



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGÍA "IGNACIO CHÁVEZ"

GRUPO C.T. SCANNER

COARTACIÓN AÓRTICA: DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DESDE UN ENFOQUE RADIOLÓGICO.

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER LA TITULACIÓN EN LA ESPECIALIDAD MÉDICA DE
IMAGENOLÓGÍA DIAGNÓSTICA Y TERAPÉUTICA.

PRESENTA:

SUSANA NATHALÍ NAVARRETE GUÍZAR

Dr. José Fernando Guadalajara Boo
Director de Enseñanza
Instituto Nacional de Cardiología
"Ignacio Chávez"

Dr. José Luis Criales Cortés
Profesor Titular del Curso
Imagenología Diagnóstica y Terapéutica
C.T. Scanner - UNAM

Dr. Sergio Andrés Criales Vera
Asesor de Tesis

MÉXICO, D.F., 2015.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dr. José Fernando Guadalajara Boo
Director de Enseñanza
Instituto Nacional de Cardiología
“Ignacio Chávez”

Dr. José Luis Criales Cortés
Profesor Titular del Curso
Imagenología Diagnóstica y Terapéutica
C.T. Scanner - UNAM

Dr. Sergio Andrés Criales Vera
Asesor de Tesis

MÉXICO, D.F., 2015.

DEDICATORIA

Dedico ésta tesis a todas aquellas personas que me han apoyado y me han alentado a mejorar en la vida profesional. Sobretudo a mis padres, que gracias a su esfuerzo hicieron posible la culminación de esta importante etapa de mi vida. A mis profesores que tuvieron la dedicación de transmitirme sus conocimientos y con su ejemplo me motivaron a seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todos los profesores que me ayudaron a desarrollar ésta tesis, en especial al Dr. Sergio Andrés Criales, por haber sido el pilar más importante y por haber estado siempre al pendiente. A todas aquellas personas que desinteresadamente contribuyeron en mi esfuerzo por culminar éste trabajo.

CONTENIDO

	PAGS.
RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	6
EMBRIOLOGÍA	7
ANATOMÍA NORMAL DEL CAYADO AÓRTICO	7
FISIOPATOLOGÍA DE LA COARTACIÓN AÓRTICA	8
PRESENTACIÓN CLÍNICA	9
MODALIDADES DE IMAGEN	9
Radiografía simple	9
Ecocardiografía Doppler	10
Angiografía por cateterismo	10
Tomografía Computada	11
Resonancia magnética	12
VALORACIÓN RADIOLÓGICA PARA PLANEACIÓN QUIRÚRGICA	13
CRITERIOS QUIRÚRGICOS EN NIÑOS	13
COMPLICACIONES	14
CONCLUSIÓN	15
IMÁGENES	16
BIBLIOGRAFÍA	21

Resumen

La coartación aórtica constituye el 5 a 8% de las anomalías congénitas del sistema cardiovascular, y se asocia a otras malformaciones siendo la más común, la aorta bivalva. Se estima que el 90% de los pacientes no tratados, mueren a la edad de 50 años. En el presente estudio revisaremos brevemente la embriología, el diagnóstico en las diferentes modalidades de imagen, asociaciones congénitas y el tratamiento desde un punto de vista radiológico.

Introducción

La coartación aórtica es una entidad frecuente, constituye el 5 a 8% de los defectos congénitos del sistema cardiovascular, con mayor incidencia en varones (1.5:1) y alta morbilidad. Se define como disminución del calibre aórtico a nivel istmico (*Fig. 1*) y ocurre típicamente entre la emergencia de la arteria subclavia izquierda y el ducto arterioso. Generalmente se asocia a otras alteraciones congénitas entre las cuales se encuentran la válvula aórtica bicúspide (*Fig. 2*), hipoplasia del cayado aórtico (*Fig. 3*), dilatación de los troncos supraaórticos (*Fig. 4*) y de las arterias intercostales (*Fig. 5*), estenosis de la arteria subclavia izquierda (*Fig. 6*), aneurisma de la aorta ascendente y del círculo de Willis (*Fig. 7*) y defectos en el septo ventricular, entre los más comunes. Es la cardiopatía más frecuente en el síndrome de Turner. El objetivo de ésta revisión es mencionar los hallazgos radiológicos en el diagnóstico y tratamiento de la coartación aórtica.

Embriología

Durante el desarrollo embrionario, las aortas dorsales y las ventrales se comunican entre sí por medio de 12 vasos (6 pares) arteriales llamados arcos aórticos. La aorta ventral se convierte en la aorta ascendente y la aorta dorsal da origen a la aorta torácica descendente. El primero, segundo y quinto arcos involucionan. El tercer arco forma las arterias carótidas. El cuarto arco aórtico izquierdo forma el cayado aórtico izquierdo; el derecho involuciona. La parte dorsal del sexto arco derecho desaparece y el izquierdo forma el conducto arterioso. Las séptimas arterias intersegmentarias migran de manera cefálica y dan origen a las arterias subclavias. Esto ocurre entre la sexta y octava semanas de gestación.

Anatomía normal del cayado aórtico

La raíz aórtica se encuentra localizada entre el anillo de la válvula aórtica y la unión sinotubular, su calibre es de 2.5 a 3.3 cm e incluye los senos de Valsalva. La unión sinotubular es el sitio de unión de los senos de Valsalva con la aorta ascendente, tiene calibre de 2.3 a 2.9 cm. La aorta ascendente es el segmento localizado entre la unión sinotubular y el tronco braquiocefálico, su calibre es de 2.3 a 2.9 cm. El cayado aórtico es el segmento transversal de la aorta, desde la emergencia del tronco braquiocefálico hasta el origen de la arteria subclavia izquierda 2.3 a 2.7 cm. El istmo es la porción corta de la aorta desde el origen de la arteria subclavia izquierda hasta el conducto arterioso, mide 2.7 a 2.9 cm. La aorta descendente es el segmento que continúa en sentido caudal desde el istmo, mide 3 cm.

Fisiopatología de la coartación aórtica

El mecanismo exacto por el cual se produce la coartación aórtica no es aún bien conocido. Las hipótesis más aceptadas son la teoría hemodinámica y la del tejido ductal ectópico. En la teoría hemodinámica se propone que un flujo preductal anormal o un ángulo anormal entre el ducto y la aorta aumentan el flujo ductal de derecha a izquierda y disminuyen el flujo ístmico potenciando así el desarrollo de una coartación. Una alta incidencia de coartación aórtica en pacientes con cardiopatías congénitas que cursan con flujo aórtico anterógrado disminuido in útero apoya ésta teoría.

La teoría de la extensión anormal de tejido ductal en la aorta propone que con el cierre ductal también se produce la obstrucción aórtica, sin embargo, no explica los grados variables de hipoplasia aórtica asociados a la coartación de la aorta.

Histológicamente se ha reportado un engrosamiento focal de la media de la pared aórtica previo a la zona de inserción del ducto arterioso o ligamento arterioso. La íntima en ésta zona, puede ser de grosor normal inicialmente, con engrosamiento al paso del tiempo, y ocasionar obstrucción al involucionar el ducto arterioso. El tipo de presentación se ha descrito como preductal o tipo infantil y postductal o tipo adulto, sin embargo, estudios anatómicos sugieren que todas las coartaciones son de tipo yuxtaductal. La localización típica de la coartación es distal al origen de la arteria subclavia izquierda aproximadamente a nivel del ducto arterioso, aunque en raras ocasiones puede afectar niveles más inferiores de la aorta. Usualmente se observa una dilatación postestenótica en la aorta descendente.

Presentación clínica

La presentación clínica y la severidad de los síntomas está determinada por el grado de estenosis aórtica, la presencia o no de anomalías del arco aórtico asociadas, la persistencia o no del ducto arterioso, la rapidez con que éste se cierre y el grado de resistencia vascular pulmonar. Los pacientes que debutan tempranamente, generalmente tienen estenosis aórtica severa y se presentan en las primeras semanas de vida con deficiencia en la perfusión, manifestada por taquipnea y letargo, que pueden evolucionar a falla cardíaca congestiva y shock. La presentación puede ser abrupta y aguda con el cierre del conducto arterioso. En los casos menos severos de estenosis aórtica, no se desarrolla falla cardíaca congestiva temprana, debido al desarrollo gradual de circulación colateral. Éstos pacientes suelen iniciar con soplo e hipertensión arterial con discrepancia de presión entre extremidades superiores e inferiores durante la niñez, adolescencia o adultez. Pueden presentarse con hemorragia intracraneana secundaria a la ruptura de aneurismas cerebrales, hipertrofia ventricular izquierda y posteriormente desarrollar falla cardíaca congestiva. La mortalidad en pacientes no tratados es del 90% en mayores de 50 años, con una edad promedio de 35 años.

Modalidades de imagen

- **Radiografía simple**

El diagnóstico de coartación aórtica con una radiografía posteroanterior simple del tórax se da en el 92% de los casos. Los hallazgos clásicos son ensanchamiento del contorno izquierdo de la arteria subclavia, así como la alteración en el contorno de la aorta descendente, con apariencia de “doble

prominencia” causado por dilatación pre y post estenótica, que en conjunto dan lugar al “signo del 3” (*Fig. 8*). Cuando se asocia la estenosis aórtica a válvula bivalva, se puede observar prominencia del ventrículo izquierdo. La circulación colateral se manifiesta por ensanchamiento mediastinal superior, secundario a dilatación de las arterias mamarias internas. El “signo de Roesler” se encuentra en el 75% de los pacientes en la edad adulta, y se observa como muescas en el borde inferior de las costillas, típicamente de la tercera a la novena, que son el resultado de erosión ósea por la pulsatilidad de las arterias bronquiales dilatadas. En niños con coartación severa, puede haber cardiomegalia y congestión pulmonar.

- **Ecocardiografía Doppler**

La ecocardiografía Doppler es actualmente la primera técnica de imagen utilizada en la identificación de la localización y gravedad de la coartación y tiene la ventaja de proporcionar una estimación no invasiva del gradiente de presión a través del estrechamiento. Pero a veces es difícil de obtener una buena visualización del sitio de la coartación a causa de una mala ventana acústica y la larga distancia entre el transductor y la región ístmica.

- **Angiografía por cateterismo**

Ésta modalidad está limitada únicamente para fines terapéuticos, ya que es una técnica invasiva, y no está libre de complicaciones. Es un prerrequisito para la angioplastia tanto en dilatación con balón, como para colocación de stent (*Fig. 9*). Proporciona información exacta sobre el gradiente de presión en la zona preestenótica, estenótica y postestenótica, así como visualización

detallada de la circulación colateral en tiempo real, además de alteraciones asociadas como hipoplasia de la porción transversa del arco aórtico. El gradiente de presión sistólico “peak-to-peak” mayor de 20 mmHg se considera indicativo de obstrucción significativa. Sin embargo, la magnitud del gradiente, no se relaciona necesariamente con el grado de severidad de la estenosis, ya que el gradiente depende también de otros factores como la cantidad y el calibre de los vasos colaterales. En el caso de pacientes con persistencia del conducto arterioso, el gradiente de presión también se modifica. La angiografía es especialmente útil en pacientes en quienes se sospecha defecto del septo interventricular, para valorar la función del ventrículo izquierdo.

- **Tomografía Computada**

La tomografía computada tiene la más alta resolución entre los estudios de imagen no invasivos usados en la evaluación del sistema cardiovascular y la aorta. Proporciona excelente detalle anatómico, gracias a su capacidad de reformato isotrópico que permite crear imágenes en múltiples planos diferentes. Las adquisiciones con “gating cardíaco” permiten evaluar anomalías cardíacas congénitas en alta resolución, con el mismo bolo de contraste utilizado para valorar la aorta. Se puede evaluar la circulación colateral detalladamente, lo que puede proporcionar información sobre la severidad de la estenosis aórtica, así como valoración de la colocación de stents en el seguimiento post tratamiento (*Fig. 10*). La principal desventaja de la tomografía computada es la radiación acumulativa, especialmente en la población pediátrica, sin embargo, con los escáners de última generación, es posible reducir hasta el 90% de la dosis de radiación, sin perder seguridad diagnóstica.

Los tomógrafos helicoidales multidetector con energía dual, permiten realizar escaneos prospectivos con high-pitch, en los que se reduce la dosis de radiación a submilisieverts y minimizan los artefactos por movimiento. Para la evaluación aórtica se utilizan grosores de corte entre 1.5 y 3mm. La información anatómica, permeabilidad de las anastomosis e injertos en caso de que estén presentes y las posibles complicaciones postquirúrgicas son visibles con facilidad. Otra consideración importante para mejorar la calidad de la imagen es utilizar técnicas de “bolus-triggering” y “gating cardiaco”, en especial si se desea valorar la raíz aórtica, aorta bivalva, arterias coronarias o anatomía cardiaca. Las contraindicaciones de la angiotomografía son alergia al medio de contraste o insuficiencia renal crónica. Sin embargo, una evaluación juiciosa del grado de insuficiencia renal y una hidratación adecuada previa al estudio pueden reducir el riesgo de nefropatía.

- **Resonancia magnética**

La angiografía por resonancia magnética es una excelente herramienta en la evaluación no invasiva tanto anatómica como funcional del corazón y de los vasos sanguíneos, con una sensibilidad del 95% y especificidad de 82% (*Fig.11*). Las imágenes potenciadas en T1 sangre negra doble inversión recuperación, proporcionan gran detalle anatómico del segmento coartado y de las estructuras adyacentes, pueden ser adquiridas sin necesidad de inyección intravenosa de gadolinio, lo cual es de ayuda en pacientes que presentan alergia o enfermedad renal crónica. La técnica preferida para proporcionar mayor detalle anatómico es con inyección de gadolinio. Para evaluar el gradiente de presión en el segmento coartado, se utiliza la secuencia steady-

state free precession (SSFP), el cual es un parámetro importante para el planeamiento quirúrgico y de intervención endovascular. La medición de los volúmenes de flujo pre y postestenóticos son útiles para determinar el grado y severidad del flujo colateral de una manera no invasiva. También ha ganado auge en la evaluación anatómica postquirúrgica, caracterización de coartación recurrente u obstrucción residual, circulación colateral, hipertrofia ventricular y función sistólica.

Valoración radiológica para planeación quirúrgica

Es importante determinar el tipo de coartación aórtica, ya sea difusa, de segmento largo o pseudocoartación; la presencia o no de circulación colateral; el calibre del ducto arterioso, en caso de que se encuentre permeable; y la presencia y grado de hipoplasia de la porción transversa del cayado y del istmo, especialmente en neonatos.

Criterios quirúrgicos en niños

La hipertensión significativa o falla cardíaca congestiva son indicativas de intervención. Las opciones terapéuticas son la resección del segmento estenótico o intervención endovascular (con balón o colocación de stent). La recurrencia de coartación es similar en ambos casos. Sin embargo, la dilatación con balón tiene menor morbilidad y complicaciones que la resección quirúrgica. La angioplastia con balón es la mejor elección para el tratamiento de coartación aórtica sintomática en pacientes menores de 3 meses. Los niños y adolescentes que presentan pocos síntomas podrían categorizarse en un grupo de intervención electiva; se recomienda la dilatación con balón en pacientes

entre 3 y 5 años. No se recomienda esperar más allá de los 5 años de edad para realizar el tratamiento, hay evidencia de hipertensión residual si se trata al paciente después de ésta edad. Los pacientes con problemas asociados a la coartación aórtica como hipertensión, hipertrofia progresiva del ventrículo izquierdo o disfunción del mismo, requieren intervención inmediata.

Complicaciones

La coartación de la aorta es una enfermedad de por vida con complicaciones que pueden no ser evidentes hasta muchos años después de una reparación inicial y aparentemente exitosa.

Las principales complicaciones posteriores a la angioplastia por coartación aórtica incluyen ruptura arterial, disección aórtica, migración o fractura del stent y menos frecuente aneurismas. Se han reportado casos de ruptura del balón con la consiguiente mala expansión y colocación del stent, lo cual propicia que migre. Con los nuevos stents BIB (balón en balón), se ha disminuido ésta complicación. El catéter BIB es un tiene diseño triaxial. Dos vías se utilizan para inflar los balones, mientras que la tercera se usa para efectuar el seguimiento de la guía. La finalidad del catéter con balón doble es aplicar un inflado incremental con el fin de abrir una arteria. El balón interno proporciona la expansión inicial de la arteria y también actúa como una herramienta que mantiene el catéter en la arteria mientras se infla el balón externo. El balón externo se infla entonces facilitando el resto de la expansión. Otra complicación es la hemorragia en el sitio de punción y pérdida de pulso, debido al calibre del introductor usado para la angioplastia. El uso de dispositivos de cierre vascular puede ayudar a evitar este problema. Las complicaciones raras incluyen el

infarto de miocardio y hemorragia retroperitoneal. En el seguimiento a largo plazo, se han descrito casos de trombosis en la luz del catéter (*Fig.12*). Las complicaciones a largo plazo como recoartación (incidencia de hasta 33%), la formación de aneurismas en las zonas tratadas y la hipertensión paradójica continúan siendo problemas frecuentes.

Conclusión

La coartación aórtica es uno de los defectos congénitos del sistema cardiovascular más común, con una alta morbimortalidad a pesar del tratamiento. El diagnóstico temprano es piedra angular para mejorar la calidad de vida del paciente. La tomografía computada representa el método no invasivo de elección tanto para el diagnóstico, la planeación quirúrgica y el seguimiento post tratamiento. Gracias a la aparición de métodos de imagen no invasivos, la angiografía se utiliza únicamente con fines terapéuticos. La RM además de proporcionar excelente detalle anatómico del sistema cardiovascular y las estructuras adyacentes, aporta información funcional con la secuencia de contraste en fase, en la cual se puede medir el gradiente de presión en el segmento coartado con gran precisión, que es de gran importancia al momento de decidir el tipo de tratamiento adecuado para el paciente. Todo esto de manera no invasiva, sin contraste endovenoso ni exposición a radiación ionizante, especialmente útil en la población pediátrica y en pacientes alérgicos al medio de contraste yodado o con enfermedad renal crónica.

Imágenes

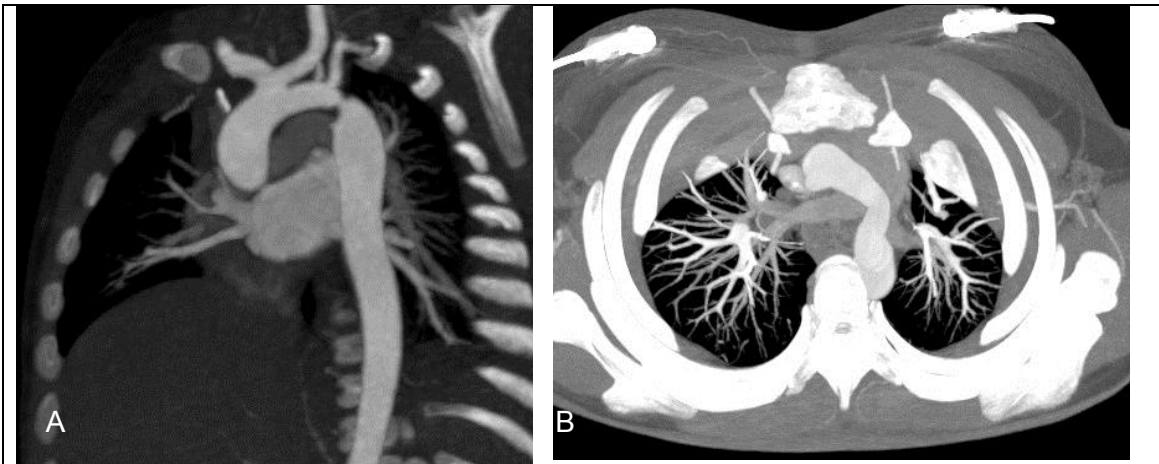


Figura 1. Coartación aórtica. Imágenes de tomografía computada en fase contrastada arterial. En la imagen A se muestra una reconstrucción multiplanar sagital oblicua izquierda, con máxima intensidad de proyección, en la que se observa coartación posterior a la emergencia de la arteria subclavia izquierda, la cual se encuentra hipoplásica, además de hipoplasia del segmento transverso del cayado aórtico. La imagen B muestra un corte axial, con máxima intensidad de proyección, en el cual se observa la disminución del calibre en el segmento transverso del cayado aórtico en un paciente con coartación aórtica.

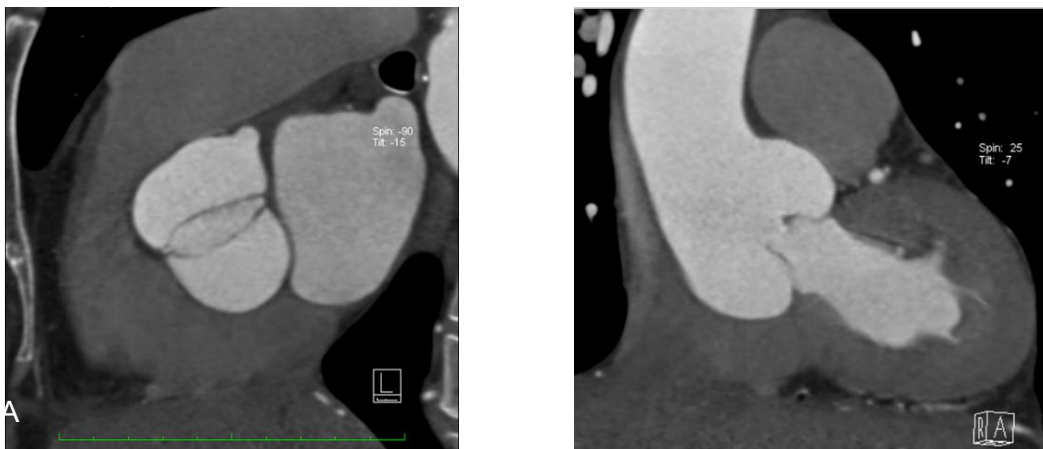


Figura 2. Válvula aórtica bivalva. Tomografía computada en fase contrastada arterial, en reconstrucciones multiplanares. Corte axial de la raíz aórtica (A), en donde se muestra morfología bivalva de la válvula aórtica, asociada a dilatación de los senos de Valsalva, visualizado en un corte sagital (B), en un paciente con coartación.

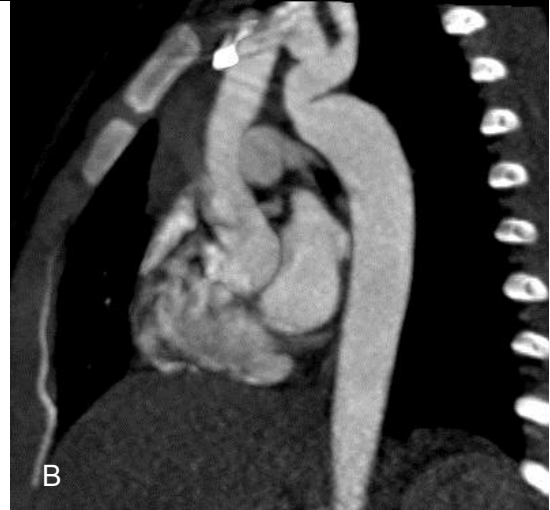


Figura 3. Hipoplasia del segmento transverso del cayado aórtico. Angiotomografía en corte axial (A) y reconstrucción multiplanar sagital oblicua izquierda (B), en la que se muestra disminución del calibre en el segmento transverso del cayado aórtico, en un paciente con coartación aórtica. Se observa también ligera dilatación postestenótica en la aorta descendente.



Figura 4. Dilatación de troncos supraaórticos. Angiotomografía, en reconstrucción multiplanar en corte sagital oblicuo, con máxima intensidad de proyección, en la que se muestra dilatación de los troncos supraaórticos y con coartación aórtica.



Figura 5. Dilatación de las arterias mamarias internas. Angiotomografía, en una imagen en reconstrucción multiplanar, con máxima intensidad de proyección, en la que se muestra la circulación colateral por dilatación de las arterias mamarias internas en un paciente con coartación aórtica.



Figura 6. Estenosis de la arteria subclavia izquierda. Angiotomografía, en una imagen en reconstrucción multiplanar sagital oblicua con máxima intensidad de proyección, en la que se muestra estenosis de la arteria subclavia izquierda y coartación aórtica.



Figura 7. Aneurisma en ambas arterias cerebrales medias. Resonancia magnética en secuencia 3D TOF, que muestra aneurisma de ambas arterias cerebrales medias, en una paciente con coartación aórtica.

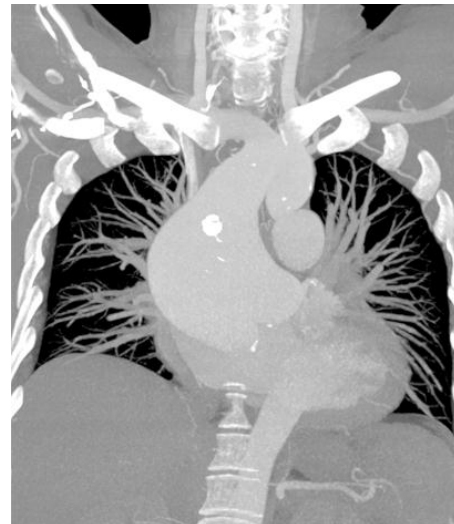


Figura 8. Signo del "3". Radiografía PA de tórax (A) en la que se muestra la dilatación proximal a la estenosis aórtica, compuesta por ensanchamiento de la arteria subclavia izquierda, así como dilatación de la aorta descendente pre y postestenótica. Angiotomografía (B) en reconstrucción multiplanar coronal con máxima intensidad de proyección, en la que se confirman los hallazgos de la radiografía, además de observarse aneurisma de la raíz aórtica y la porción ascendente con coartación a nivel del istmo.

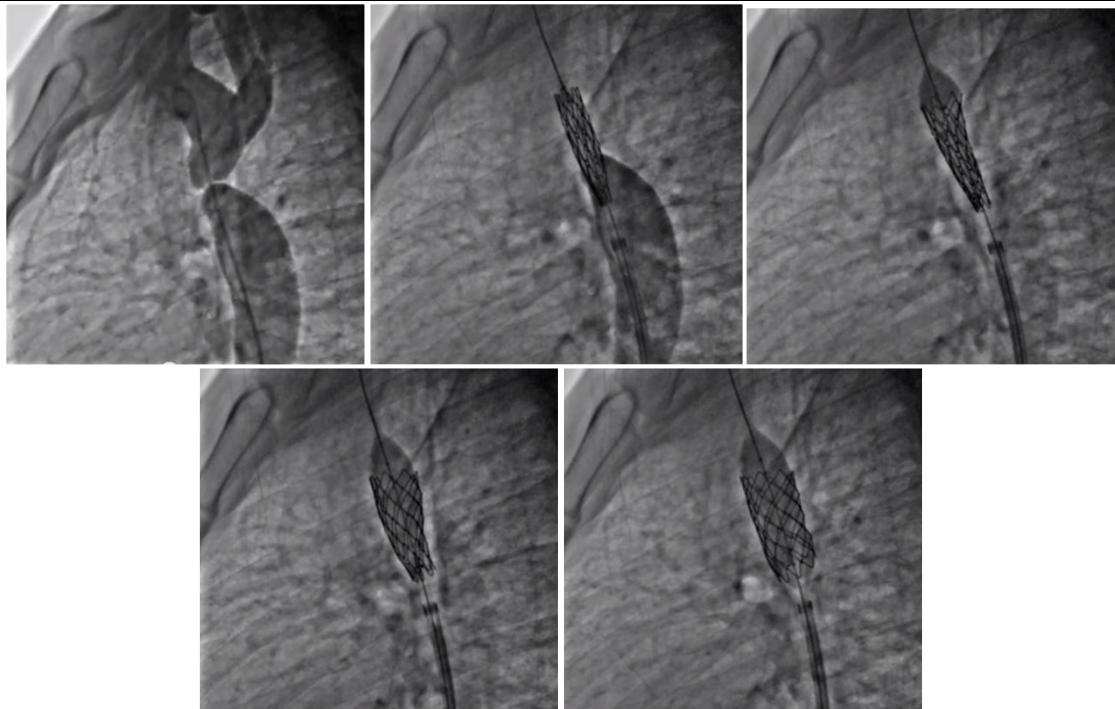


Figura 9: Angioplastia con Stent. Secuencia de angiografía en la que se muestra una coartación aórtica, con posterior angioplastia con colocación de Stent, y dilatación del segmento coartado.

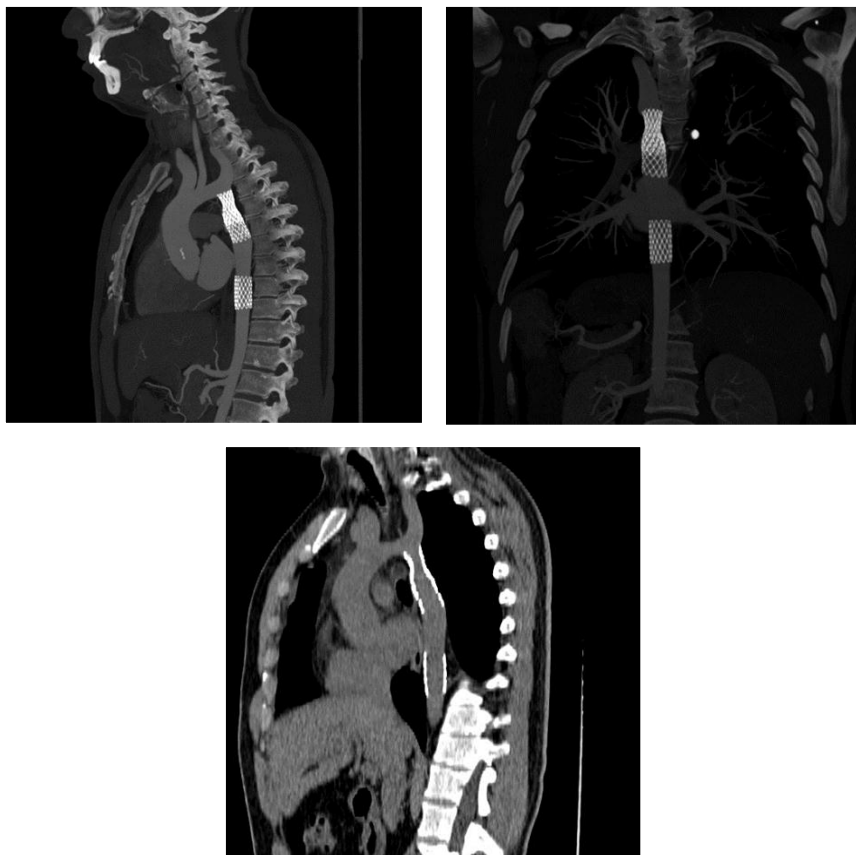


Figura 10. Angiotomografía en reconstrucciones multiplanares, que muestra la colocación adecuada de los stents y la permeabilidad de los mismos, en un paciente tratado por coartación aórtica istmica y en aorta descendente.

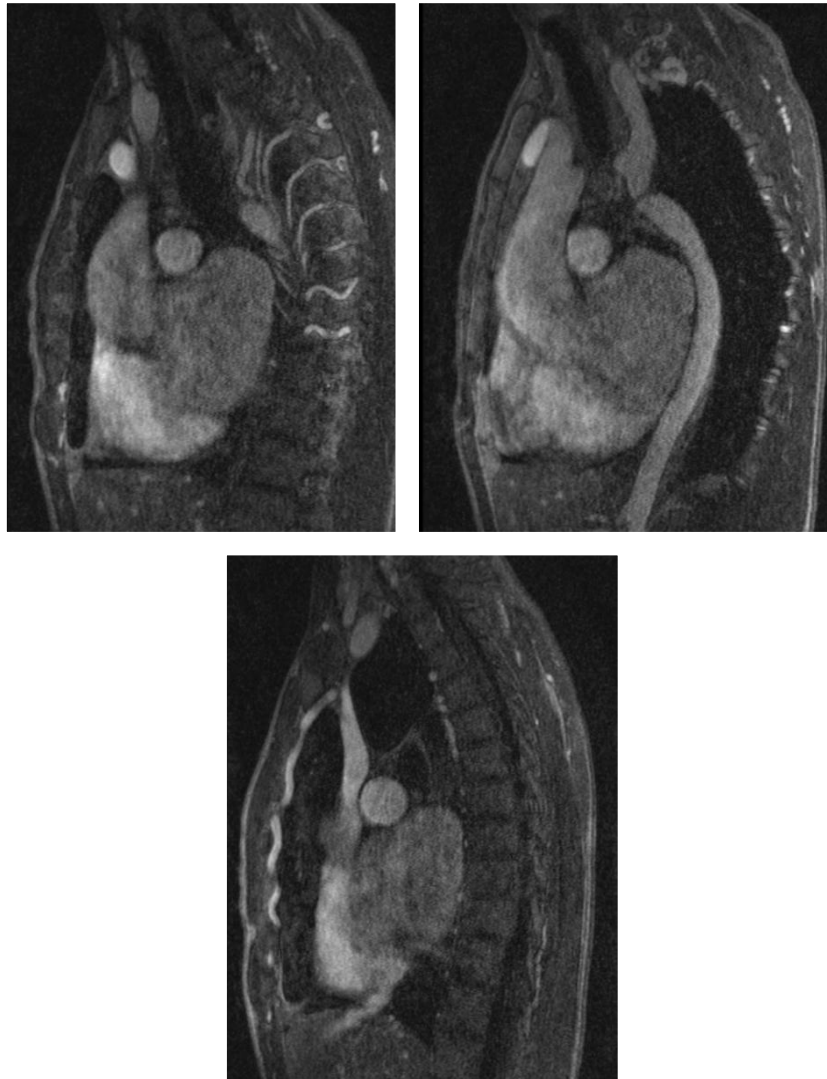


Figura 11. Angioresonancia magnética Se muestran imágenes en T1 FAT SAT posterior a la administración de gadolinio. Se observa coartación aórtica así como la circulación colateral a través de las arterias intercostales y las mamarias internas.

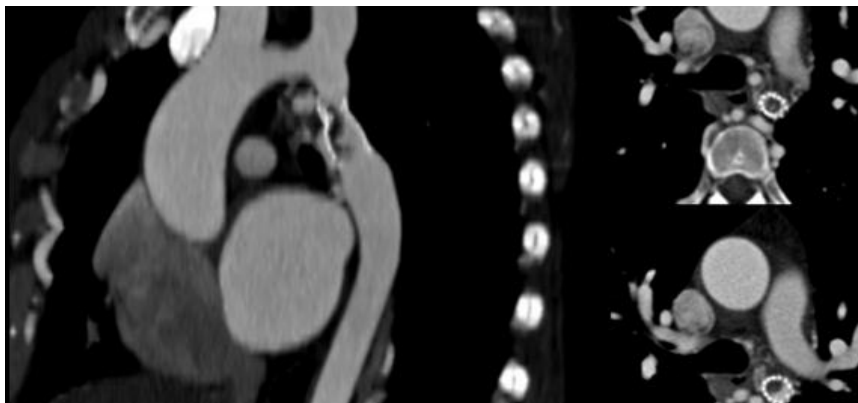


Figura 12. Angiotomografía. Se muestran imágenes en corte axial y en reconstrucción multiplanar sagital oblicua, en las que se observa un defecto de llenado intraluminal a nivel del stent, compatible con trombosis, en un paciente tratado por coartación aórtica.

Bibliografía

1. Karaosmanglu A., Khawaja R., Onur M., Kalra M. CT and MRI of Aortic Coarctation: Pre- and Postsurgical Findings. *AJR* 2015; 204:224-233.
2. Kenny D, Hijazi ZM. Coarctation of the aorta: from fetal life to adulthood. *Cardiol J* 2011; 18:487–495
3. Syamasundar Rao P., Berger S. Coarctation of the aorta
4. Forbes T., Kim D.W., Du W., Turner D., Holzer R., Amin Z., et al. Comparison of Surgical, Stent, and Balloon Angioplasty Treatment of Native Coarctation of the Aorta. *JACC* 2011; 58:2664-74.
5. Manning J., Warren y Pennell J., Dudley. Cardiovascular Magnetic Resonance. *Cardiovascular Magnetic Resonance Angiography: Carotids, Aorta, and Peripheral Vessels*. Saunders Elsevier 2010; 463-465.
6. Kimura-Hayama ET, Meléndez G, Mendizábal AL, Meave-González A, Zambrana GF, CoronaVillalobos CP. Uncommon congenital and acquired aortic diseases: role of multidetector CT angiography. *RadioGraphics* 2010; 30:79–98
7. Bruckheimer E., Birk E., Santiago R., Dagan T., Esteves C., Pedra C. Coarctation of the Aorta Treated with the Advanta V12 Large Diameter Stent: Acute Results. *CCI* 2010; 75: 402-406.
8. Bruckheimer E., Dagan T., Amir G., Birk E. Covered Cheatham-PlatinumStents for Serial Dilatation of Severe Native Aortic Coarctation. *CCI* 2009; 74:116-123.
9. Bean M., Johnson P., Roseborough G., Black J., Fisman E. Thoracic Aortic Stent-Grafts: Utility of Multidetector CT for Pre and Postprocedura Evaluation. *RadioGraphics* 2008; 28:1835-1851.
10. Lescha S., Oechslin E., Husmann L., Desbiolles L., Marincek B., Genoni M., et al. Pre- and Postoperative Evaluation of Congenital Heart Disease in Children and Adults with 64-Section CT. *RadioGraphics* 2007; 27:829-843.
11. Ferguson E., Krishnamuthy R., Oldham S. Classic Imaging Signs of Congenital Cardiovascular Abnormalities. *RadioGraphics* 2007; 27:1323-1334.
12. Didier D, Saint-Martin C, Lapierre C, et al. Coarctation of the aorta: pre and postoperative evaluation with MRI and MR angiography—correlation with echocardiography and surgery. *Int J Cardiovasc Imaging* 2006; 22:457–475.
13. Bermudez-Cañete R. Coartación de aorta: posibles soluciones a un complejo problema. *Rev Esp Cardiol* 2005; 58:1010-3.
14. Glass R., Norton K., Mitre S., Kang E. Pediatric Ribs: A Spectrum of Abnormalities. *RadioGraphics* 2002; 22:87-104.
15. Sebastia C., Pallisa E., Quiroga S., Alvarez-Castells A., Dominguez R., Evangelista A. Aortic Dissection Diagnosis and Follow-up with Helical CT. *RadioGraphics* 1999; 19:45-60.

16. Wook Chung J., Hyung Park J., Im J., Jin Chung M., Chung Han M., Ahn H. Spiral CT Angiography of the Thoracic Aorta. *RadioGraphics* 1996; 16:811-824.
17. Hélénon O., Rody F., Correas J., Melki P., Chauveau D., Chrétien Y., Moreau J. Color Doppler US of Renovascular Disease in Native Kidneys. *RadioGraphics* 1995; 15:833-854.