

¿Qué nos puede aportar la radiología simple de tórax frente a la cardiopatía congénita del adulto?

María Paula García Rodríguez, Daniela De Araujo Martins Romeo, Carlos Caparrós Escudero, Rocío Soledad Estelles López, Inmaculada Avilés Vázquez, Xaira María Cortés Sañudo.

Hospital Universitario Virgen Macarena, Sevilla.

OBJETIVOS:

- Diferenciar estructuras anatómicas normales, anormales así como las variantes anatómicas.
- Adquirir una sistemática de lectura para la interpretación que nos permita sospechar cardiopatías congénita del adulto así como sus complicaciones.
- Correlacionar los hallazgos de la radiografía simple con la RM y TC.

REVISIÓN DEL TEMA

Actualmente, aproximadamente un 85% de los niños nacidos con cardiopatías congénitas (tabla 1) sobreviven hasta la vida adulta, debido a los procedimientos terapéuticos realizados en la infancia². Sin embargo, la mayoría de los que sobreviven, presentan lesiones residuales o complicaciones durante la vida adulta. La vigilancia periódica mediante pruebas de imagen es importante para detectar cambios hemodinámicos, ya que la aparición de síntomas suele ser tardío. Con la edad, a la patología congénita puede sumársele la adquirida. La elección de la técnica de imagen dependerá del paciente, del tipo de lesión entre otros³. La RM, TC o ecocardiografía son las técnicas utilizadas en el seguimiento de dichas lesiones. No obstante, la radiología simple podría ser el primer paso en el seguimiento de estos pacientes, permitiendo detectar posibles complicaciones, realizar una valoración del corazón y su repercusión en el resto de estructuras torácicas, parénquima pulmonar y mediastino.

A pesar del continuo avance en las técnicas diagnósticas (ecocardiografía, RM, TC), muy precisas para la valoración de la patología cardiovascular, la radiografía simple de tórax sigue siendo un recurso fundamental para el diagnóstico, evaluación de complicaciones y seguimiento de estos pacientes. Es una prueba rápida, económica y reproducible. Es esencial conocer la anatomía normal, las variantes anatómicas y las anomalías que se producen en cada cardiopatía congénita, así como llevar a cabo una sistemática de lectura

CLASIFICACIÓN DE LAS CARDIOPATÍAS CONGÉNITAS

Cianóticas

- **Disminución de la vascularización pulmonar**
 - CIV presente
 - Tetralogía de Fallot, atresia tricuspídea o atresia pulmonar + CIV
- **Aumento de la vascularización pulmonar**
 - Transposición, tronco arterioso, ventrículo único, retorno venoso pulmonar anómalo total, atresia tricuspídea.

Acianóticas

- **Shunt izquierda-derecha**
- **Lesiones obstructivas**
 - Coartación, interrupción del arco aórtico, corazón izquierdo hipoplásico, estenosis pulmonar y aórtica.
 - CIV, CIA, conducto persistente, defecto de los cojinetes endocárdicos, retorno venoso pulmonar anómalo parcial

Tabla 1: Clasificación de las cardiopatías congénitas.

COMUNICACIÓN INTERAURICULAR

Se trata de una cardiopatía silente, desde el punto de vista clínico, lo que conduce a su diagnóstico en la adolescencia o edad adulta. Es una comunicación directa entre las cavidades auriculares, que permite el cortocircuito de sangre de izquierda a derecha.

El aumento del flujo en las cavidades derechas genera dilatación de las mismas y de las arterias pulmonares. Las CIA se clasifican en tres tipos según su localización en el septo interauricular: - seno venoso, caudal a la desembocadura de la VCS en la aurícula derecha; - ostium primum, en la porción inferior del tabique próximo a las válvulas aurículo-ventriculares; ostium secundum, en la fosa oval, este último el más frecuente.

En la actualidad se tiende al cierre precoz de la comunicación de forma percutánea. Las posibles complicaciones a largo plazo incluyen la insuficiencia cardíaca, embolias o arritmias.

En la radiografía de tórax se observará cardiomegalia a expensas de las cavidades derechas. Es típica la dilatación de la arteria pulmonar, con prominencia cóncava del borde superior izquierdo de la silueta cardíaca.

La técnica de Warden, es una intervención quirúrgica específica para aquellas comunicaciones interauriculares asociadas a drenaje venoso anómalo. Consiste en la sección de la vena cava superior por encima de la desembocadura de las venas pulmonares anómalas, conectando la porción inferior de la VCS junto con las venas anómalas a la CIA y aurícula izquierda mediante un parche, y la porción superior de la VCS directamente a la aurícula derecha)

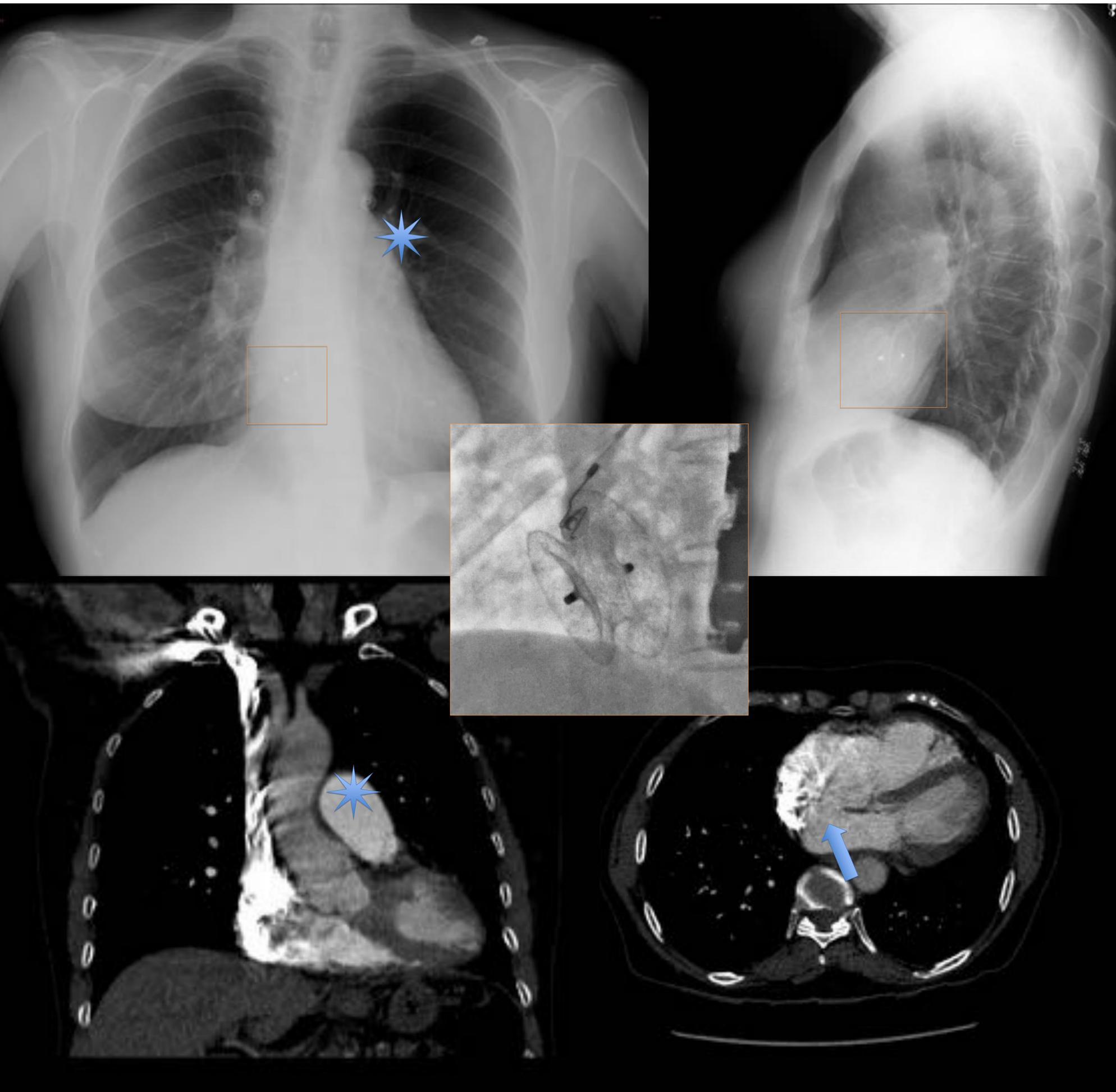


Figura 1: CIA ostium secundum intervenida percutánea. Correlación Rx y TC. Se visualiza ligera prominencia cóncava del borde superior izquierdo de la silueta cardíaca, en relación con aumento de la arteria pulmonar. Se identifica el dispositivo de cierre (rectángulo). Detalle del dispositivo de cierre, cortesía del servicio de Hemodinámica.

El TC es anterior al cierre de la CIA, en el cual podemos observar la comunicación en el corte axial (flecha).

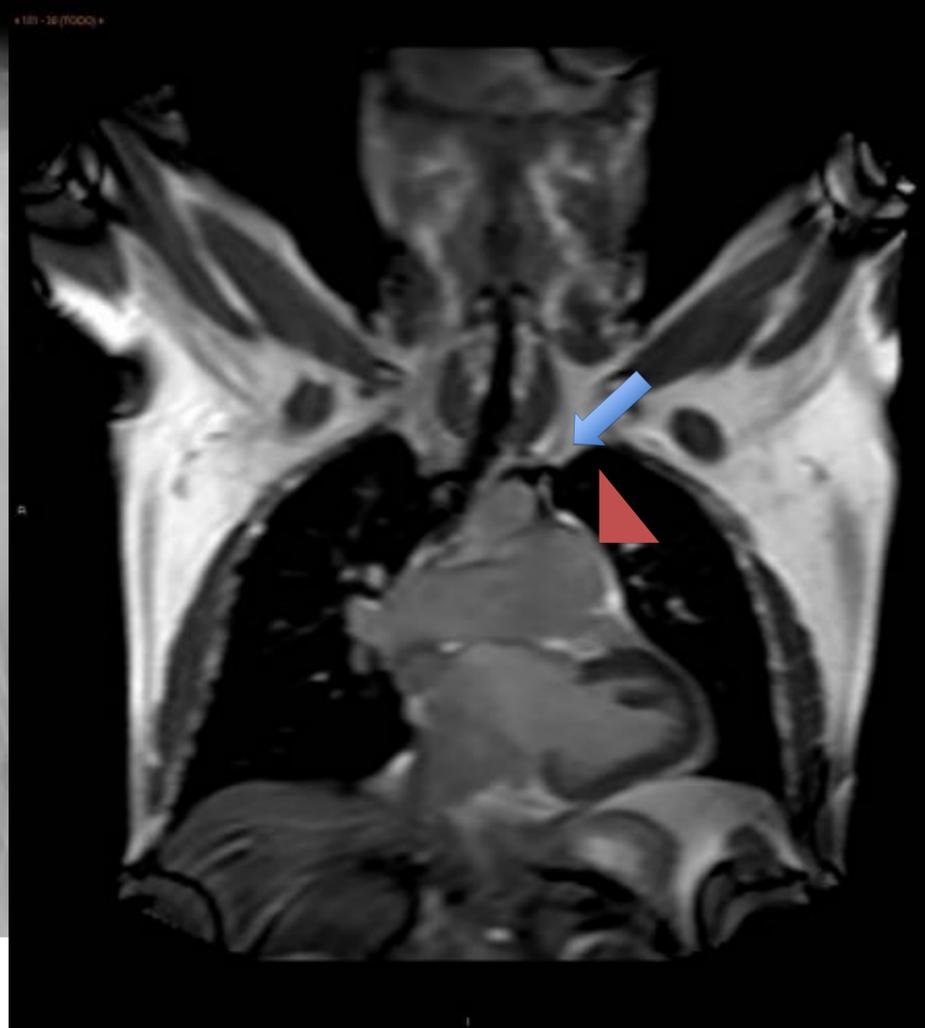
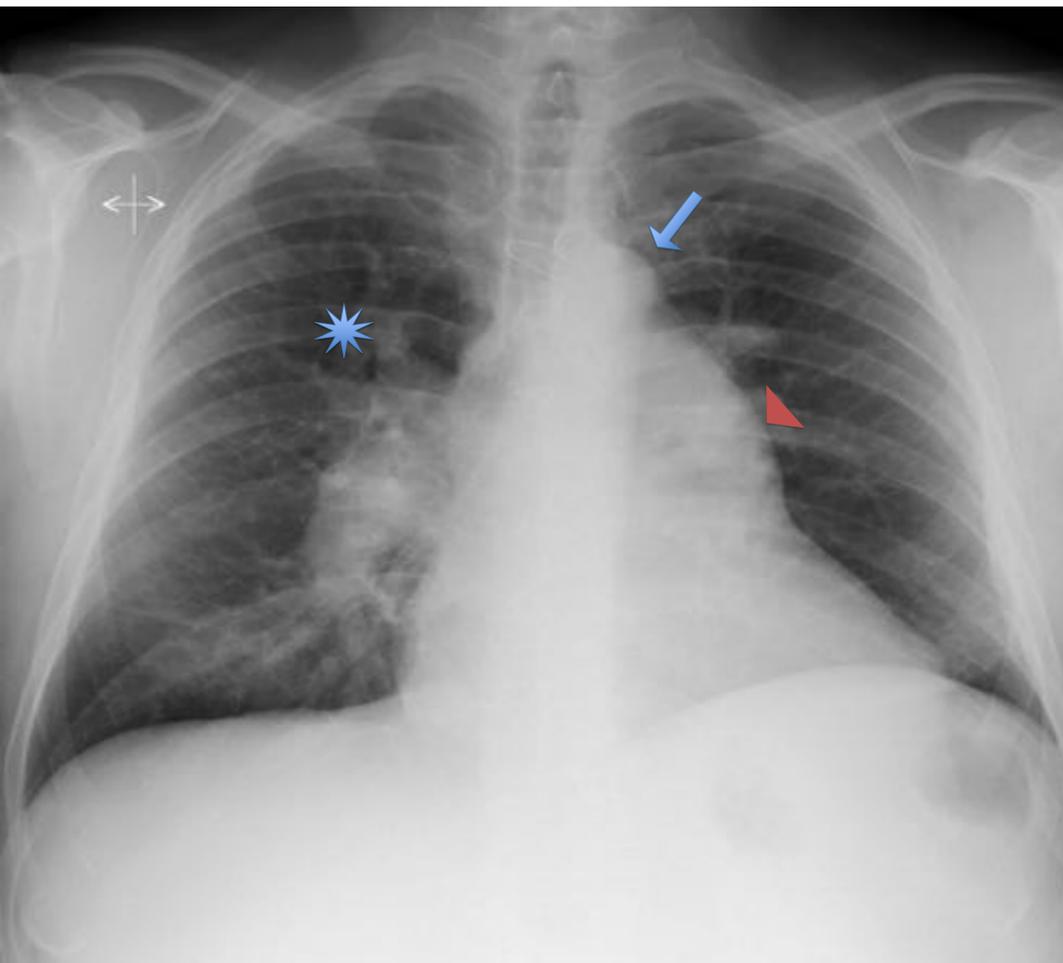


Figura 2: CIA con drenaje pulmonar anómalo parcial intervenido mediante técnica de Warden. Correlación Rx simplee con corte coronal de RM. Se observa cayado aórtico de pequeño tamaño (flecha azul) con marcada dilatación del tronco de la pulmonar (flecha roja). Vascularización pulmonar prominente (asterisco) en relación con plétora previa a la CIA intervenida, habiendo persistido la dilatación de las estructuras vasculares pulmonares. Cerclajes de esternotomía media.

Hospital Universitario Virgen Macarena, Sevilla.

COMUNICACIÓN INTERVENTRICULAR

Es la cardiopatía congénita más frecuente en general.

Corresponde a un defecto en el tabique interventricular, que puede ser único o múltiple y con forma y tamaño variables. Puede aparecer aislado o asociado a otras cardiopatías. Según la localización del defecto en el tabique, presentará diferente clasificación.

La CIV de pequeño tamaño localizada en septo membranoso o muscular suele disminuir con el tiempo e incluso cerrar espontáneamente. Habitualmente las CIV de gran tamaño requieren cirugía en los primeros años de vida para evitar el desarrollo de hipertensión pulmonar por el hiperflujo pulmonar debido al shunt izquierda – derecha.

Ocasionalmente, se puede identificar pacientes en edad adulta que presentan un defecto mayor, sin hipertensión pulmonar establecida, pero con dilatación ventricular izquierda; en estos casos, estaría indicada la cirugía correctora.

En la Rx de tórax, se visualizará crecimiento ventricular derecho con cierto grado de plétora pulmonar. Cuando existe hipertensión pulmonar, el índice cardiorácico puede ser normal, con el tronco pulmonar prominente así como sus ramas principales y disminución de la vascularización en la periferia del pulmón.

TETRALOGÍA DE FALLOT

La tetralogía de Fallot es la cardiopatía cianógena más frecuente⁴. Esta malformación se define por 4 características anatómicas: estenosis en el tracto de salida del ventrículo derecho, comunicación interventricular, hipertrofia del VD y dextroacabalgamiento de la aorta. Además de estas 4 características anatómicas típicas de la TF, existen otras alteraciones que se asocian a esta cardiopatía con una frecuencia variable.

En la radiografía de tórax, en los casos típicos, existe un contorno ventricular redondeado, con elevación de la punta cardiaca, que representa el ventrículo derecho hipertrófico, sometido a sobrecarga de presión y volumen. Al menos el 25% presenta arco aórtico derecho. El tamaño de las arterias pulmonares varía considerablemente; en los casos típicos sus diámetros están disminuidos, lo que origina la concavidad del borde cardiaco superior izquierdo. En los casos que se asocie agenesia valvular pulmonar, presentan dilatación de las arterias pulmonares.

Las opciones terapéuticas pueden clasificarse en intervenciones paliativas e intervenciones reparativas. Las primeras no es una estrategia terapéutica permanente y requerirán una intervención reparativa posteriormente. Se tratan de las técnicas de Blalock-Taussig, Waterson o Potts⁴. Por otra parte, las intervenciones reparativas consistirán en el cierre de la comunicación interventricular y la ampliación del tracto de salida del ventrículo derecho. En la actualidad se prefiere las intervenciones reparativas aunque no es despreciable el número de pacientes adultos que fueron tratados mediante técnicas paliativas en la infancia. La mayoría de los pacientes intervenidos tienen alteraciones hemodinámicas residuales debido a la sobrecarga de volumen del VD por regurgitación pulmonar crónica.

En la evaluación postquirúrgica, la principal utilidad de las técnicas de imagen es la visualización de complicaciones, describir las características morfológicas de la arteria pulmonar principal y sus ramas (obstrucción, distorsión tras técnicas paliativas o aneurismas) y detectar la presencia de dilatación ventricular derecha debido a un incremento crónico de volumen cuando existe regurgitación pulmonar severa⁸.

La radiografía de tórax puede indicar cambios en la silueta cardiaca que sugieran aumento de cavidades derechas por insuficiencia pulmonar o por aneurismas del tracto de salida del VD.

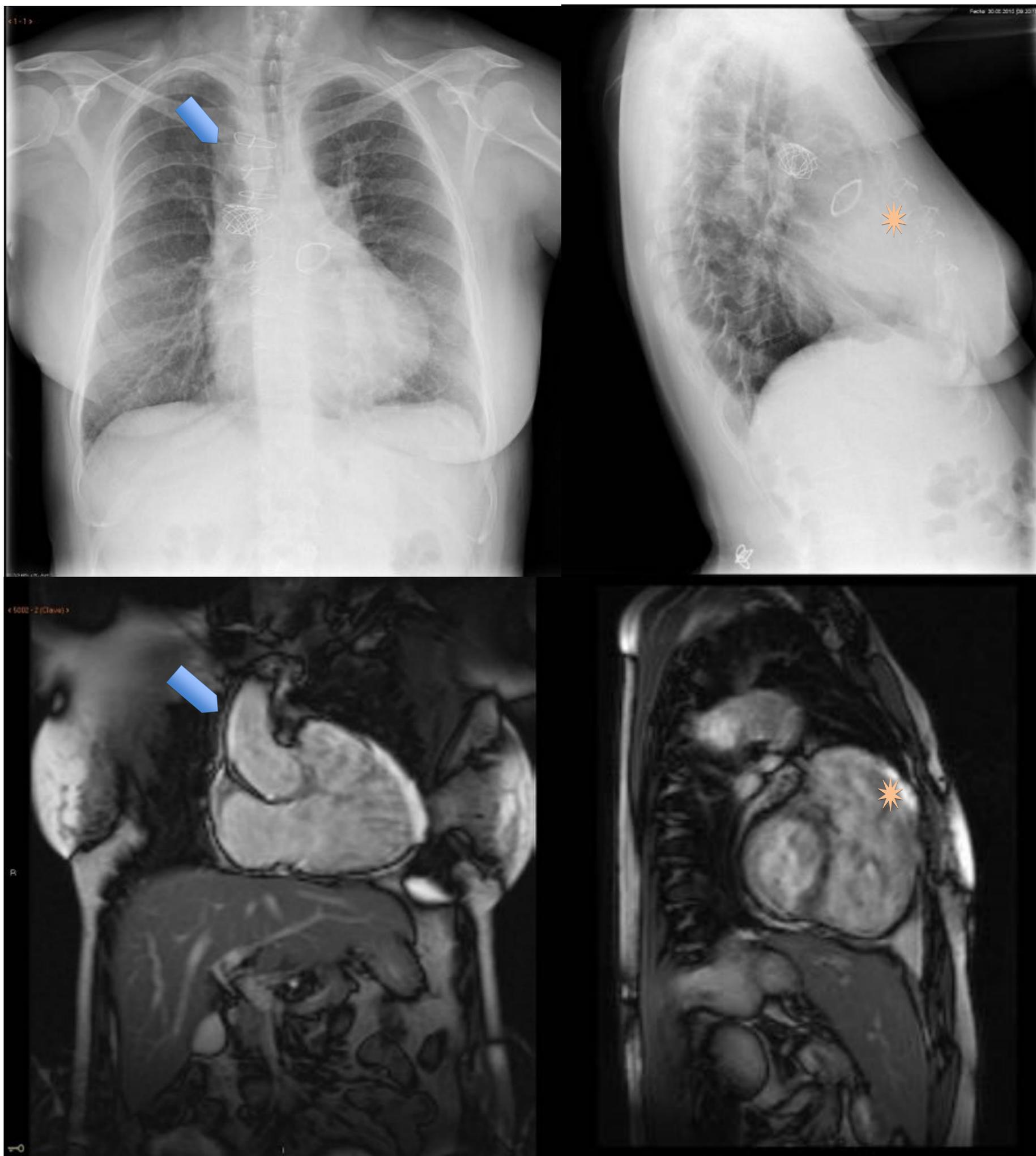


Figura 3: Tetralogía de Fallot, Waterson cerrado, implante de prótesis pulmonar e implante percutáneo de stent por estenosis severa de rama pulmonar derecha.

Correlación Rx simple y corte coronal y del eje corto en RMN, donde se identifica arco aórtico derecho. Signos de crecimiento del ventrículo derecho con desviación de la punta del corazón hacia arriba. Se observa deformidad en el contorno cardiaco izquierdo que corresponden a la dilatación aneurismática del parche en el tracto de salida del VD.

Diminución de la vascularización en LSD en la RX simple.

Prótesis valvular y stent en rama pulmonar derecha. Cerclajes de esternotomía media.

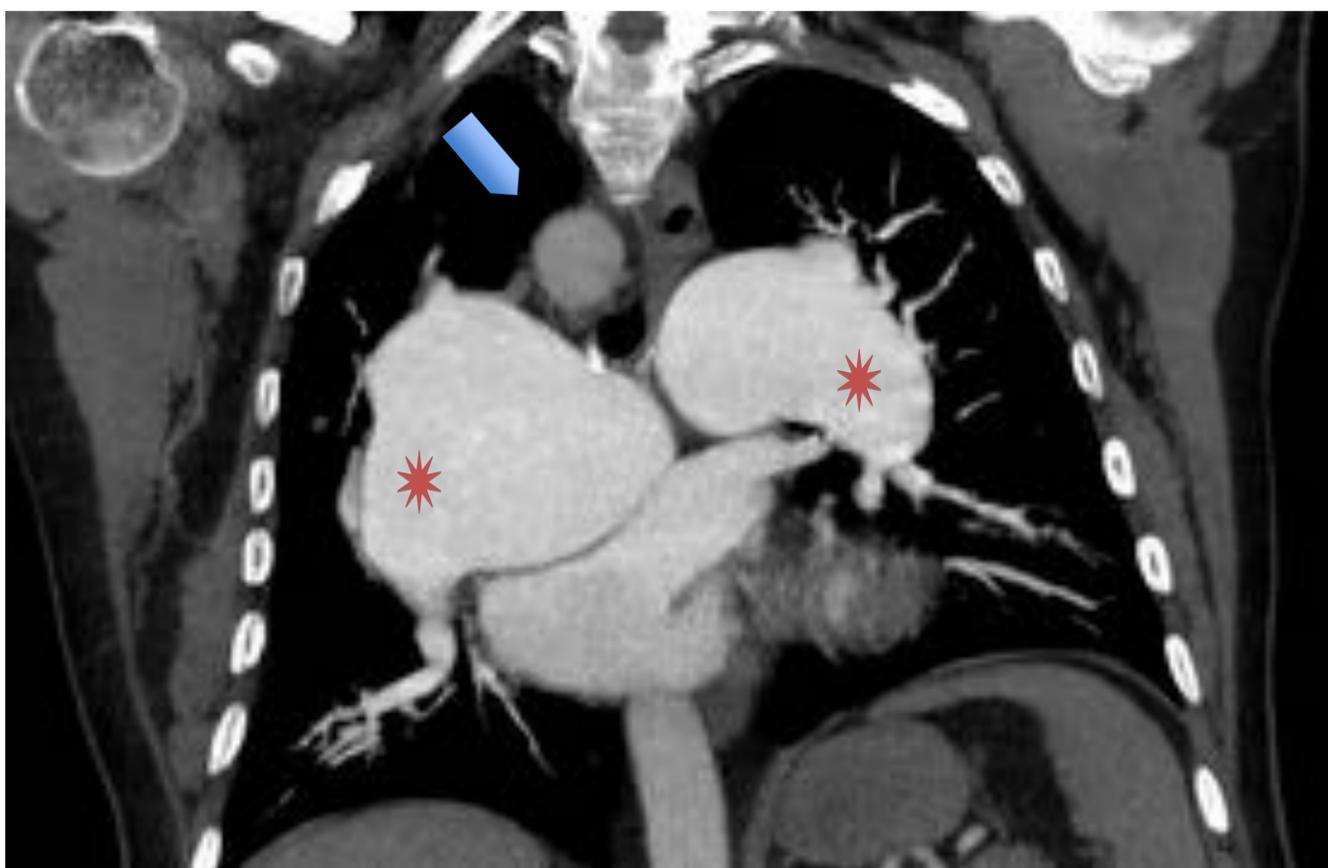
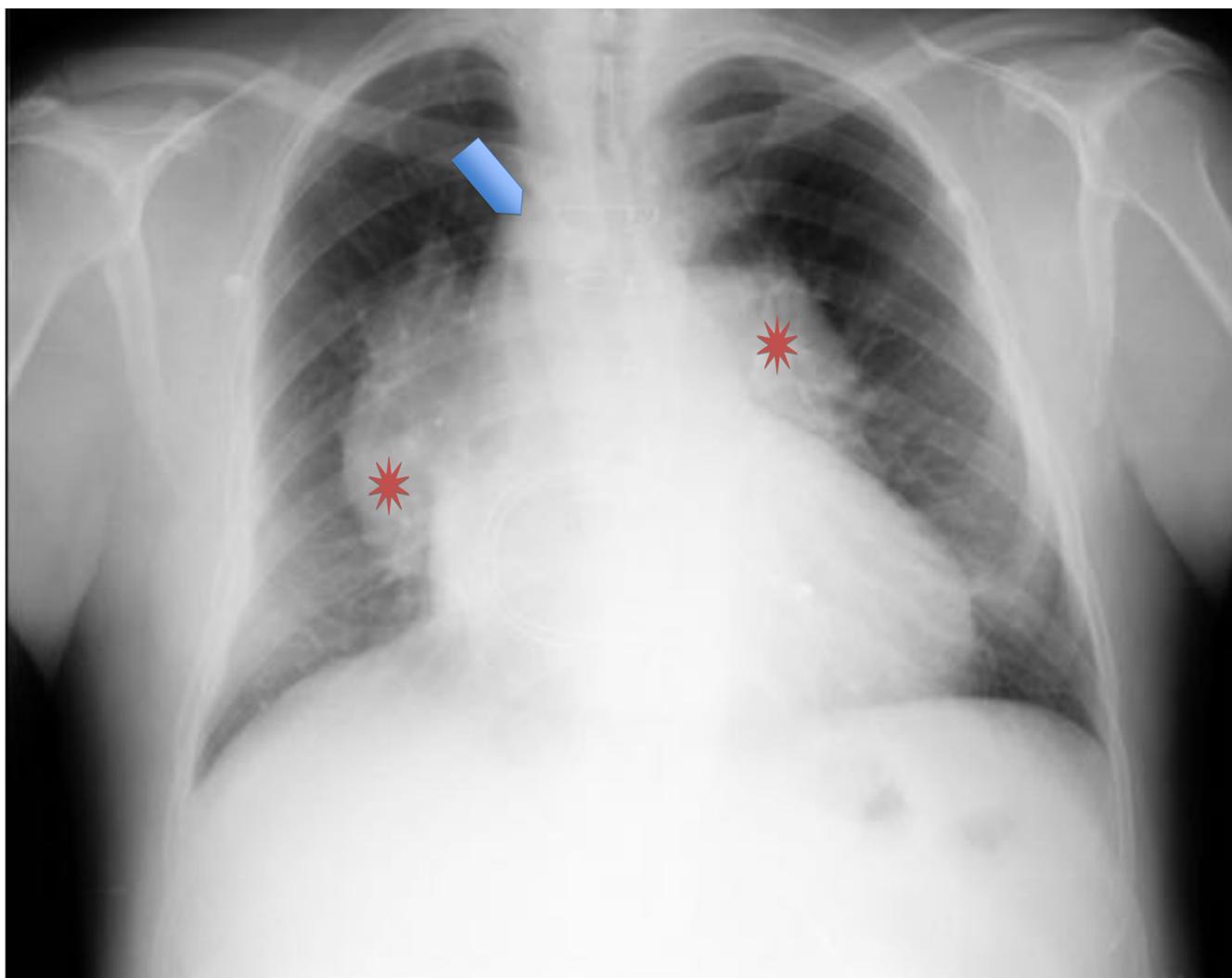


Figura 4: Tetralogía de Fallot intervenida mediante reparación completa, con cierre de CIV y resección de anillo pulmonar.

Cardiomegalia a expensas de cavidades derechas. Arco aórtico derecho (flecha azul). Dilatación aneurismática de las arterias pulmonares principales, correlación Rx simple con corte coronal de angioTC de tórax (asterisco).

Hospital Universitario Virgen Macarena, Sevilla.

COARTACIÓN DE LA AORTA

La coartación de la aorta consiste en una estenosis que se extiende hacia el lumen aórtico justo distal a la arteria subclavia izquierda, causando una obstrucción al flujo distal. Existen dos formas, infantil y adulta. La forma infantil se produce por encima del conducto arterioso y se asocia a hipoplasia del arco aórtico, entre otras. En el caso del adulto, la estenosis se produce por debajo del conducto arterioso.

La estenosis puede ser diagnosticada mediante ecografía transesofágica, RM, TCMD y arteriografía. La TC es una técnica de imagen rápida y efectiva para la evaluación de la morfología de los vasos, determinación del grado de estenosis y la visualización de vasos colaterales, así como a la hora de decidir las diferentes estrategias terapéuticas en pacientes con coartación aórtica severa. Sin embargo, la TCMD presenta sus limitaciones frente a la RM en los casos de estenosis leve, ya que carece de la capacidad de medir el gradiente de presiones en la zona estenótica.

En la radiografía simple de tórax, la coartación puede ser visible como una escotadura de la aorta en el lugar de la coartación y puede verse una dilatación pre y otra postestenótica produciendo el signo del "3". Además, debido a la ingurgitación de las arterias costales, es posible visualizar muescas costales en la parte interior de la 3ª a la 9ª costilla.

Las diferentes técnicas de imagen, sirven para el seguimiento y la detección de posibles complicaciones de las diferentes opciones terapéuticas:

- Cirugía. Existen diferentes técnicas quirúrgicas, utilizadas para la corrección de la forma infantil de la coartación. Cada técnica tiene diferentes ventajas, desventajas y resultados a largo plazo. La elección de cada técnica depende de múltiples variables. Una de las principales complicaciones a largo plazo, detectables mediante técnicas de imagen en la formación de aneurismas, tanto en la aorta ascendente como descendente¹⁰.
- Angioplastia con balón. Pueden producirse estenosis o aneurismas residuales o recurrentes en el lugar de la dilatación. Además existe riesgo de aneurismas traumáticos por daño a la pared del vaso.
- Tratamiento percutáneo. Es la técnica de elección en adolescentes y pacientes adultos y en casos de recoartación, ante los buenos resultados a corto-medio plazo y la disminución de complicaciones respecto a las otras técnicas¹¹. En el seguimiento de estos pacientes, la radiografía simple nos permite detectar anomalías en la expansión del stent.

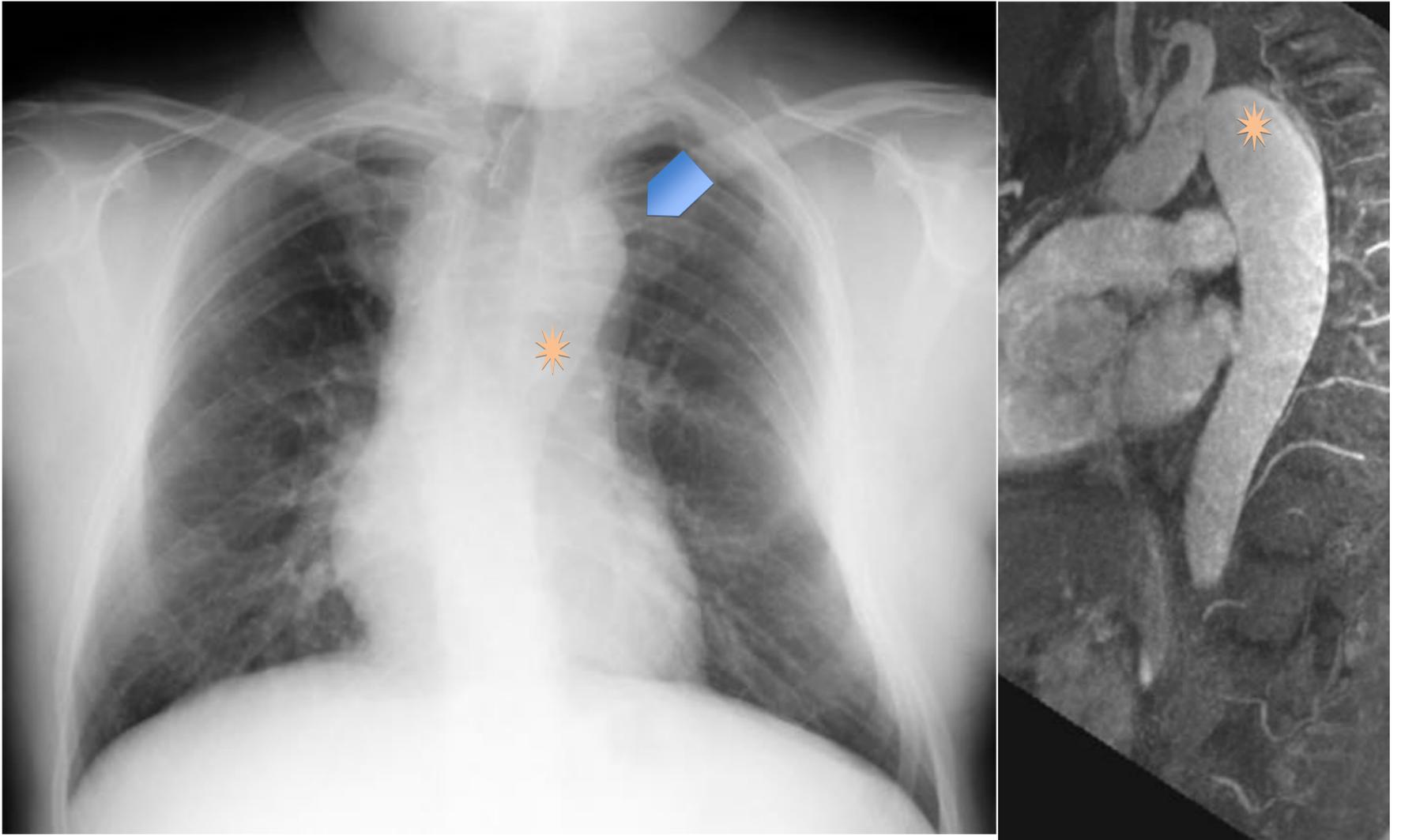


Figura 5: Coartación de aorta intervenida mediante aortoplastia con parche. Correlación Rx simple y corte sagital de RM. Se visualiza arco aórtico pequeño (flecha azul), con un cambio abrupto en su morfología y tamaño, que corresponde con la dilatación en el área donde se localiza el parche (asterisco).

Hospital Universitario Virgen Macarena, Sevilla.

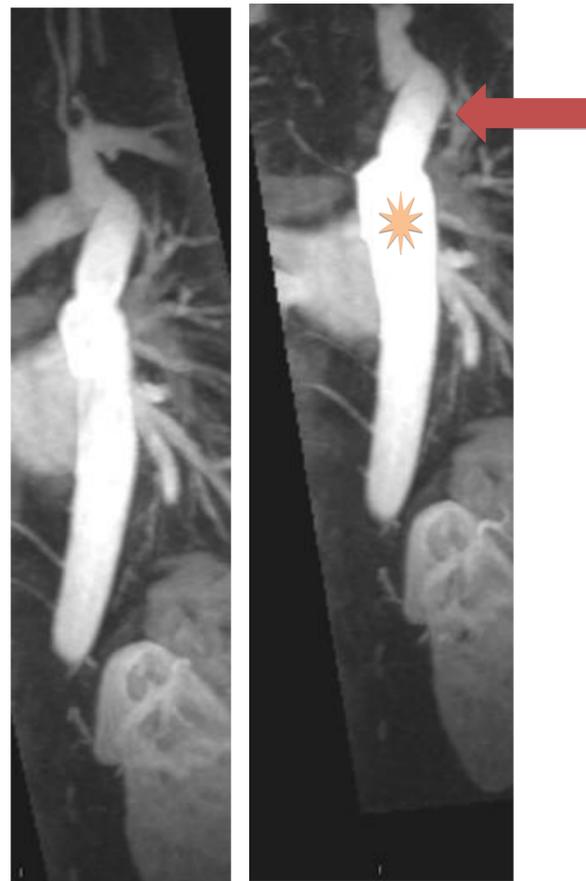
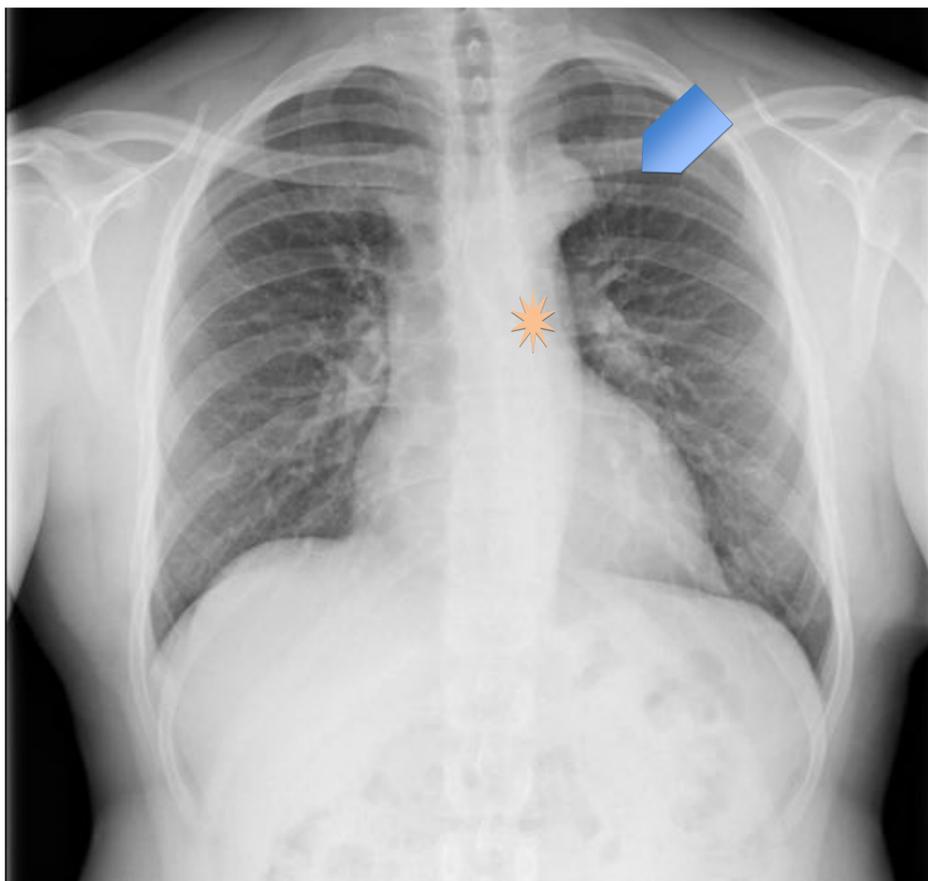


Figura 6: Coartación de aorta intervenida mediante la colocación de tubo de Hameshield. Correlación Rx simple y cortes sagital de RM. Se visualiza cambio abrupto en su morfología y tamaño (flecha), que corresponde con la dilatación (asterisco-9 en el área posterior a la localización del tubo (flecha roja).

Hospital Universitario Virgen Macarena, Sevilla.

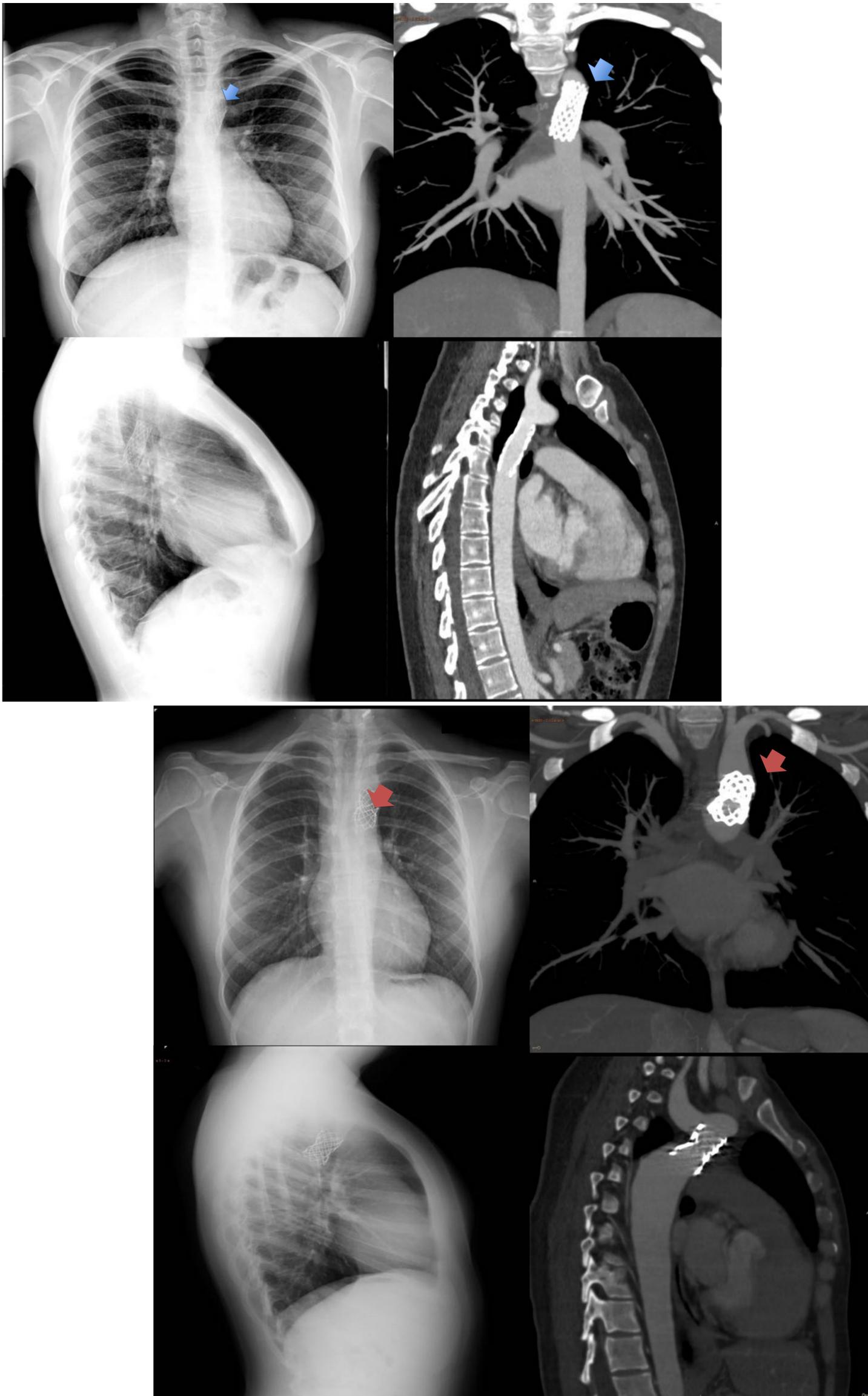


Figura 7: Correlación entre radiografía simple y corte coronal de TC en pacientes con coartación de aorta tratados de mediante implantación de stent. En el primer paciente vemos la localización y expansión correcta del stent (flecha azul), mientras que en el segundo paciente se observa la inadecuada expansión del mismo (flecha roja), condición también visible mediante la radiografía simple.

Hospital Universitario Virgen Macarena, Sevilla.

ATRESIA PULMONAR CON COMUNICACIÓN INTERVENTRICULAR

La atresia pulmonar con comunicación interventricular es una cardiopatía congénita cianótica, severa y rara, de alta complejidad. Se define como la ausencia funcional de continuidad entre el ventrículo derecho (VD) y las arterias pulmonares, asociada a un defecto del tabique interventricular. La dificultad de esta cardiopatía viene determinada por lo diferente que puede ser la interrupción de las arterias pulmonares desde el VD hasta las arterias intrapulmonares.

Los procedimientos necesarios para el tratamiento de esta enfermedad dependen del tipo exacto de la anatomía de estos pacientes. Las principales complicaciones derivadas de las técnicas quirúrgicas son la aparición de arritmias, las estenosis de las ramas pulmonares y el fallo cardiaco.

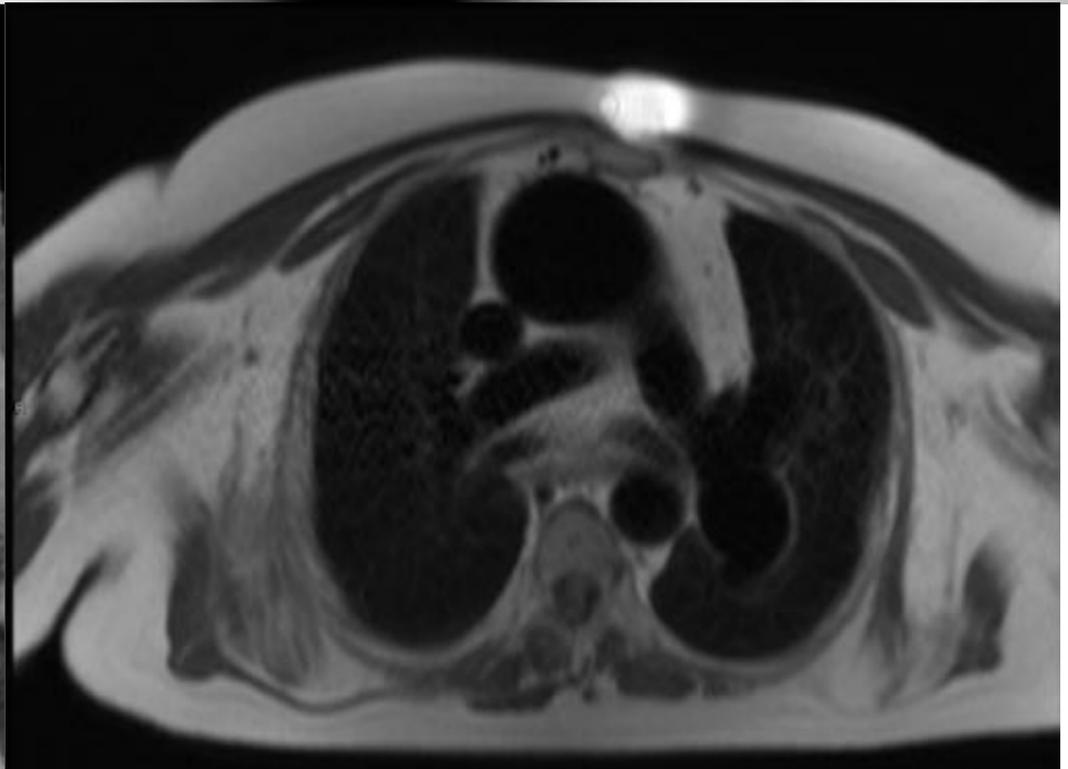
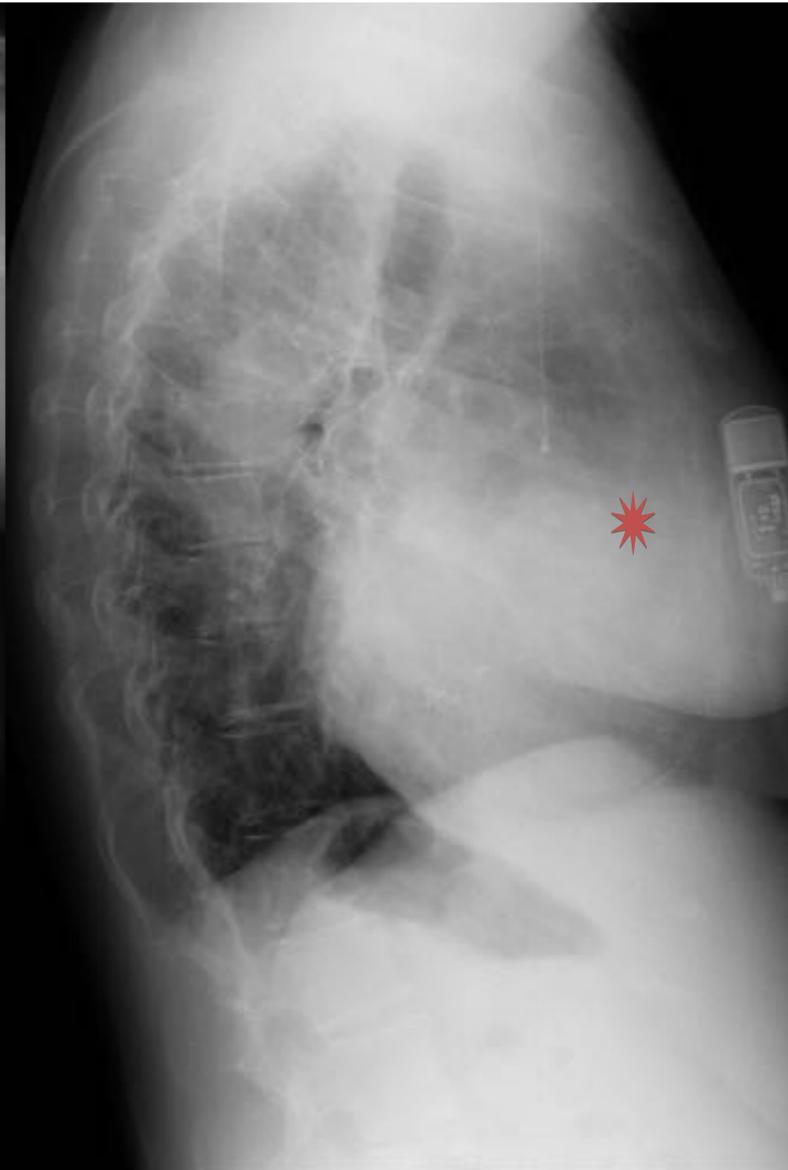
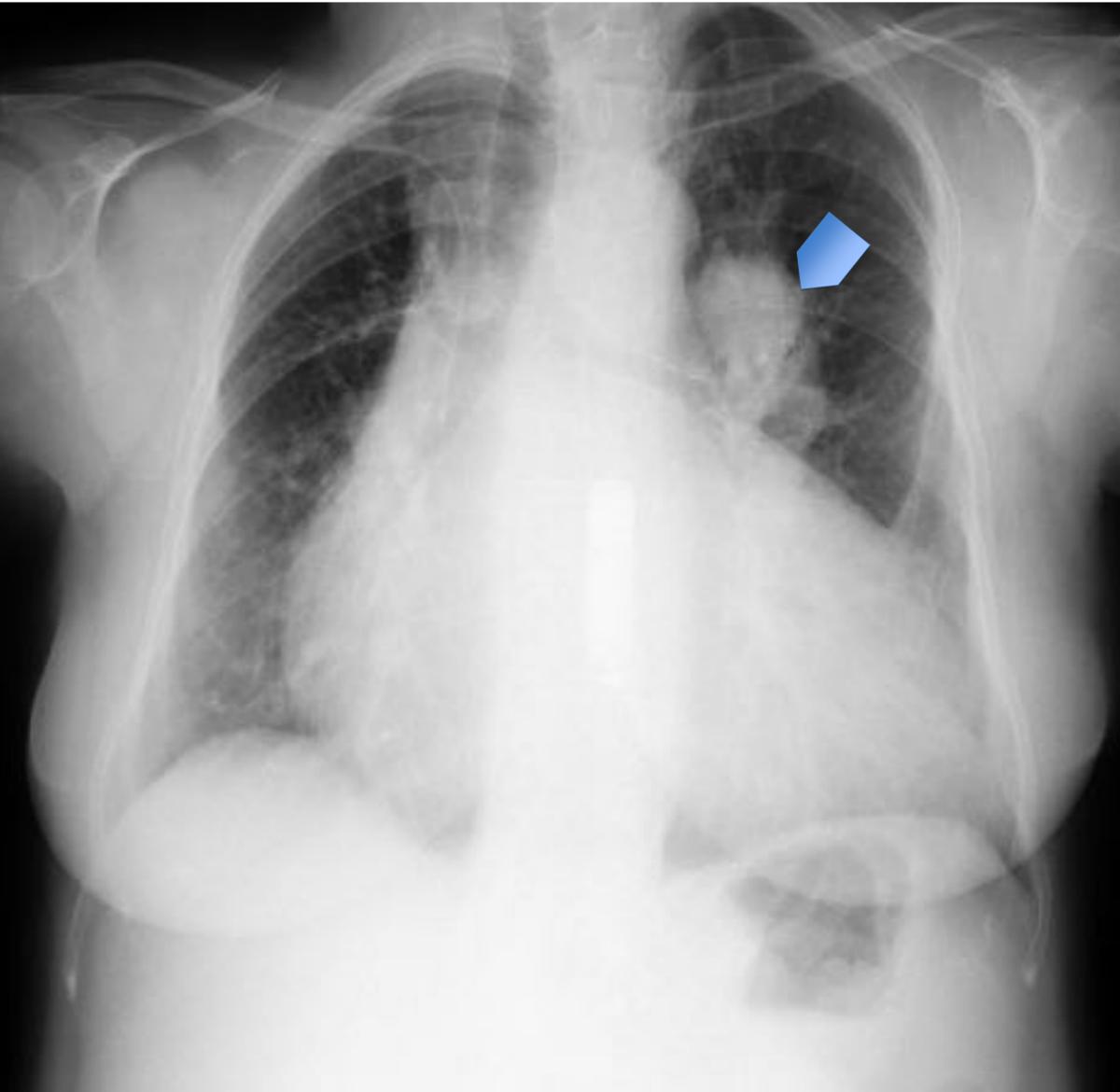


Figura 8: Atresia pulmonar, CIV y fístula sistémico-pulmonar de Pott. Se objetiva notable cardiomegalia a expensas de cavidades derechas (asterisco). Dilatación de la rama pulmonar izquierda (flecha). Implante Holter insertable.

Hospital Universitario Virgen Macarena, Sevilla.

TRANSPOSICIÓN DE GRANDES ARTERIAS

La transposición completa de grandes arterias es una de las cardiopatías congénitas cianogénitas más comunes. Se define por conexiones ventriculoarteriales y atrioventriculares concordantes y discordantes. La aorta surge en una posición anterior desde el ventrículo derecho morfológico, y la arteria pulmonar principal se origina en el ventrículo izquierdo morfológico; como resultado, hay una separación completa de la circulación pulmonar de la circulación sistémica.

En la actualidad, la reparación quirúrgica generalmente se realiza mediante el uso del procedimiento de cambio arterial o técnica de Jatene, que ha reemplazado tanto a Senning como a las operaciones de cambio auricular Mustad. Sin embargo, la mayoría de los adultos con transposición de las grandes arterias se sometieron a un procedimiento de conmutación auricular, en el se redirige la sangre venosa sistémica al ventrículo pulmonar izquierdo anatómico y la sangre venosa pulmonar al ventrículo sistémico derecho anatómico, con un cambio auricular funcional resultante.

La evaluación postoperatoria después de un procedimiento de cambio auricular puede ser difícil con la ecocardiografía debido a la posición retroesternal del tronco pulmonar y las arterias pulmonares, por lo que se prefieren otras técnicas de imagen. La dilatación de las grandes arterias y la estenosis de la arteria pulmonar son comunes en estos pacientes. Algunos desarrollan insuficiencia cardíaca crónica, y la proporción de pacientes que desarrollan insuficiencia cardíaca va aumentando con la edad. El aumento de las cavidades derechas es una de las principales complicaciones de la reparación quirúrgica, ya que el ventrículo derecho no está preparado para actuar como ventrículo en la circulación sistémica, aunque otras causas contribuyen a su desarrollo.

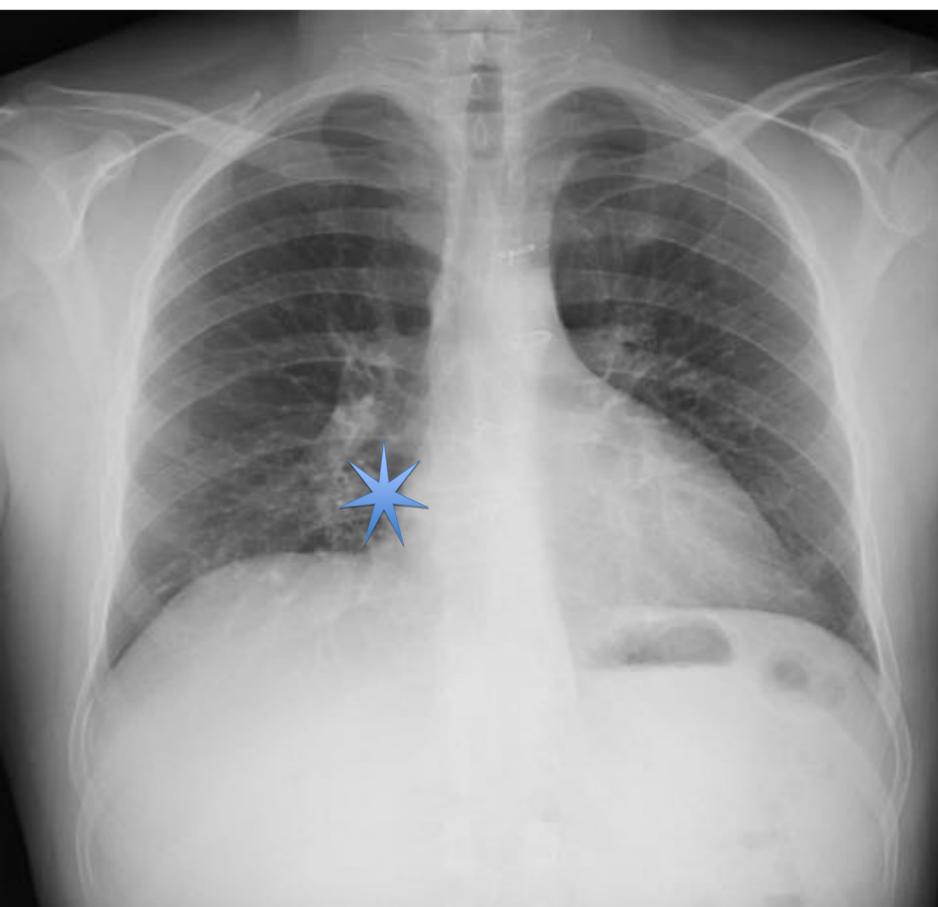
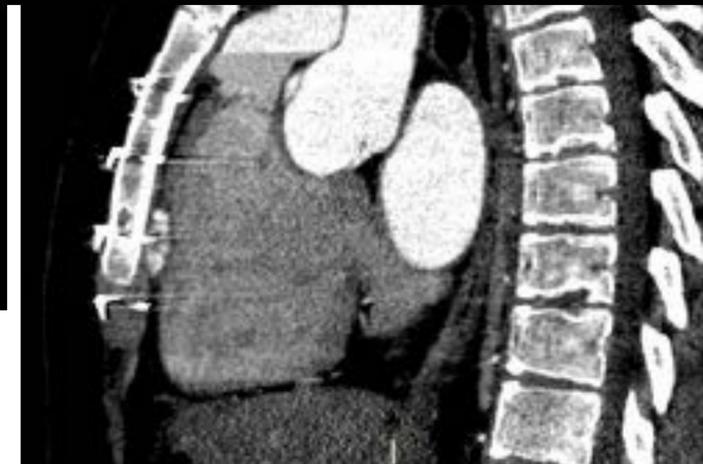
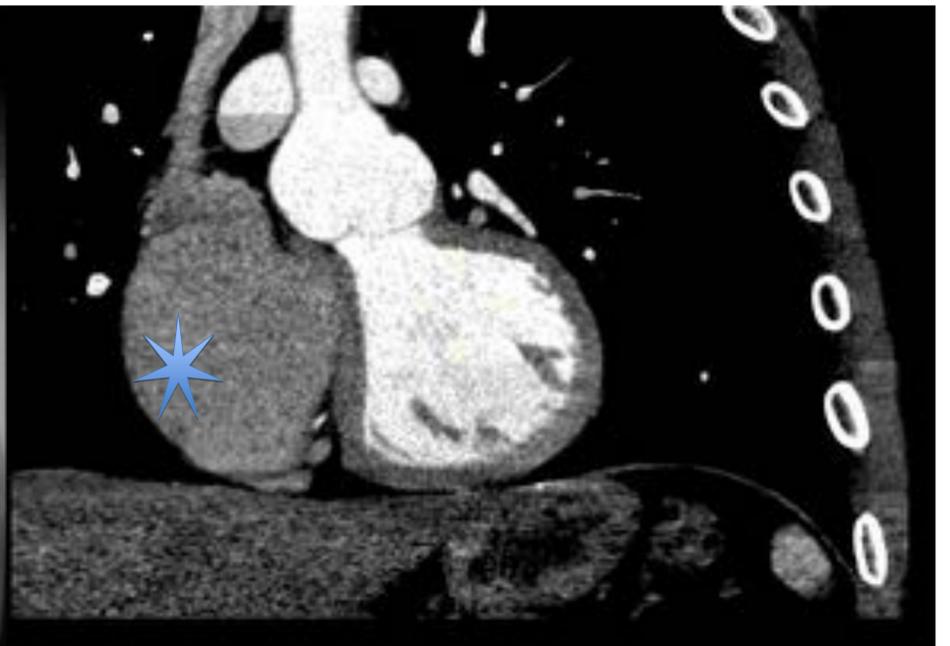
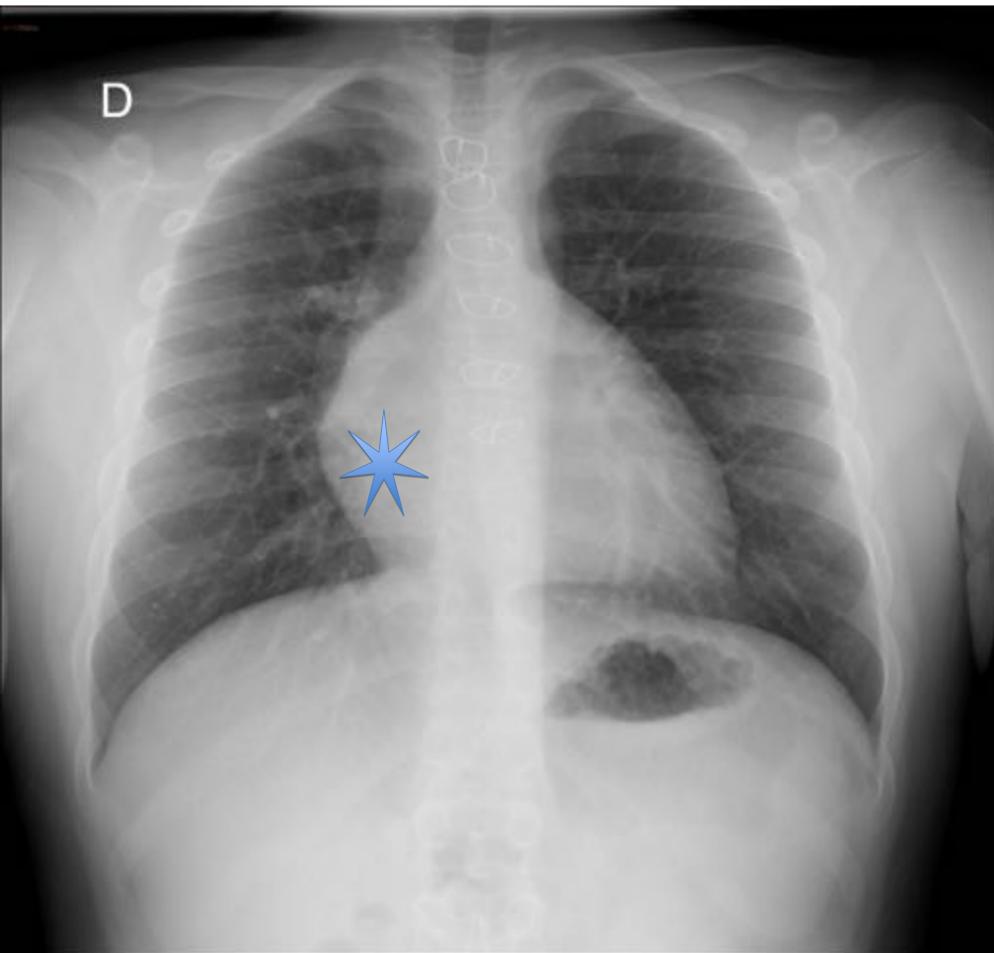


Figura 9: Transposición de grandes arterias intervenidas mediante diferente técnica quirúrgica. El aumento de las cavidades derechas es una de las principales complicaciones de la reparación quirúrgica, ya que el ventrículo derecho no está preparado para actuar como ventrículo en la circulación sistémica. En la imagen superior, se representa la correlación Rx y TC de paciente intervenido mediante técnica Jatene. Se visualiza prominencia de las cavidades derechas (asterisco). En la TC se corrobora dicho aumento así como dilatación de la raíz aórtica y disposición anterior de la arteria pulmonar a la aorta ascendente. La imagen inferior corresponde a paciente intervenido mediante Mustard y se muestra la correlación Rx y RM. En este caso el aumento de las cavidades derechas es ligeramente menor (asterisco).

ANOMALÍA DE EBSTEIN

La anomalía de Ebstein se define como el desplazamiento de la inserción de las valvas de la válvula tricúspide desde la unión auriculoventricular a la cavidad ventricular derecha con la atrialización resultante de la entrada del ventrículo derecho. El desplazamiento de la inserción de la válvula tricúspide genera aumento del anillo valvular e insuficiencia tricuspídea. La insuficiencia de la válvula tricúspide contribuye a la dilatación de la AD. Cuando la presión en la aurícula derecha es muy elevada suele existir un cortocircuito interauricular derecha-izquierda a través de la fosa oval (ostium secundum).

El manejo de los pacientes con anomalía de Ebstein viene dados por la edad y la presentación clínica. La indicación de cirugía se basa en diferentes criterios, entre ellos, la presencia de dilatación del ventrículo derecho o reducción de la función sistólica ventricular en las pruebas de imágenes. Las técnicas quirúrgicas incluyen valvuloplastia o recambio tricuspídeo, cierre de shunts intracardiacos o auriculoplastia.

La radiografía simple muestra aurícula derecha muy dilatada. La vascularización pulmonar es normal o esta disminuida dependiendo de la presencia y magnitud del cortocircuito derecha-izquierda.

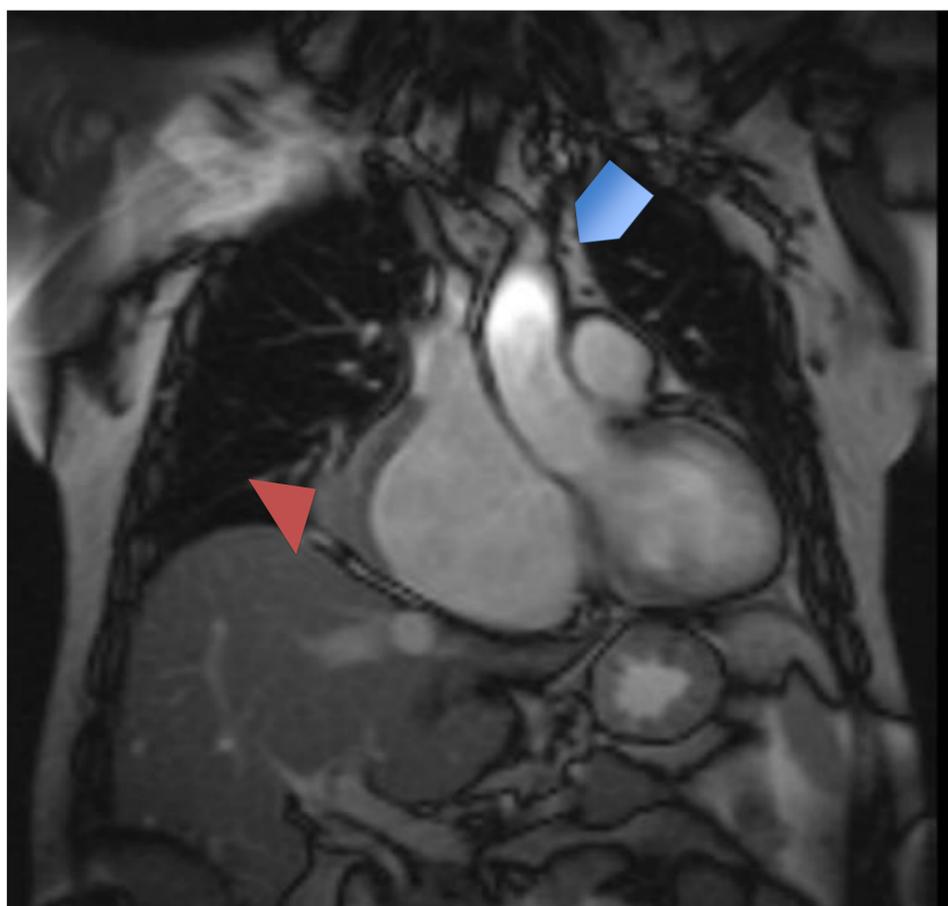
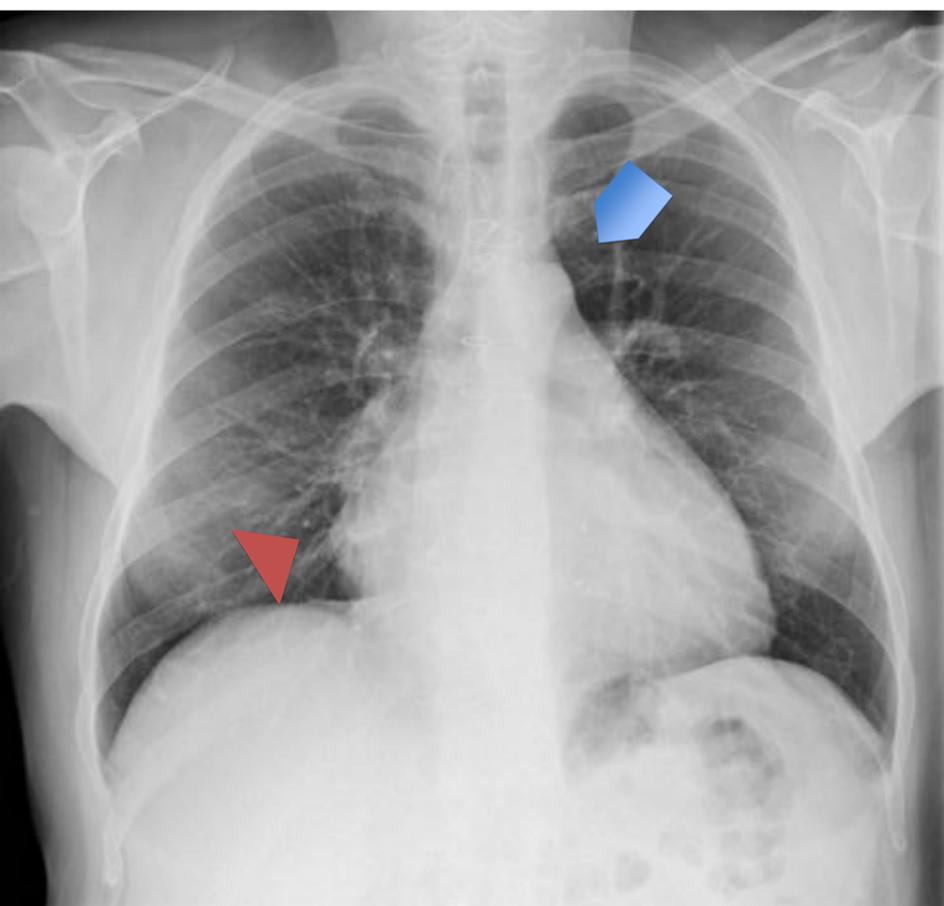
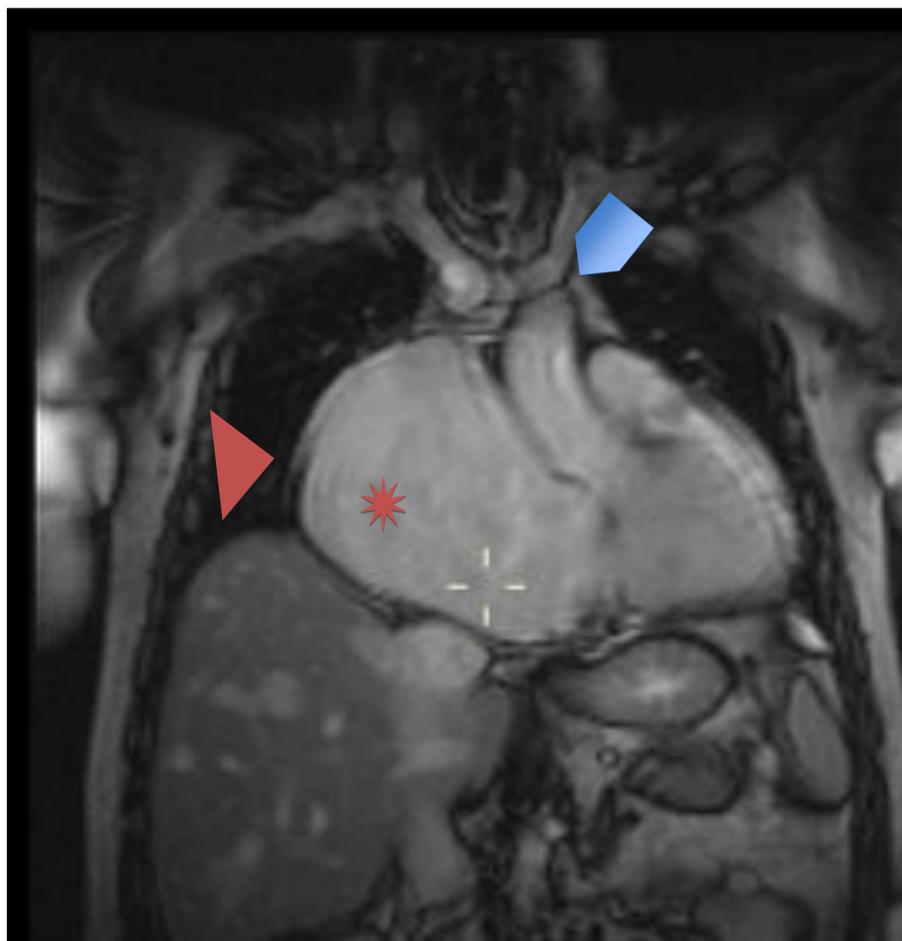
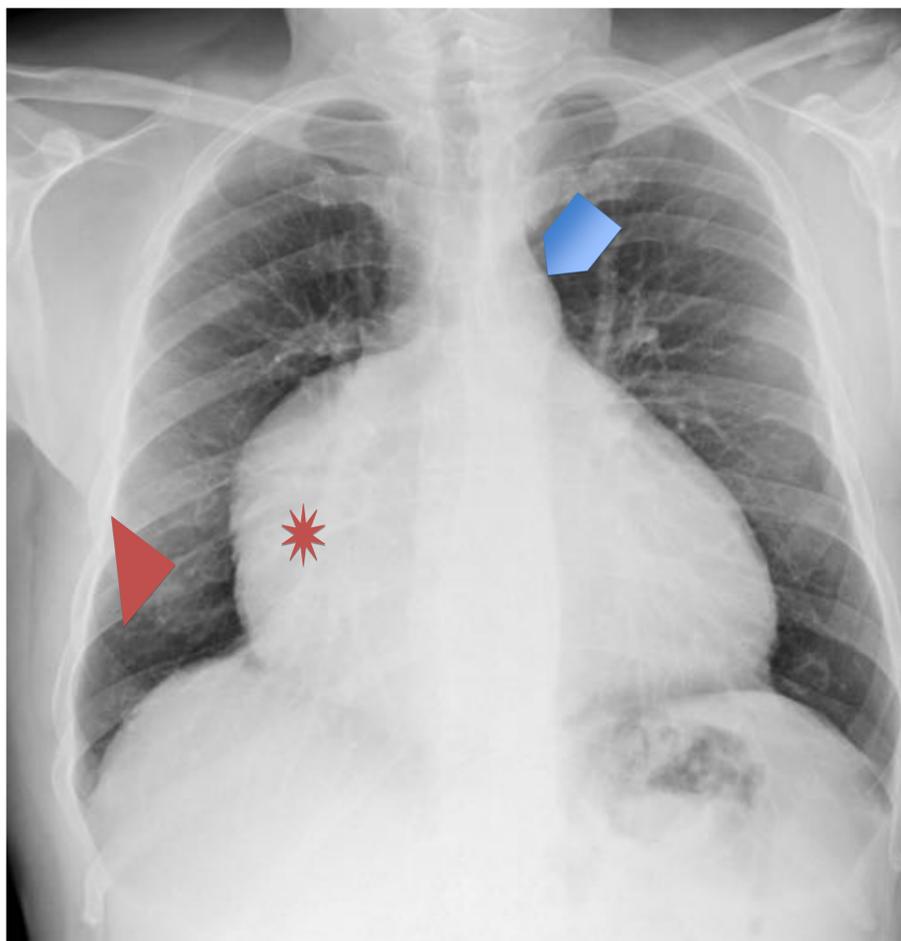


Figura 10: Anomalia de Ebstein. En las imagenes superiores, paciente con anomalia de Ebstein no intervenida, visualizándose borde cardiaco derecho prominente (flecha roja), cardiomegalia en relación con aurícula derecha (asterisco) y aorta y tronco de la pulmonar pequeños (flecha azul). La imagen inferior muestra Rx simple del mismo paciente tras la intervención, siendo el borde cardiaco menos prominente, manteniéndose el pequeño tamaño de la aorta y la arteria pulmonar.

Hospital Universitario Virgen Macarena, Sevilla.

CORAZÓN UNIVENTRICULAR

Esta condición se caracteriza por una conexión auriculoventricular única, con ambas aurículas vaciando en un solo ventrículo común (doble entrada) que morfológicamente es predominantemente izquierdo, predominantemente derecho o indeterminado. Un corazón univentricular puede ser observado en asociación con otras anomalías cardíacas y con cualquier disposición de la grandes arterias.

Muchos sobrevivientes hasta la edad adulta se han sometido a la operación Fontan para redirigir el retorno venoso sistémico a las arterias pulmonares. Los resultados a largo plazo después de una operación de tipo Fontan todavía se asocian con una mortalidad y morbilidad significativas causadas por arritmia auricular, congestión venosa, enteropatía con pérdida de proteínas, tromboembolia e insuficiencia ventricular.

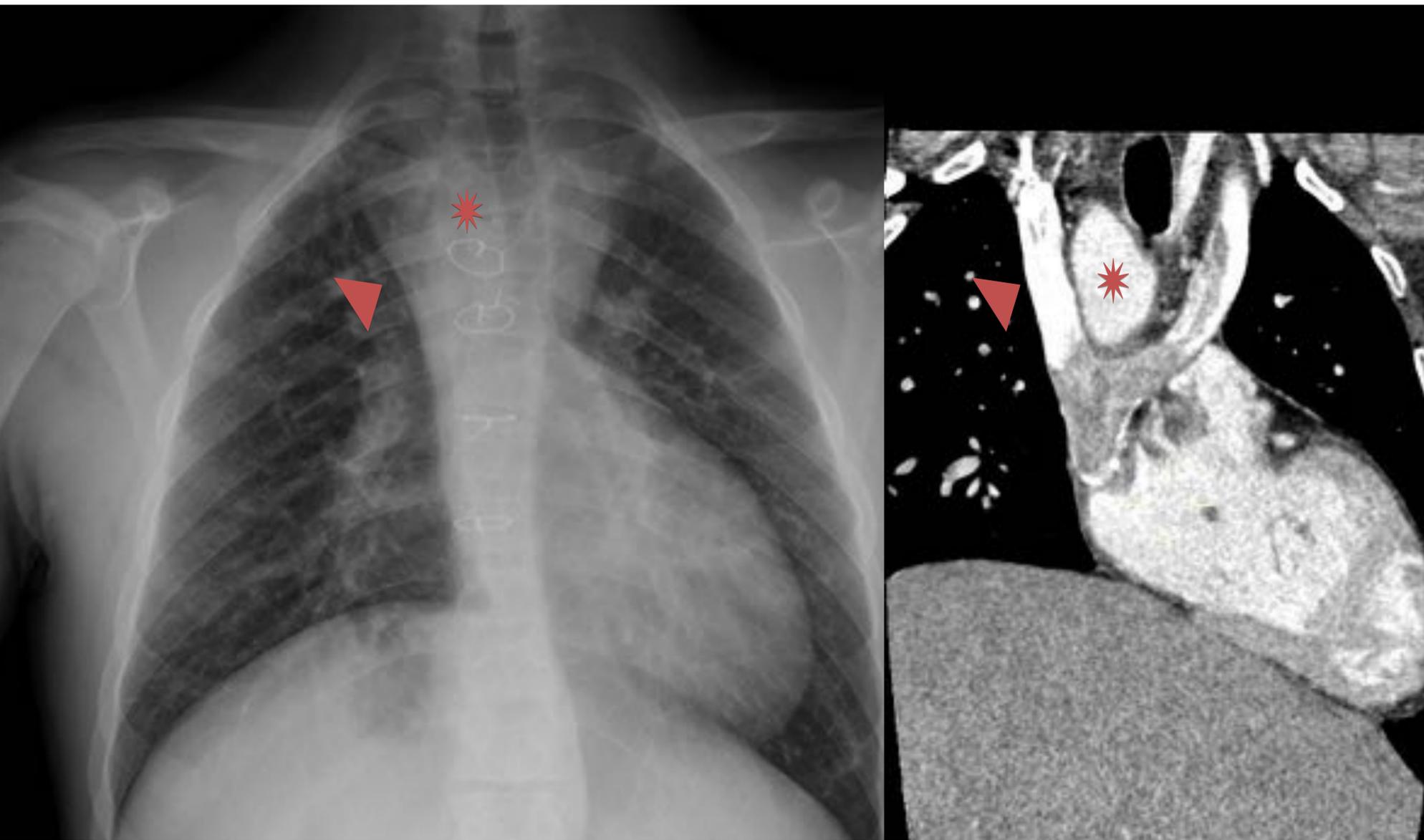


Figura 11: Corazón univentricular. Cirugía paliativa Glenn bidireccional bilateral. Derivación de Fontan con tubo extracardiaco.

Correlación Rx simple con corte coronal de TC. Se visualiza arco aórtico derecho (flecha), corazón de pequeño tamaño. Discreto ensanchamiento mediastínico, que en el TC observamos que corresponde a doble vena cava superior (flecha).

Hospital Universitario Virgen Macarena, Sevilla.

DUCTUS ARTERIOSO PERSISTENTE

EL ductos arterioso persistente es la anomalía congénita más frecuente del adulto.

El ductus arterioso en el feto es una estructura vascular que comunica la porción distal del arco aórtico con la región proximal de la arteria pulmonar izquierda. Si el ductus arterioso no se cierra espontáneamente tras el nacimiento, existirá un flujo continuo desde la aorta a las arterias pulmonares, apareciendo un cortocircuito de izquierda a derecha, que lleva a hiperaflujo pulmonar y sobrecarga de volumen de cavidades izquierdas. En los casos no tratados en la infancia, el hiperaflujo pulmonar crónico induce cambios histológicos capilares que provocan aumento de las resistencias vasculares pulmonares e hipertensión pulmonar.

Su cierre está indicado siempre para evitar que llegue a una situación de Eisenmenger, que consiste en una hipertensión pulmonar severa no reversible; en los casos de ductus pequeños que provoque endocarditis infecciosa. El tratamiento puede ser quirúrgico o endovascular mediante dispositivos de cierre.

La ecocardiografía es habitualmente el método de diagnóstico de elección para el diagnóstico del ductus arterioso persistente.

Según el tamaño del DAP los hallazgos radiológicos pueden variar:

- En ductus pequeño la RX tórax suele ser normal.
- En ductus moderado 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.
- En ductus 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.

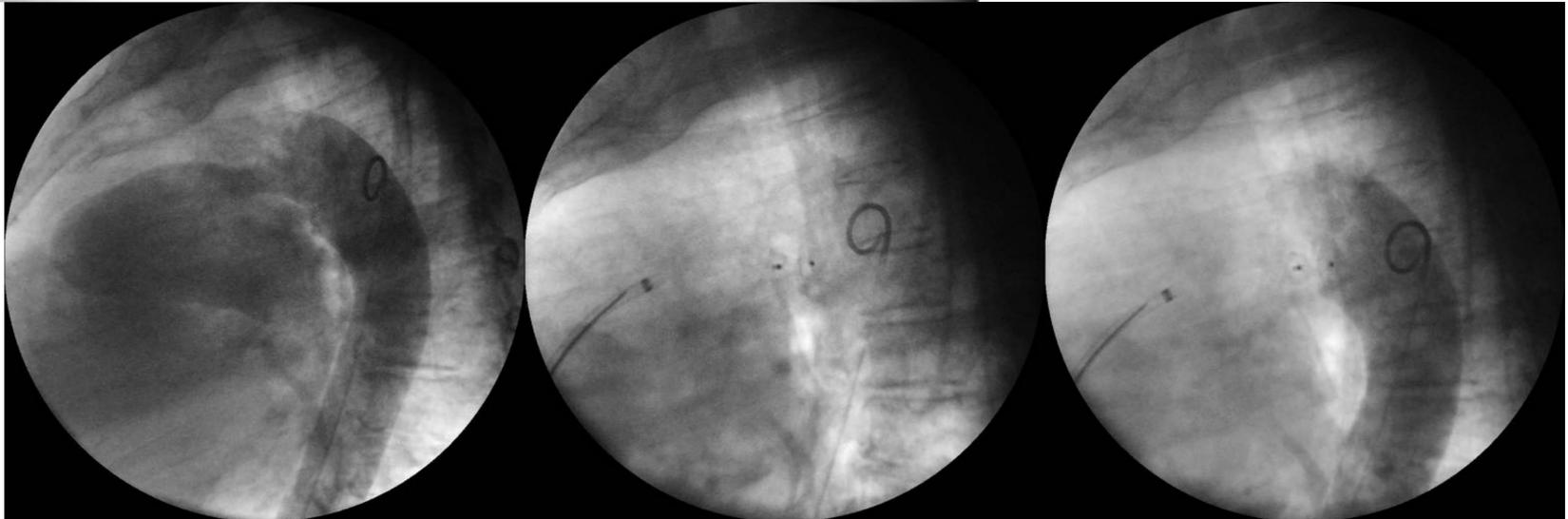
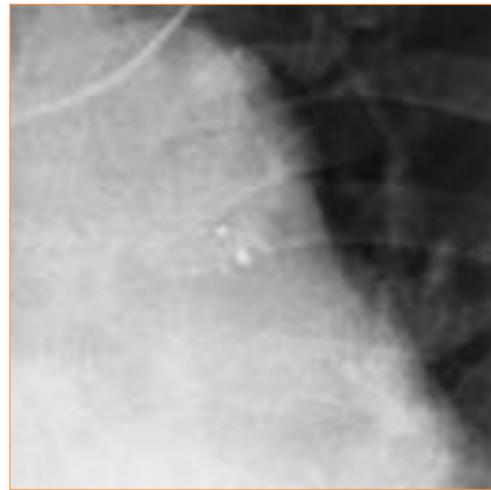
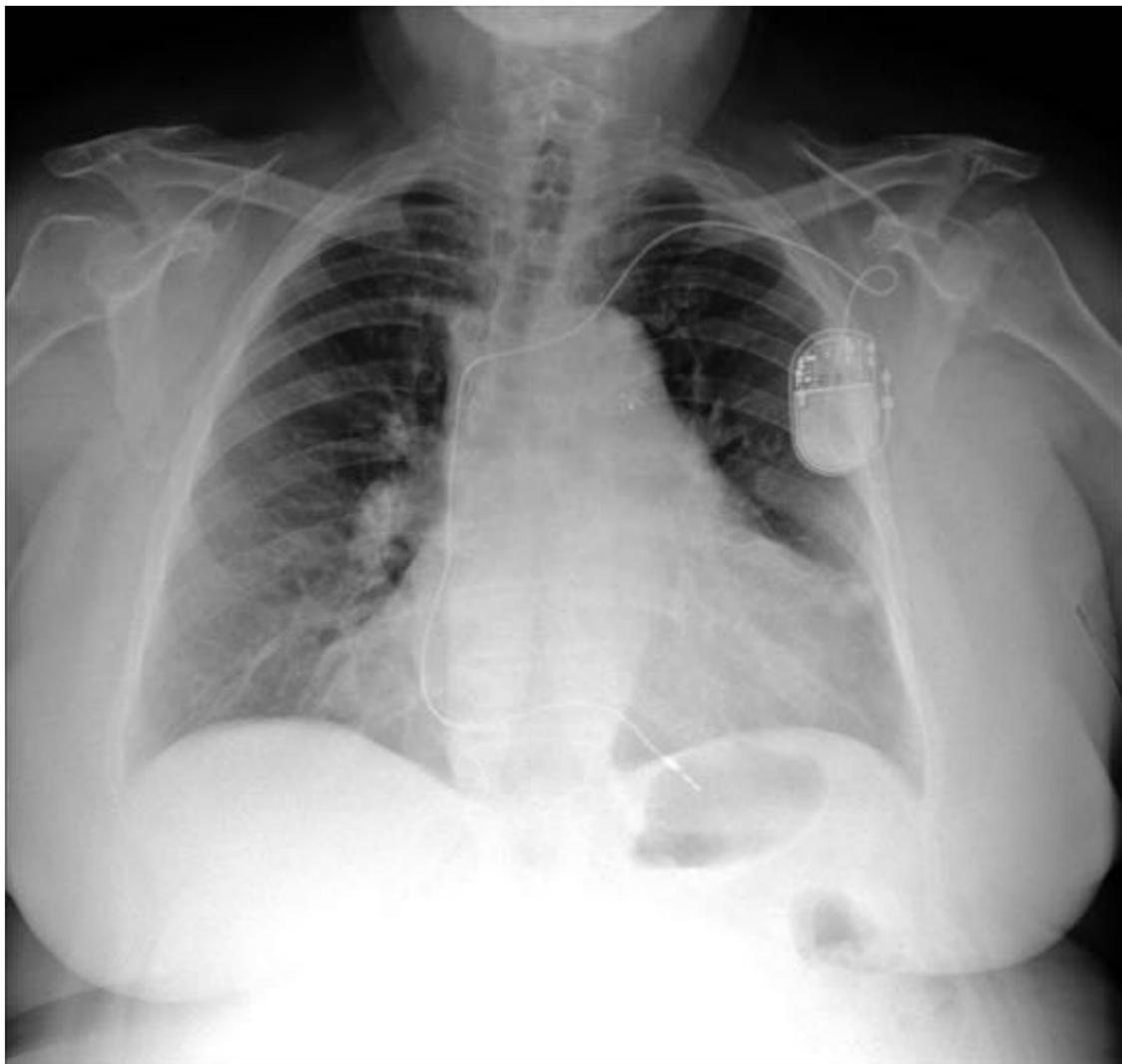


Figura 12: Ductus arterioso persistente tratado vía percutánea mediante dispositivo de doble disco (Amplatzer cierre de ductus).

Cardiomegalia a expensas de cavidades izquierdas. Prominencia del tronco de la arteria pulmonar.

Marcapasos unicameral con extremo de catéter electrodo en VD.

Imágenes inferiores muestran el proceso de su colocación, por cortesía del Servicio de Hemodinámica.

Hospital Universitario Virgen Macarena, Sevilla.

CONCLUSIONES

Aunque la ecocardiografía, TC y RMN son los métodos de diagnóstico de elección para el diagnóstico de la mayoría de las cardiopatías congénitas, así de cómo su seguimiento en la edad adulta, la radiografía simple podría tener un papel complementario en el seguimiento de estos pacientes, permitiendo detectar posibles complicaciones, realizar una valoración del corazón y su repercusión en el resto de estructuras torácicas, parénquima pulmonar y mediastino, así como servir como cribado para decidir que pacientes se beneficiarían de otras pruebas de imagen, ya que es una prueba rápida, económica y reproducible.

Es esencial conocer la anatomía normal, las variantes anatómicas y las anomalías que se producen en cada cardiopatía congénita, así como llevar a cabo una sistemática de lectura y comparar con estudios anteriores.

BIBLIOGRAFÍA

1. Del Cura JL, Pedraza S, Gayete A. Radiología Esencial.Vol 1. 1º ed. Madrid: Editorial Panamericana; 2010.
2. Oliver Ruiz JA. Cardiopatías congénitas del adulto: residuos, secuelas y complicaciones de las cardiopatías congénitas operadas en la infancia. *Rev Esp Cardiol* 2003;56(1):73-88.
3. Babu-Narayan S et al. Imaging of congenital heart disease in adults. *European Heart Journal* (2016) 37, 1182–1195
4. Bautista-Hernández V. Tetralogía de Fallot con estenosis pulmonar: aspectos novedosos. *Cir Cardiov.* 2014;21(2):127-131.
5. Siegel MJ et al. MDCT of Postoperative Anatomy and Complications in Adults with Cyanotic Heart Disease. *AJR* 2005;184:241–247.
6. Wiant A, Nyberg E, Gilkeson RC. CT Evaluation of Congenital Heart Disease in Adults. *AJR* 2009; 193:388–396.
7. Goo WH et al. CT of Congenital Heart Disease: Normal Anatomy and Typical Pathologic Conditions. *RadioGraphics* 2003; 23:S147–S165.
8. Leshcka S. Pre- and Postoperative Evaluation of Congenital Heart Disease in Children and Adults with 64-Section CT. *RadioGraphics* 2007; 27:829–846.
9. Ferguson EC, Krishnamurthy R, Oldham SA. Classic Imaging Signs of Congenital Cardiovascular Abnormalities. *RadioGraphics* 2007; 27:1323–1334.
10. Webb G. Treatment of Coarctation and Late Complications in the Adult. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 2005;17:139-142