation®, Helicoidal multidetector de 40 cortes. Medio de contraste no iónico yodado Ultravist MR., Inyector DUAL Medrad modelo Stellant, Yelco, Venopack, aguja hipodérmica, torundas alcoholadas, técnico radiólogo, enfermera, Médico Radiólogo, Cardiólogo pediatra, Médico Residente de Imagenología, Paciente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron los detalles diagnósticos de los pacientes con cardiopatía congénita estudiados mediante Angiotomografía en el Departamento de Imagenología del Centenario Hospital Miguel Hidalgo desde Octubre del 2009 hasta Diciembre del 2011 y se compararon con los detalles diagnósticos obtenidos mediante ecocardiografía, cateterismo cardiaco y hallazgos quirúrgicos en estos pacientes.

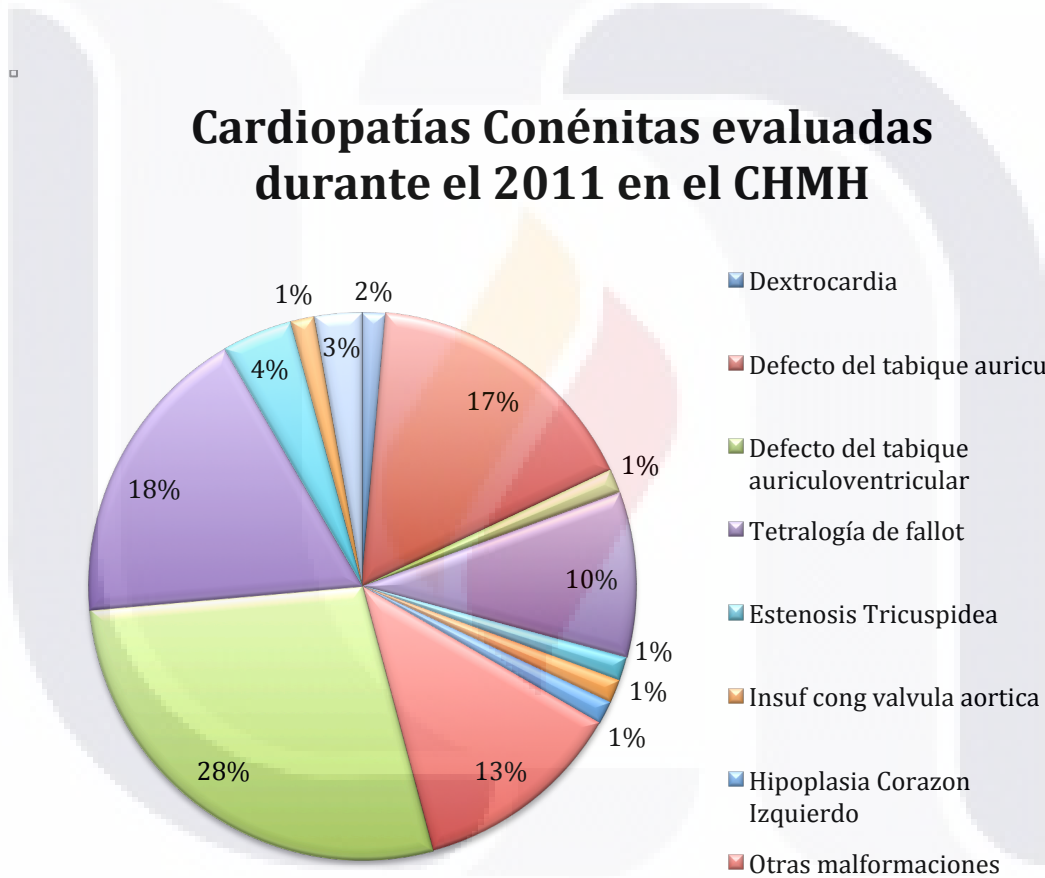
Se utilizó un tomógrafo Siemens Somatom Sensation multicorte con 40 detectores, medio de contraste no iónico de baja osmolaridad (Iopromida Ultravist ®. Bayer-Schering Pharma) a 1ml/kg, con inyección manual o con inyector dual marca Medrad modelo Stellant con un volumen de entrada de 100psi y a un caudal máximo de 2.0 ml/seg.

El tiempo de retraso para todos fué de aproximadamente 7 segundos (tiempo mínimo de retraso) y los estudios se planificaron con dosis de kilovoltaje y miliamperaje semejantes a una tomografía computada de tórax y abdomen pediátrico standard (120kv – 30 a 80 mA), variando durante el curso del estudio de acuerdo a los resultados, con el objeto de disminuir dosis, así como la utilización del programa "**Caredose**" ® del mismo fabricante el cual reduce la radiación emitida por nuestro tomógrafo en estos pacientes pediátricos en particular.

Se utilizaron pitch de 3.75mm/s y un incremento de reconstrucción de hasta 0.7mm, dependiendo de las estructuras a estudiar y de de la talla del paciente. Así como una colimación dependiente a la estructura que se deseaba visualizar y también dependiente del tamaño del paciente (campo de visualización adecuado por paciente [FOV]) . Se emplean reconstrucciones de diferentes tipos, en las cuales destacan las multiplanares, lineares y curvas, proyección de máxima intensidad (MIP) y volumen "rendering" volumétricas. Los pacientes menores de 10 años fueron sometidos a sedación proporcionada por anestesiólogo.

RESULTADOS

La sospecha de cardiopatías congénitas, constituye una de las causas mas frecuentes de consulta en nuestro hospital. El archivo clínico de nuestra institución nos reportó un total de 88 pacientes evaluados por cardiopatías congénitas en el año 2011 predominando la persistencia de conducto arterioso (20 pacientes) y seguida de la coartación aórtica (13 pacientes) como los dos principales diagnósticos evaluados.

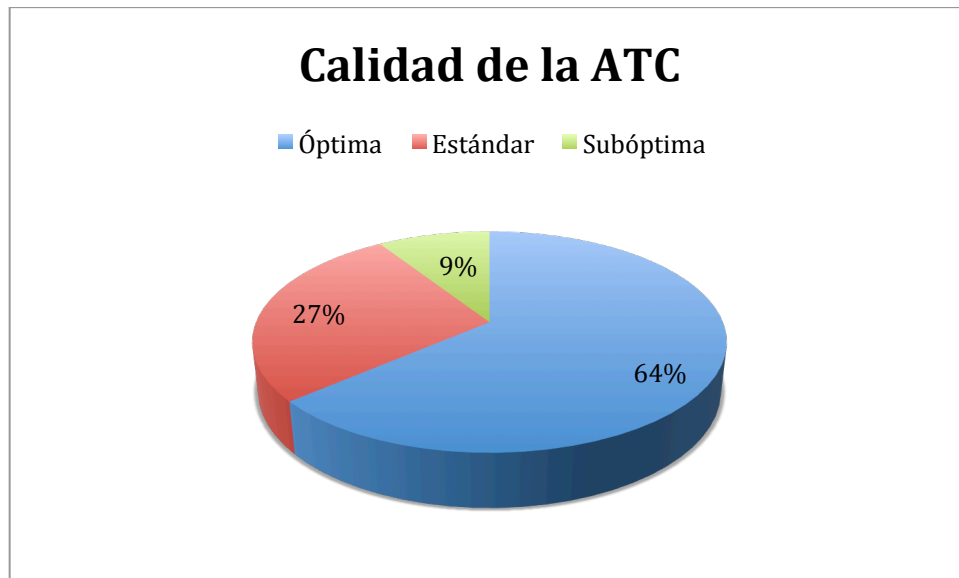


Gráfica 1. Cardiopatías congénitas durante el último año en el Centenario Hospital Miguel Hidalgo

Se realizaron Angiotomografías a 26 pacientes, en el periodo de Octubre del 2009 y Diciembre del 2011. Se excluyeron 4 pacientes por no contar con la información necesaria para este análisis.

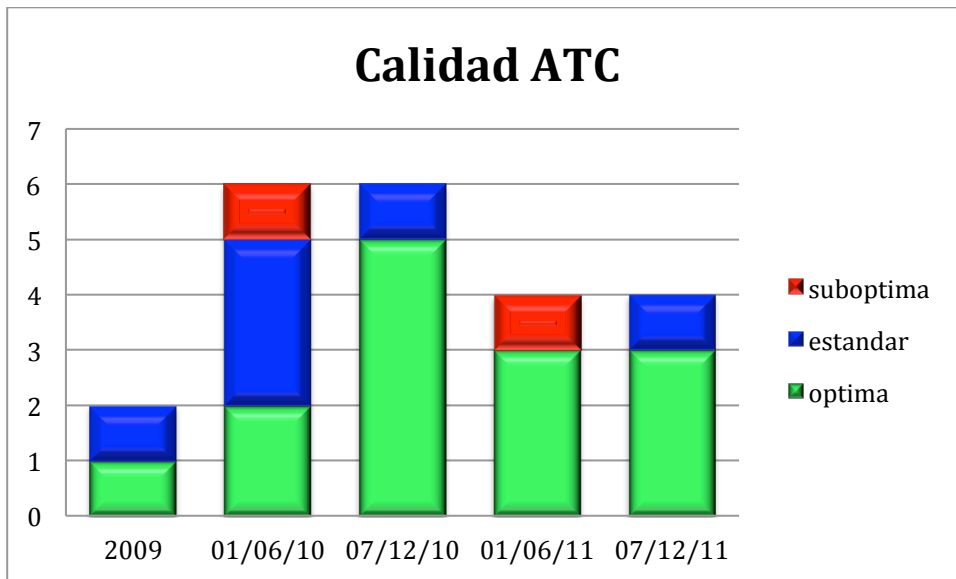
Se establecieron 3 categorías de acuerdo a la calidad del estudio en los 22 pacientes evaluados. Para establecer estas 3 categorías se consideraron la

opacificación del medio de contraste medida en UH y la calidad de la imagen, evaluada por el médico radiólogo. La mejor calidad se categorizó como óptima, la calidad adecuada como estándar y la de baja calidad como subóptima. Obteniéndose así 14 estudios con óptima calidad, en 6 estudios con calidad estándar y 2 con calidad subóptima (gráfica 2).



Gráfica 2. Clasificación de la calidad de la ATC

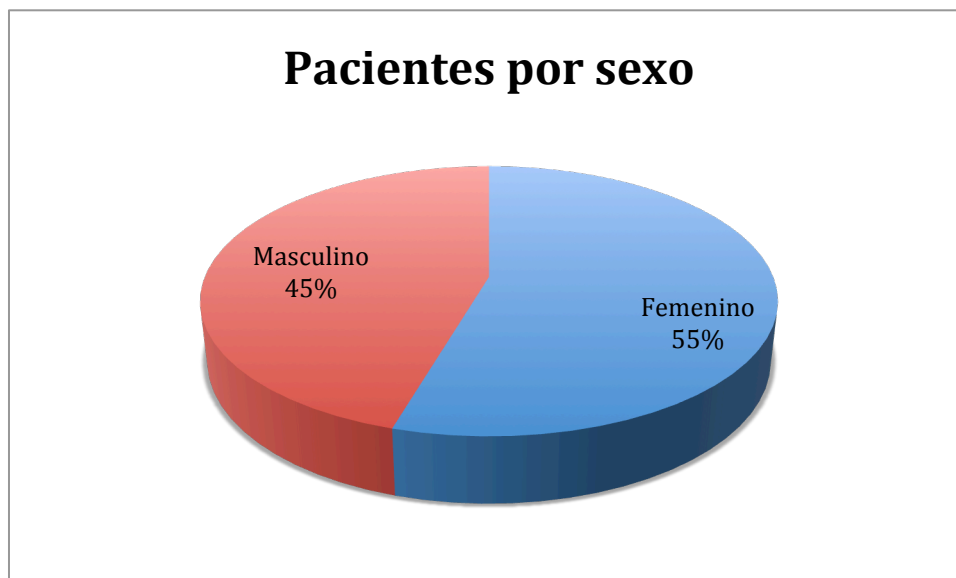
Durante el periodo del presente trabajo observamos una mejoría en la calidad de los estudios (Gráfica 3), aunque aún no se ha logrado que el 100% de los estudios sean óptimos.



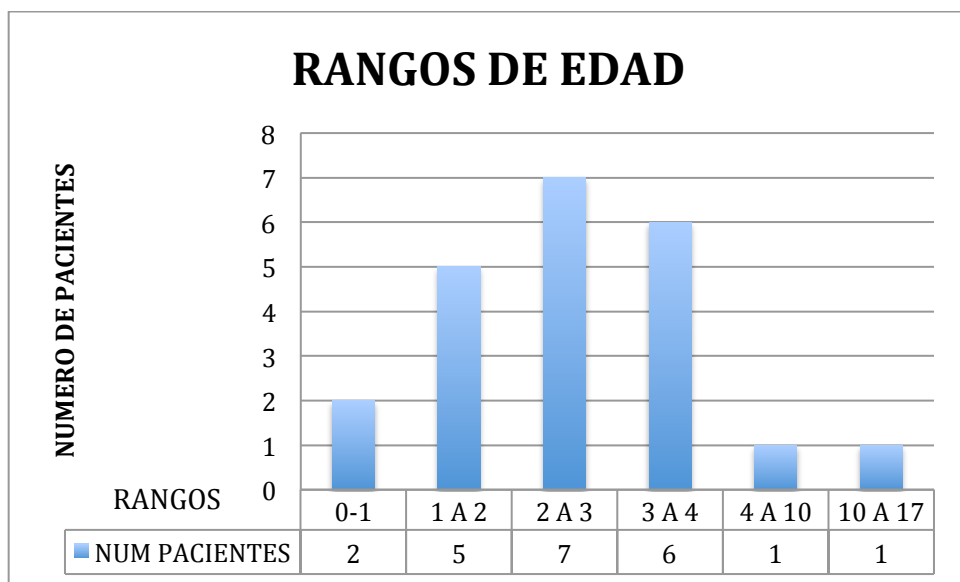
Gráfica 3. Clasificación de la calidad de la ATC por semestres en el trabajo

La dosis de medio de contraste utilizada fue calculada a 1ml por Kg de peso. El volumen promedio utilizado en el total de nuestros pacientes fue de 11.6ml por paciente, destacando que no se registraron reacciones adversas en ninguno de nuestros pacientes estudiados.

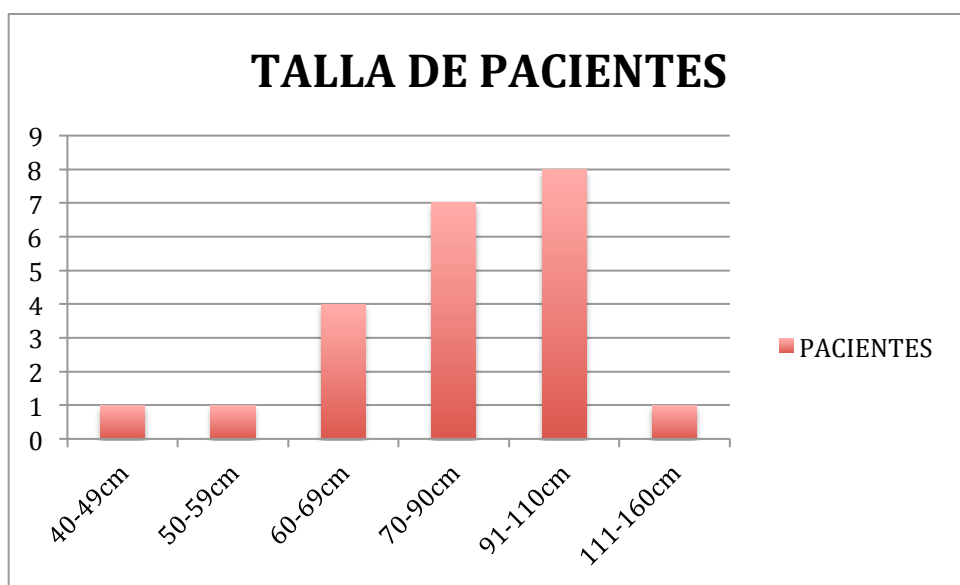
Más de la mitad (55%) de los pacientes estudiados fueron mujeres (gráfica 4). Veinte de los 22 pacientes (91%) eran menores de 5 años de edad (gráfica 5) con pesos de 4.5 kg hasta 43 kg (promedio de 11.3 kg) y tallas de 49 y 154 cm (promedio de 83 cm).



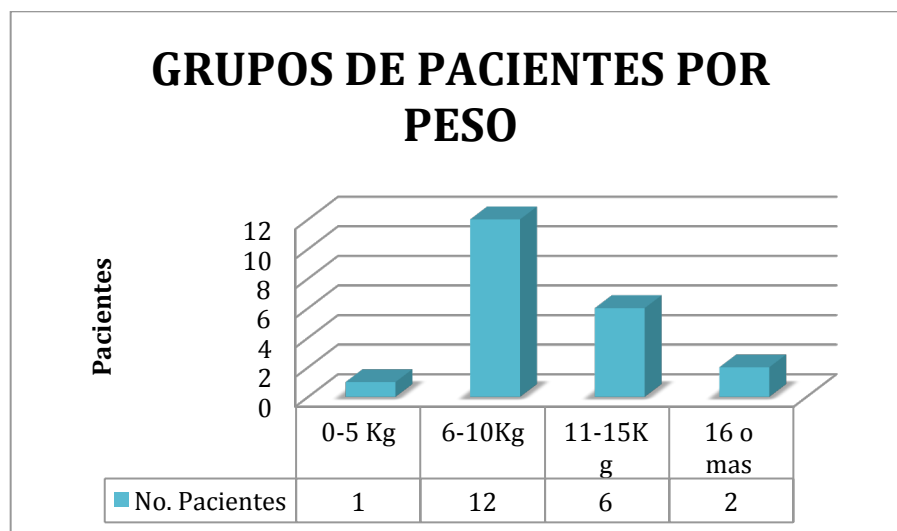
Gráfica 4. Pacientes por sexo



Grafica 5. Edades por paciente



Grafica 6. Tallas de paciente por Grupo en centímetros



Grafica 7. Pesos de paciente por Grupo en kilogramos

La gran mayoría de los pacientes fueron enviados a ATC por el Servicio de Cardiología Pediátrica (20 pacientes, 91%), como parte del estudio preoperatorio de niños con malformaciones cardíacas. Dos niños fueron enviados por otros servicios de Pediatría.

El diagnóstico de envío mas frecuente fueron las alteraciones de arco aórtico (7 de 22 pacientes, 31%): 5 pacientes tenían diagnóstico ecocardiográfico de Interrupción de Arco aórtico (pre o post corrección quirúrgica) y 2 pacientes tenían lesiones residuales después de corrección de Coartación Aórtica. El resto de los pacientes tenían diagnósticos previos muy diversos, siendo la mayoría cardiopatías complejas.

DIAGNOSTICO PREVIO A LA ATC	No. Px
Interrupción de arco aórtico	5
Postoperado de Coartación Aórtica	2
Atresia Tricuspidéa	2
Fístula Coronaria	1
Hipertensión Pulmonar	1
Tetralogía de Fallot	1
Heterotaxia visceral	1
Atresia Pulmonar + CIV	1
Postoperado de Jatene + Obstrucción pulmonar	1
Drenaje de Vena cava superior izquierda a seno coronario	1
Cardomegalia	1
Agnesia Valvas Pulmonares	1
Elhers danlos	1
Postoperado de Bandaje Pulmonar	1
Anillo Vascular	1
Postoperado de Tetralogía de Fallot + quistes pericárdicos	1

TABLA 7. Diagnóstico previo a la ATC

Siete de los estudios (31.8 %) se realizaron con el objetivo de definir la morfología y grado de obstrucción del arco aórtico, 5 (22.7%) para definir tamaño y morfología de las ramas pulmonares. En la tabla 8 se enlistan el total de las indicaciones para realizar ATC a nuestros pacientes.

INDICACIÓN ANGIOTOMOGRAFÍA	No Px
Morfología arco aórtico	7
Tamaño ramas pulmonares	5
Evaluar venas pulmonares	2
Confirmar PCA permeable	2
Morfología de obstrucción subpulmonar	1
Morfología obstrucción bronquios	1
Dilatación de raíz aórtica	1
Anillo vascular	1
Patología pericárdica	1
Localización orificio coronario	1

TABLA 8. Indicación para realización de ATC

Se analizó la correlación de los hallazgos significativos encontrados en la Angiotomografía en relación a los hallazgos ecocardiográficos (21 pacientes), de cateterismo cardiaco (7 pacientes) y quirúrgicos (7 pacientes).

Se consideraron como errores o aciertos significativos, los que obligaron a cambiar el plan de vigilancia o tratamiento del paciente.

Al comparar los hallazgos evaluados en la ATC con los obtenidos por los otros métodos diagnósticos en los 22 pacientes estudiados encontramos una correlación adecuada de 46 hallazgos, 4 errores no significativos, 6 errores significativos, 8 aciertos significativos y 1 acierto no significativo.

Los errores significativos fueron: 4 mediciones del tronco o ramas pulmonares, 1 diagnóstico de seno coronario sin techo y 1 derrame pericárdico multiquístico. Los errores no significativos fueron: falla en la detección de comunicación interventricular pequeña en 2 pacientes, de conducto arterioso permeable en 1 y falla en la detección de bandaje pulmonar.

Se consideraron aciertos significativos, la detección de un conducto arterioso permeable grande, no detectado previamente a la ecocardiografía, la evaluación adecuada de las ramas pulmonares en 1 paciente con Tetralogía de Fallot, del infundíbulo pulmonar en 1 paciente, de anillo vascular en 1 paciente y la determinación adecuada de los diámetros en obstrucciones de arco aórtico.

Todos los estudios angiográficos fueron analizados en los días subsecuentes a la realización del estudio y nuevamente en Diciembre del 2011. En 3 casos se corrigieron diagnósticos equivocados 1 conducto arterioso no detectado previamente, en 2 pacientes se redefinió correctamente la conexión de las venas pulmonares.

DISCUSIÓN

El presente estudio muestra nuestra experiencia preliminar con el uso de la ATC para el estudio de pacientes con cardiopatías congénitas en nuestro hospital. El número de pacientes incluidos en el presente análisis es pequeño y aunque no permite realizar un análisis estadístico mas completo, si permite dar un panorama general de la utilidad y limitaciones de este método diagnóstico en nuestro hospital.

En el Centenario Hospital Miguel Hidalgo, el diagnóstico ecocardiográfico (apoyado en la evaluación clínica del niño con cardiopatía) ha mostrado ser preciso y suficiente en la gran mayoría de los pacientes para la toma de decisiones de manejo, incluyendo la corrección quirúrgica. Sin embargo el ecocardiograma tiene limitaciones para la evaluación de las estructuras extracardiacas periféricas (ramas pulmonares, arco aórtico, bronquios, parénquima pulmonar, timo, etc), y es en la evaluación de estas estructuras donde la ATC tiene su papel mas importante.

Las indicaciones de ATC en nuestros pacientes concuerdan con lo informado en la literatura y fueron dirigidas a evaluar y medir estas estructuras difíciles de ver con el ecocardiograma. Los resultados en la evaluación del arco aórtico fueron muy alentadores, sin embargo los errores mas frecuentes e importantes fueron en la medición del tronco y ramas pulmonares. Consideramos que para corregir estos errores será necesario comparar cada uno de los estudios de ATC con los resultados del cateterismo y de la cirugía con el objetivo de buscar el sitio óptimo para realizar estas determinaciones, así como las proyecciones adecuadas para localizar la estructura a medir.

También tuvimos errores importantes en la evaluación de las venas pulmonares, sin embargo esto pareció deberse mas a falta de experiencia en la interpretación del estudio y no a fallos inherentes al método, y ha ido mejorando en los últimos pacientes estudiados.

Encontramos dificultades en la evaluación de defectos septales pequeños, por lo que debemos ser muy cautelosos al estudiar las estructuras intracardiacas con la ATC. Además debemos considerar que la ATC solo permite determinar los detalles anatómicos cardiovasculares, pero tiene limitaciones importantes para la evaluación hemodinámica, ya que no permite medir presiones, ni la función valvular o miocárdica.

En uno de los 2 pacientes enviados a ATC sin evaluación cardiológica, en quien se indicó el estudio por tener una radiografía de tórax anormal, se confundió inicialmente la imagen de un timo grande con una Conexión Anómala de Venas Pulmonares. Este error pudo evitarse con una evaluación clínica previa adecuada. La evaluación subsecuente cuidadosa de la ATC corrigió el error diagnóstico.

Aunque no hubo ninguna morbilidad ni mortalidad relacionada con el estudio, no debe considerarse a la ATC como un estudio inicial o único en la evaluación de estos pacientes. Sus indicaciones deben basarse en la evaluación clínica cuidadosa para evitar falsos diagnósticos.

Para poder establecer un plan adecuado para la realización de este estudio en cada paciente es necesario considerar tanto las características clínicas (peso, talla, estado general, evaluación cardiológica previa) como tener muy claro el objetivo del estudio para saber que estructuras requieren ser evaluadas durante el procedimiento. Cabe señalar que la calidad de los estudios fue afectada por factores extrínsecos como la sedación del paciente, el difícil acceso de vía venosa en algunos casos, lo que dificultó el procedimiento de sedación y el paso del medio de contraste por vía periférica. Otro factor importante que afectó la calidad de la ATC fué el uso de inyector que aunado con una vía permeable y de adecuado calibre mejoró significativamente la imagen de la ATC obteniéndose una calidad óptima en todos los pacientes en los que se utilizó el inyector dual.

Aunque aún no todos los estudios son óptimos, la calidad de nuestros estudios de ATC ha ido mejorando gracias a la experiencia ganada durante estos 2 años que ha permitido modificar los parámetros de inyección del material contraste, los tiempos de adquisición del estudio, y la mejor planeación de cada procedimiento de manera individual.

Además de la mejoría en la calidad de los estudios, también se logró adquirir mayor experiencia en su interpretación. El continuar el programa de trabajo en equipo entre los servicios de Imagenología y Cardiología Pediátrica y la reatrolimentación continua, permitirá obtener resultados cada vez mejores con este método diagnóstico, de tal manera que se pueda evitar la angiografía diagnóstica mediante cateterismo cardiaco, la que conlleva mas riesgos para el paciente.

El presente trabajo tiene bastante campo para el desarrollo a futuro del mismo, por lo cual pudiera ser la base de nuevos proyectos en nuestra institución.

CONCLUSIÓN

La ATC es un método de imagen útil en el diagnóstico de las cardiopatías congénitas complejas, al permitir evaluar las estructuras no accesibles con la ecocardiografía, pero requiere de indicaciones precisas y de experiencia tanto para su realización como para su interpretación.

El presente trabajo permitió establecer un programa de trabajo conjunto entre los servicios de Imagenología y Cardiología Pediátrica, para el desarrollo de este método diagnóstico en el estudio de las cardiopatías congénitas complejas.

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Se utilizó el formato establecido por el servicio de Imagenología de este hospital titulado CARTA DE CONSENTIMIENTO BAJO INFORMACION DE IMAGENOLOGIA, en la cual se recabara la firma y autorización del paciente y dos testigos para realizar la biopsia, previa explicación del evento al paciente así como los riesgos que conlleva el procedimiento al que será sometido. También se incluye la fecha nombre y domicilio del paciente, el procedimiento que se realizara, así como las posibles complicaciones que se pueden presentar, en la parte inferior de la misma se encuentra un espacio de NO AUTORIZACION O RECHAZO DEL PROCEDIMIENTO en caso de que el paciente decida no llevar a cabo dicho procedimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Woo Goo. Haemodynamic findings on cardiac CT in children with congenital heart disease. *Pediatr Radiol* (2010), 41:250-261.
- (2) Diego Habermán. Anomalías congénitas de la arteria aorta. Evaluación mediante tomografía computada multicorte en neonatos y niños. *RAR Vol 73 No 3* (2009).
- (3) Woo Goo. Cardiac MDCT in Children: CT Technology Overview and Interpretation *Radiol Clin N Am* 49 (2011) 997-1010.
- (4) Faris Al-Mousily *Pediatr Cardiol* (2011) 32:426-432 DOI 10.1007/s00246-010-9873-8
- (5) Gabriel F. Díaz Góngora Comunicación interauricular (CIA): defectos del complejo septal interauricular. *Cardiopatías congénitas Capítulo XV* pag 1272 - 128
- (6) Van Praagh R. The segmental approach to diagnosis in congenital Herat disease. *Birth defects: Original Article Series*, 1972 8:4-8.
- (7) Anderson RH. Weasel words in pediatric cardiology. *Int. J. Cardiol: Int J Cardio*, 1983; 2:425 - 30.
- (8) Liberthson RR, Paul MH, Lev M, et al. Straddling and displaced atrioventricular orifices and valves with primitives ventricles. *Circulation* 1971;
- (9) Attie F, Mispireta J. Discordancias auriculoventriculares. Monografía. Instituto Nacional de Cardiología, Ignacio Cháves. 1978. México.
- (10) Attie F. *Cardiopatías congénitas. Morfología, cuadro clínico y diagnóstico.* Salvat Mexicana de ediciones, 1985.
- (11) Anderson RH, Shinebourne Gerlis L, M. Criss-cross atrioventricular relationships producing paradoxical atrioventricular concordance or discordance. *Circulation* 1974;50:176-81.
- (12) Marina. Flórez Cabeza. Defecto Septal Interventricular. *Cardiopatías congénitas Capítulo XV* pag 1282 - 1286
- (13) Jaime A. Franco Rivera. Canal Auriculoventricular *Cardiopatías congénitas Capítulo XV* pag 1288-1291
- (14) Claudia M. Stapper Ortega. Ductus Arterioso Persistente. *Cardiopatías congénitas Capítulo XV* Páginas 1312-1317
- (15) Gabriel Cassalet Bustillo. Estenosis Pulmonar. *Cardiopatías Congénitas Capítulo XV* Páginas 1318-1322

- (16) Eduardo Venegas MD. Tetralogía de Fallot. Cardiopatías Congénitas Capítulo XV Páginas 1324-1327
- (17) Pamela T. Johnson, Elliot K. Fishman. Postprocessing Techniques for Cardiac Computed Tomographic Angiography Radiol Clin N Am 48 (2010) 687-700
- (18) Tongfu Yu, MD. Revisión de la angio-TC de aorta. Radiol Clin N Am 45 (2007) 461-484
- (19) Walter Mosquera Álvarez Cardiopatías Congénitas Capítulo XV Páginas 1404-1411
- (20) Physiopathology of the Aging Heart Filippo Cademartiri, MD, PhD. Radiol Clin N Am 46 (2008) 653-662 doi:10.1016/j.rcl.2008.04.011.
- (21) Jill E. Jacobs, MD Computed Tomographic Evaluation of the Normal Cardiac Anatomy Radiol Clin N Am 48 (2010) 701-710 doi:10.1016/j.rcl.2010.05.001
- (22) Dominik Ketelsen, MD Computed Tomography Evaluation of Cardiac Valves: A Review Radiol Clin N Am 48 (2010) 783-797 doi:10.1016/j.rcl.2010.04.007
- (23) Jeffrey C. Hellinger, MD, Pediatric Computed Tomographic Angiography: Imaging the Cardiovascular System Gently.
- (24) Faris Al-Mousily Use of 320-Detector Computed Tomographic Angiography for Infants and Young Children with Congenital Heart Disease Pediatr Cardiol (2011) 32:426-432 DOI 10.1007/s00246-010-9873-8
- (25) Adriana Merchak A. Angiotomografía computada en pediatría: Experiencia en un hospital pediátrico Revista Chilena de Radiología. Vol. 14 Nº 2, año 2008; 73-79.
- (26) Arun Chandran An institutional review of the value of computed tomographic angiography in the diagnosis of congenital cardiac malformations Cardiol Young 2005; 15: 47-51
- (27) Jonathan R. Dillman Role of CT in the Evaluation of Congenital Cardiovascular Disease in Children AJR 2009; 192:1219-1231
- (28) Jeffrey A. Feinstein, Michael A. Gatzoulis. Use of magnetic resonance imaging and computed tomography Cardiol Young 2009; 19(E-Suppl. 1): 16-22

- (29) Dr. Daniel Guzzo De León. Análisis secuencial segmentario para el diagnóstico de cardiopatías congénitas. El aporte de la radiología, del electrocardiograma y de la ecocardiografía Rev Urug Cardiol 2008; 23: 21-48
- (30) Amanda Wiant. CT Evaluation of Congenital Heart Disease in Adults. AJR 2009; 193:388–396 0361–803X/09/1932–388
- (31) Hyun Woo Goo, MD CT of Congenital Heart Disease: Normal Anatomy and Typical Pathologic Conditions RadioGraphics 2003; 23:S147–S165 Published online 10.1148/rg.23si035501
- (32) Joachim G. Eichhorn. CT of Pediatric Vascular Stents Used to Treat Congenital Heart Disease AJR 2008; 190:1241–1246 0361–803X/08/1905–1241
- (33) Douglas J. Schneider and John W. Moore. Patent Ductus Arteriosus Circulation 2006;114;1873-1882 DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.592063
- (34) Sebastian Leschka, MD Pre- and Postoperative. Evaluation of Congenital Heart Disease in Children and Adults with 64-Section CT RadioGraphics 2007; 27:829–846 Published online 10.1148/rg.273065713
- (35) James K. Min, Leslee J. Shaw, and Daniel S. Berman. The Present State of Coronary Computed Tomography Angiography: A Process in Evolution J. Am. Coll. Cardiol. 2010;55;957-965 doi:10.1016/j.jacc.2009.08.087
- (36) Linda B. Haramati, MD MRImaging and CT of Vascular Anomalies and Connections in Patients with Congenital Heart Disease: Significance in Surgical Planning RadioGraphics 2002; 22:337–349
- (37) Ashwin Prakash, Andrew J. Powell and Tal Geva Multimodality Noninvasive Imaging for Assessment of Congenital Heart Diseases Circ Cardiovasc Imaging 2010;3;112-125 DOI: 10.1161/CIRCIMAGING.109.875021
- (38) Annick C. Weustink, MD. Preserved Diagnostic Performance of Dual-Source CT Coronary Angiography with Reduced Radiation Exposure and Cancer Risk. Radiology: Volume 252: Number 1—July 2009 radiology.rsnajnl.org
- (39) Netter, F.H. Colección CIBA de ilustraciones médicas. Elsevier-Masson. Tomo V: Corazón. 1996, 2006. ISBN 9788445801901.