

37 Congreso
Nacional
CENTRO DE
CONVENCIONES
INTERNACIONALES

Barcelona
22/25
MAYO 2024

seram
Sociedad Española de Radiología Médica

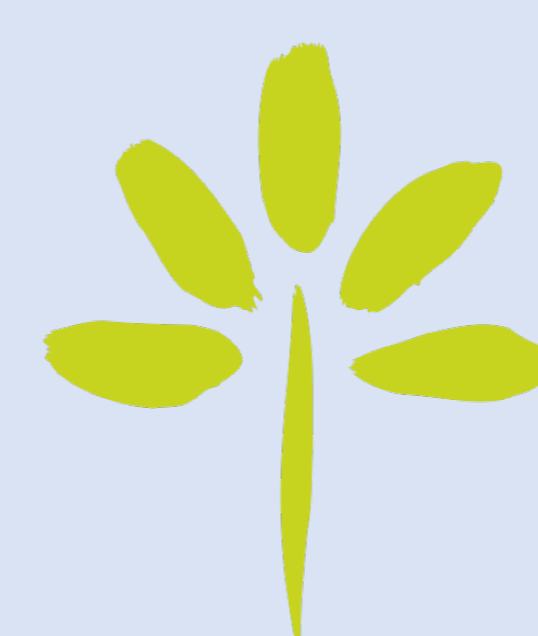
FERM
FUNDACIÓN ESPAÑOLA DE RADIOLOGÍA MÉDICA

RC | RADIOLEGS
DE CATALUNYA

ANATOMÍA Y PATOLOGÍA ILUSTRADA DEL ARCO AÓRTICO Y LA SALIDA DE LOS TRONCOS SUPRAAÓRTICOS

Gustavo Álvarez Guzmán, Carles Gómez Zaragoza,
Ángela Martínez Antón, Hernán Rivera Hechem,
Maridelma Villanueva Ávila, Paloma Puyalto de Pablo.

Hospital Germans Trias i Pujol, Badalona.



Germans Trias i Pujol
Hospital

OBJETIVO DOCENTE

Conocer la imagen de la anatomía normal del arco aórtico, de las principales variantes congénitas (que pueden estar asociadas a anillos vasculares, cardiopatías congénitas y anomalías cromosómicas), de malformaciones asociadas a conectivopatías y de las enfermedades aórticas agudas.

REVISIÓN DEL TEMA

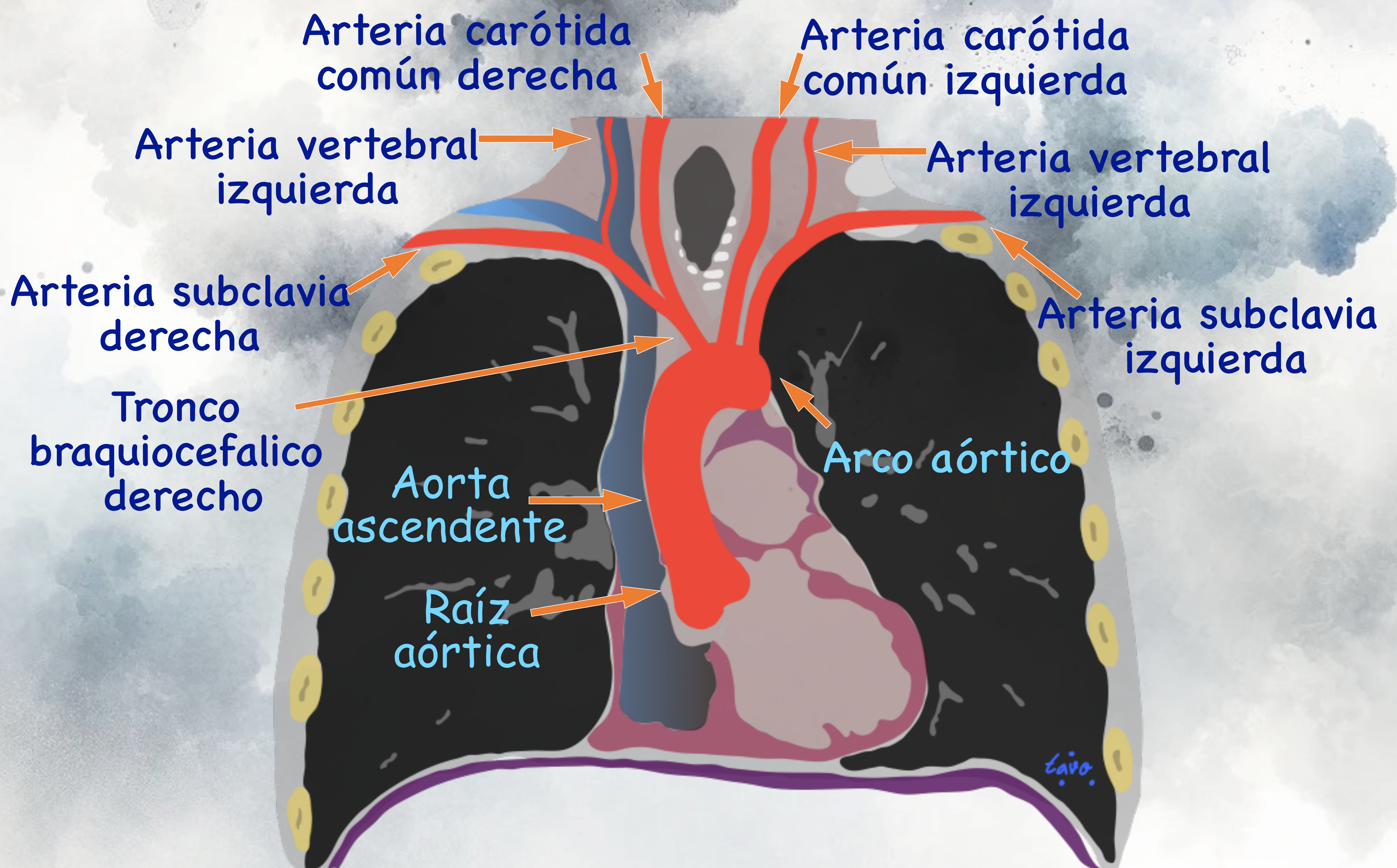
El arco aórtico se desarrolla hacia la tercera semana gestacional a partir del cuarto arco primitivo. Desde un hipotético inicial sistema doble algunas arterias persisten y otras regresan, dando lugar a las diferentes anomalías.



ANATOMÍA NORMAL

La aorta torácica surge del corazón, se extiende superiormente hacia la salida torácica, luego se curva 180° para extenderse inferiormente hacia el hiato diafragmático. Respecto de la anatomía quirúrgica se divide en 4 partes:

- * Raíz aórtica
- * Aorta ascendente
- * Arco aórtico del cual surgen las ramas cervicales, la arteria braquiocefálica (se bifurca en la subclavia derecha y arteria carótida común), arterias carótida común izquierda y subclavia izquierda
- * Aorta descendente



ARCO AÓRTICO

ARCO AÓRTICO IZQUIERDO (VARIANTES NORMALES)

ORIGEN COMÚN DE LAS ARTERIAS
BRAQUIOCEFÁLICA DERECHA Y LA ARTERIA
CARÓTIDA COMÚN IZQUIERDA

ORIGEN DIRECTO DE LA ARTERIA CARÓTIDA
COMÚN IZQUIERDA DESDE LA ARTERIA
BRAQUIOCEFÁLICA DERECHA

ARTERIA VERTEBRAL IZQUIERDA QUE SURGE
DIRECTAMENTE DEL ARCO AÓRTICO PROXIMAL A
LA ARTERIA SUBCLAVIA IZQUIERDA

ARCO AÓRTICO IZQUIERDO (ANOMALÍAS CONGÉNITAS)

CON ARTERIA SUBCLAVIA DERECHA ABERRANTE

CON ARTERIA SUBCLAVIA IZQUIERDA ABERRANTE QUE
SURGE DE UN DIVERTÍCULO RETROESOFÁGICO

CON ARTERIA SUBCLAVIA IZQUIERDA ABERRANTE
SIN DIVERTÍCULO RETRO-ESOFÁGICO

AÓRTICO INTERRUMPIDO

TIPO A

TIPO B

TIPO C

ARCO AÓRTICO DERECHO (ANOMALÍAS CONGÉNITAS)

AORTA CIRCUNFLEJA DERECHA

CON PATRÓN DE RAMIFICACIÓN EN ESPEJO

ARCO AÓRTICO CERVICAL

ARCO AÓRTICO DOBLE

QUINTO ARCO AÓRTICO PERSISTENTE

AISLAMIENTO DE LA ARTERIA SUBCLAVIA IZQUIERDA

COARTACIÓN AÓRTICA

ARCO AÓRTICO

SÍNDROME AÓRTICO AGUDO

HEMATOMA INTRAMURAL

ÚLCERA PENETRANTE

DISECCIÓN AÓRTICA

TIPO A DE STANFORD

TIPO B DE STANFORD

TRAUMATISMO AÓRTICO

PSEUDOANEURISMA AÓRTICO
TRAUMÁTICO

VASCULITIS

ARTERITIS DEL TAKAYASU

ARTERITIS DE CÉLULAS GIGANTES

TROMBOSIS DE LA ARTERIA SUBCLAVIA

TRANSTORNOS DEL TEJIDO CONECTIVO

SÍNDROME DE MARFAN

SÍNDROME DE LOEYS-DIETZ

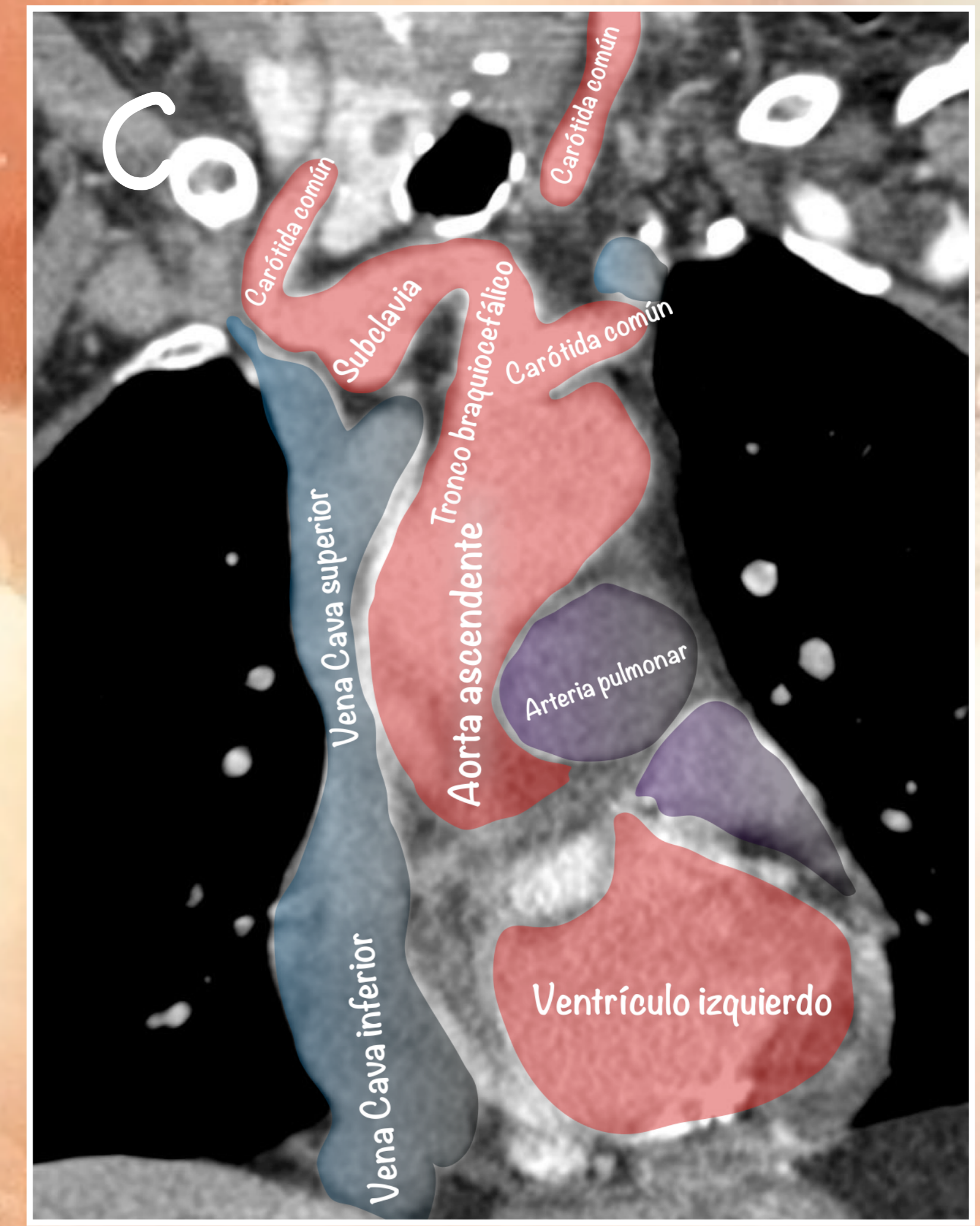
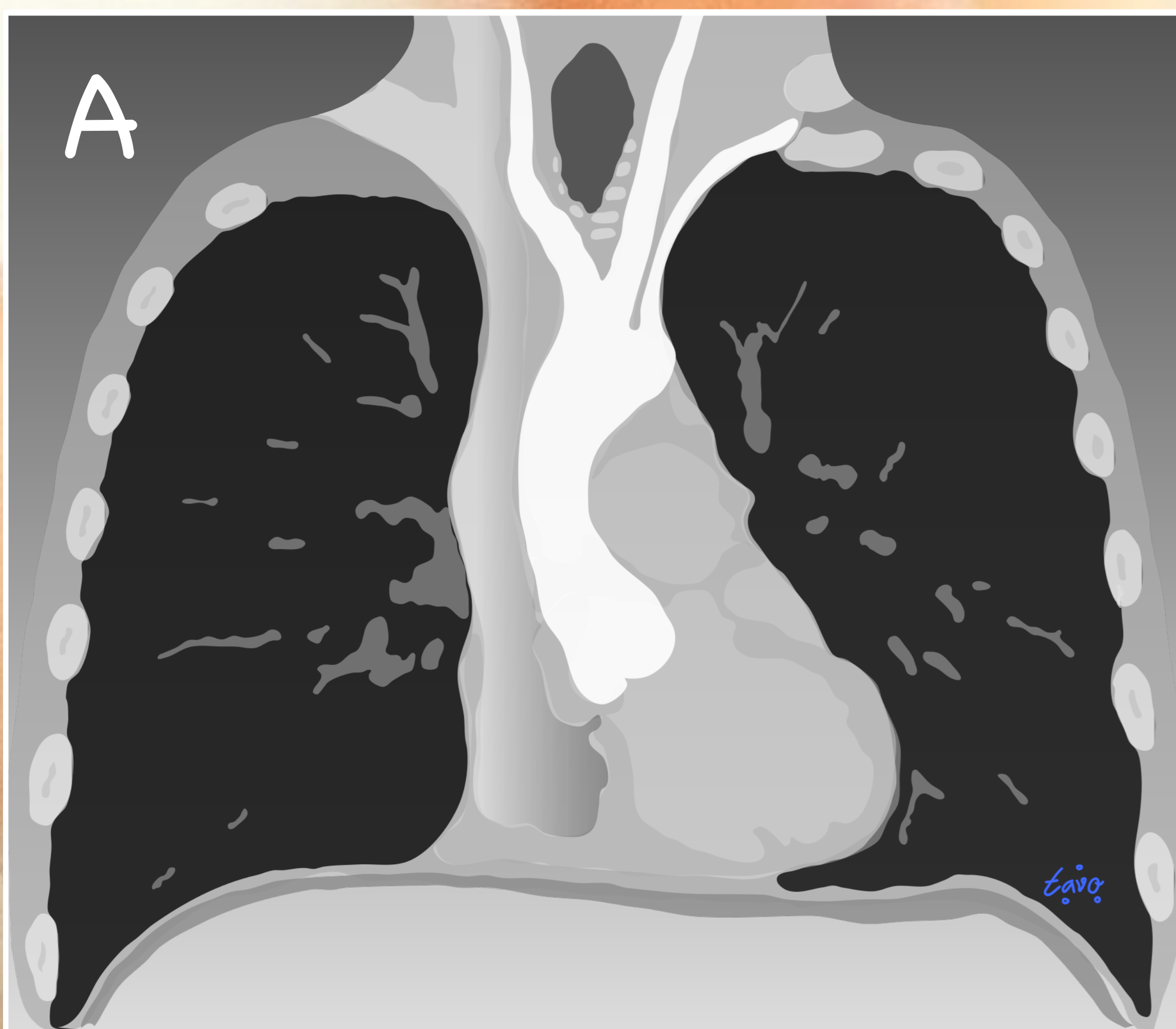
SÍNDROME DE EHLERS-DANLOS

SÍNDROME DE TORTUOSIDAD ARTERIAL

ARCO AÓRTICO IZQUIERDO

ORIGEN COMÚN DE LAS ARTERIAS BRAQUIOCEFÁLICA DERECHA Y LA ARTERIA CARÓTIDA COMÚN IZQUIERDA (ARCO BOVINO)

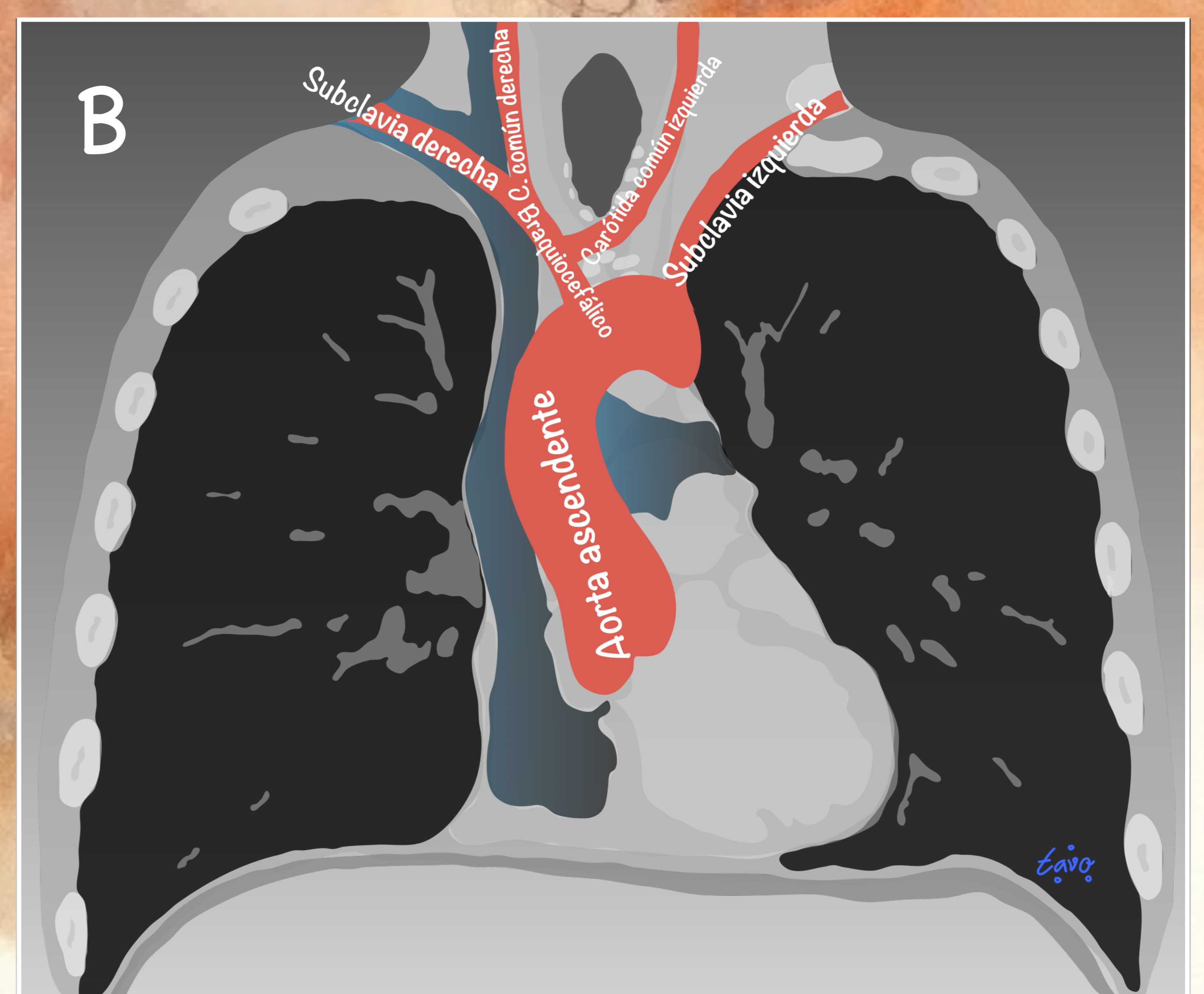
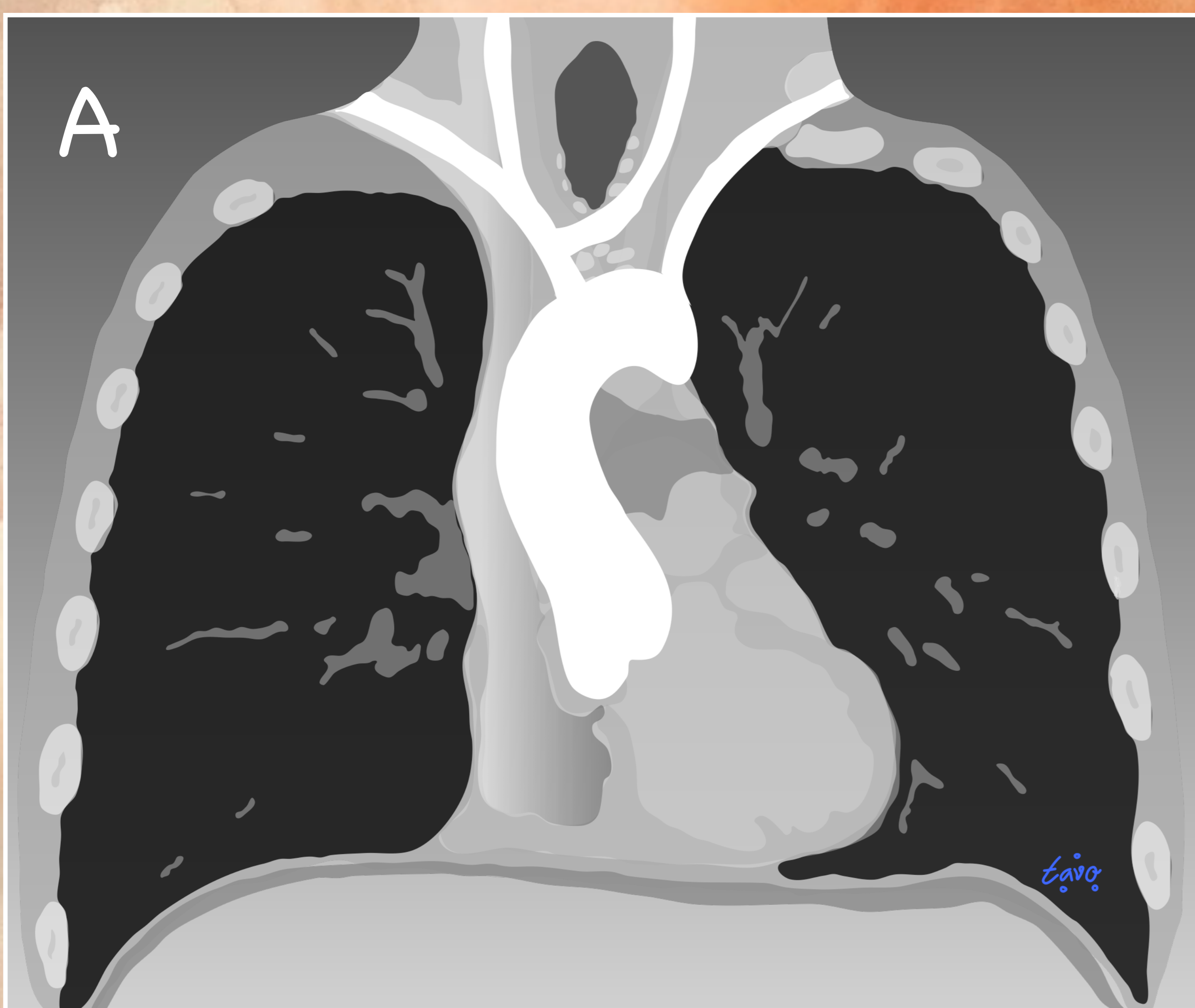
Variante más común, cuando la arteria carótida común izquierda tiene un origen común o menos frecuente, surge directamente de la arteria braquiocefálica derecha



Representación esquemática del tronco bovino (A)

Corte Axial de TC de tórax con contraste (B) y representación esquemática (C). Origen común de la a. braquiocefálica derecha y a. carótida común derecha.

ORIGEN DIRECTO DE LA ARTERIA CARÓTIDA COMÚN IZQUIERDA DESDE LA ARTERIA BRAQUIOCEFÁLICA DERECHA



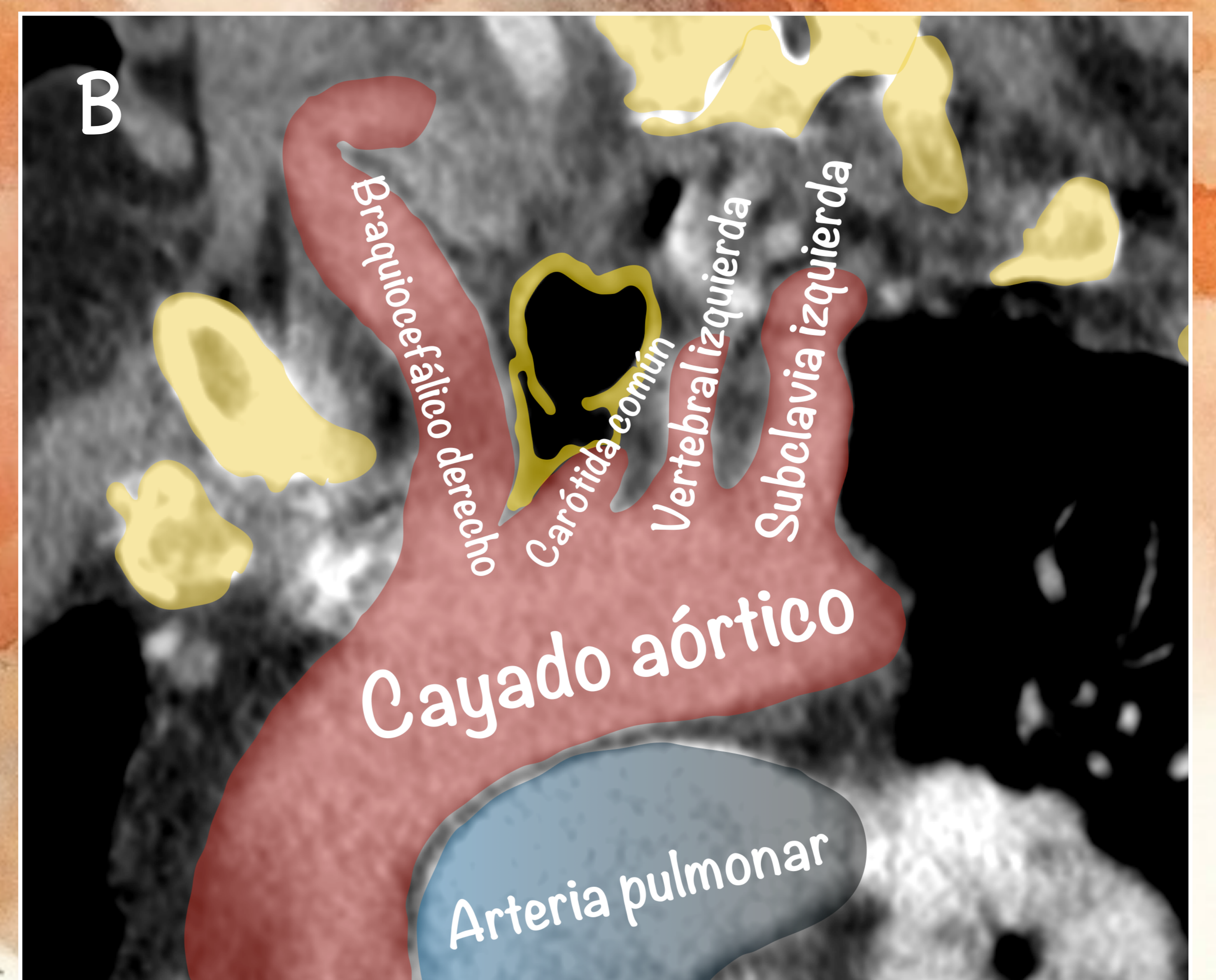
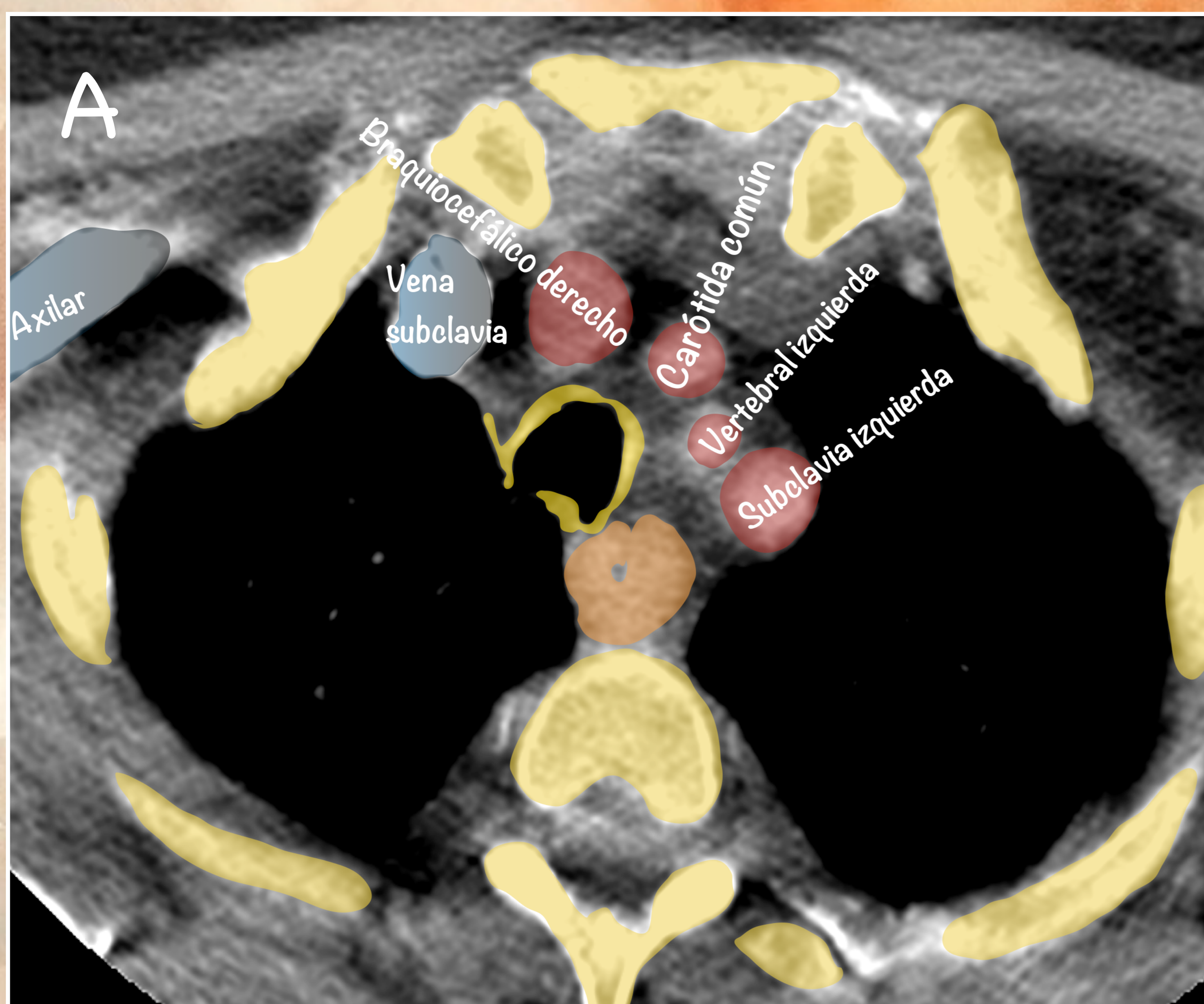
Representación esquemática (A y B) del origen directo la a. carótida común izquierda desde la a. braquiocefálica derecha.

ARTERIA VERTEBRAL IZQUIERDA QUE SURGE DIRECTAMENTE DEL ARCO AÓRTICO PROXIMAL A LA ARTERIA SUBCLAVIA IZQUIERDA

La arteria vertebral que emerge directamente del arco aórtico, proximal a la arteria subclavia izquierda.



Corte axial (A) y corte sagital (B) de TC de tórax con contraste, desde la derecha a izquierda se aprecia la a. Subclavia izq., a. vertebral izq., carótida común izq., tronco braquicefálico derecho.

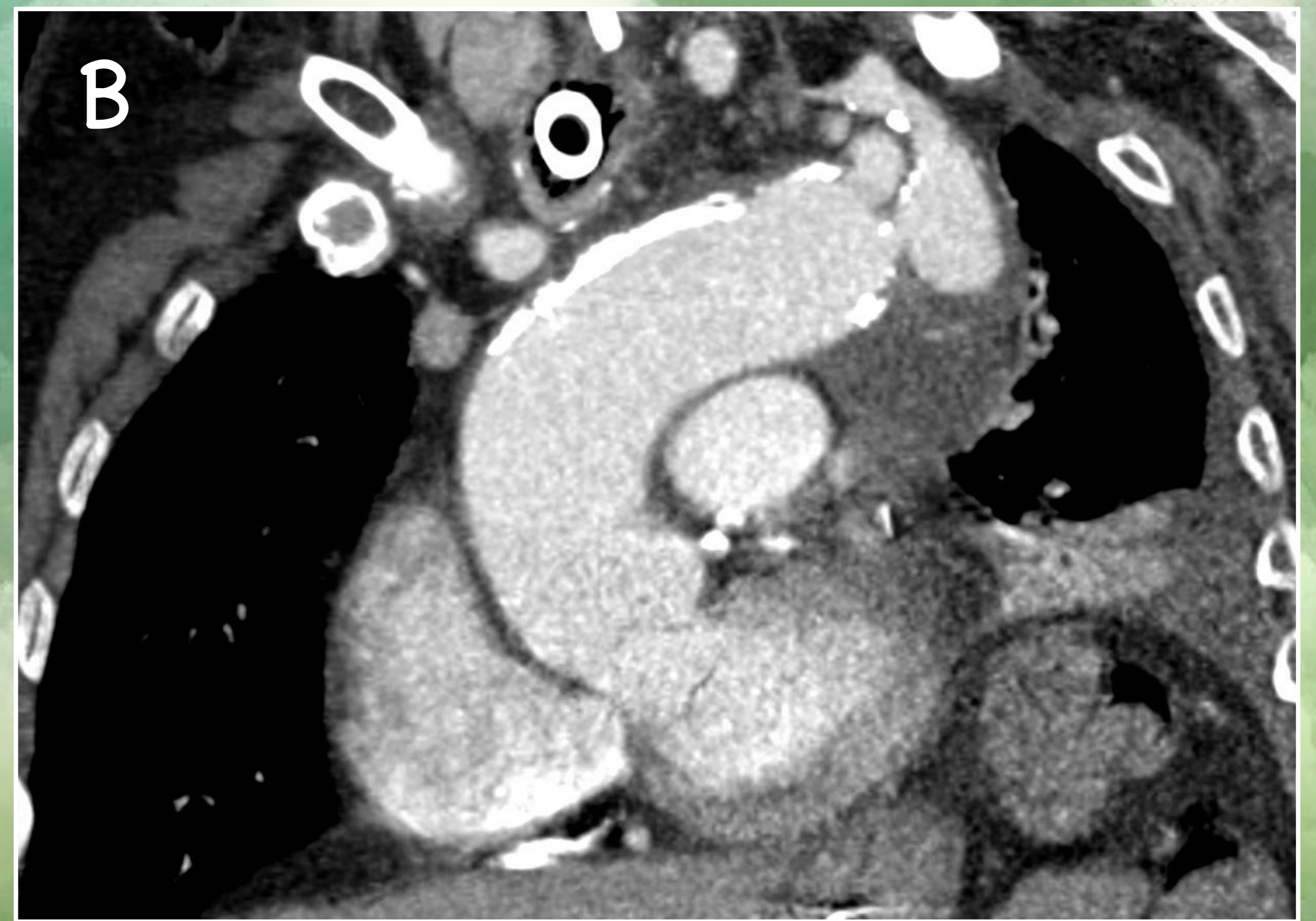
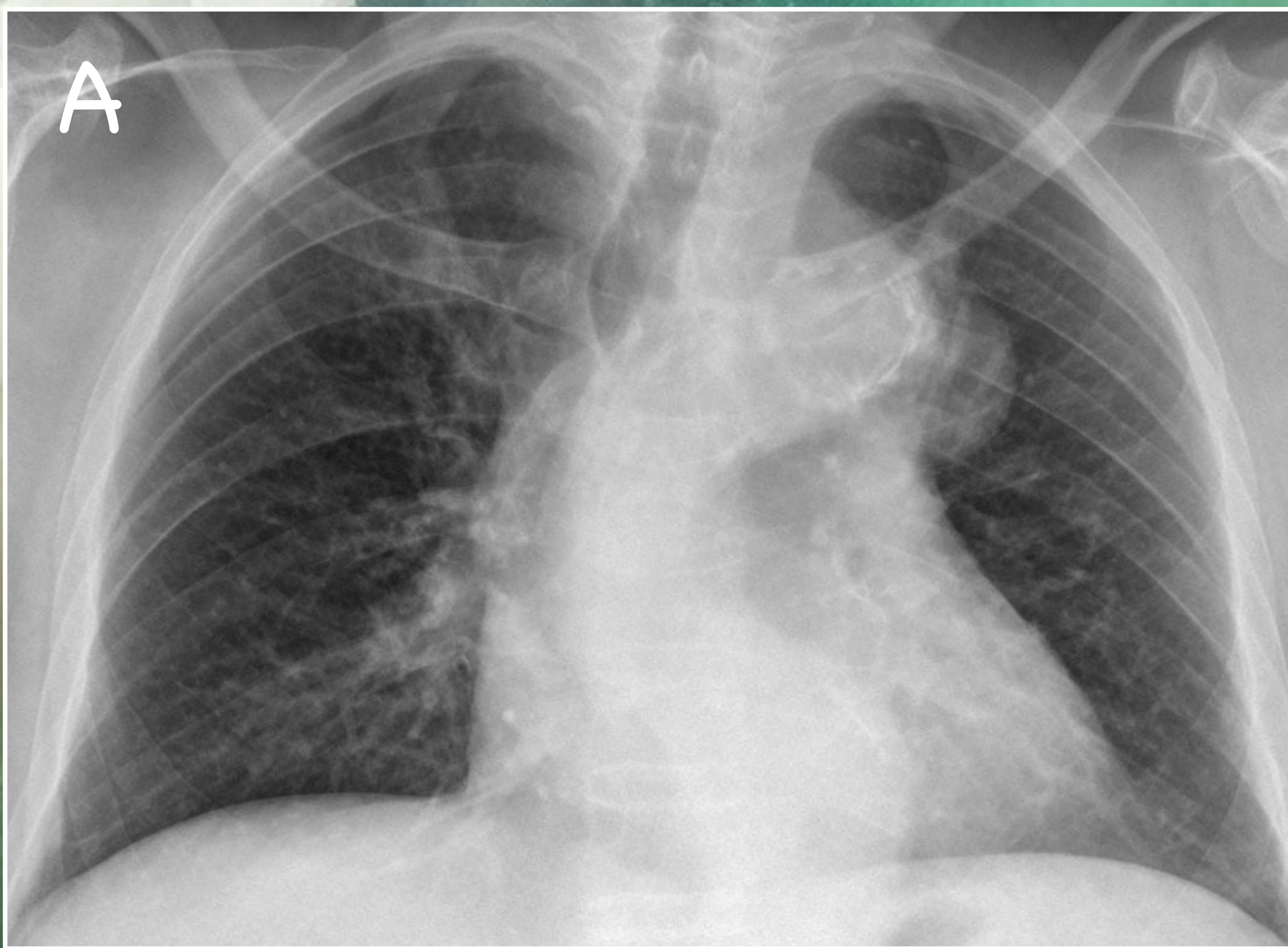


Corte axial (A) y sagital (B) de TC de tórax con contraste, representación esquemática.

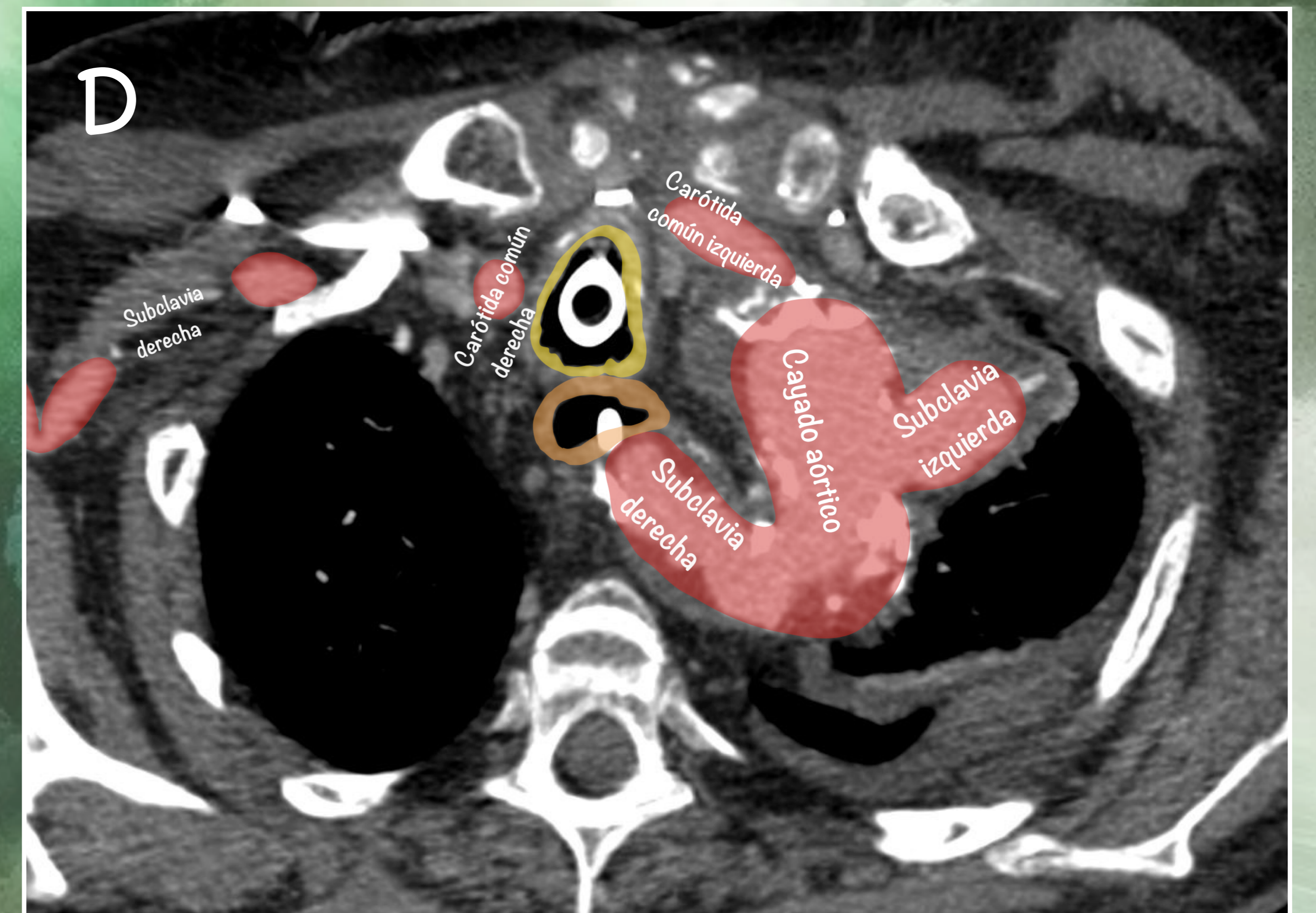
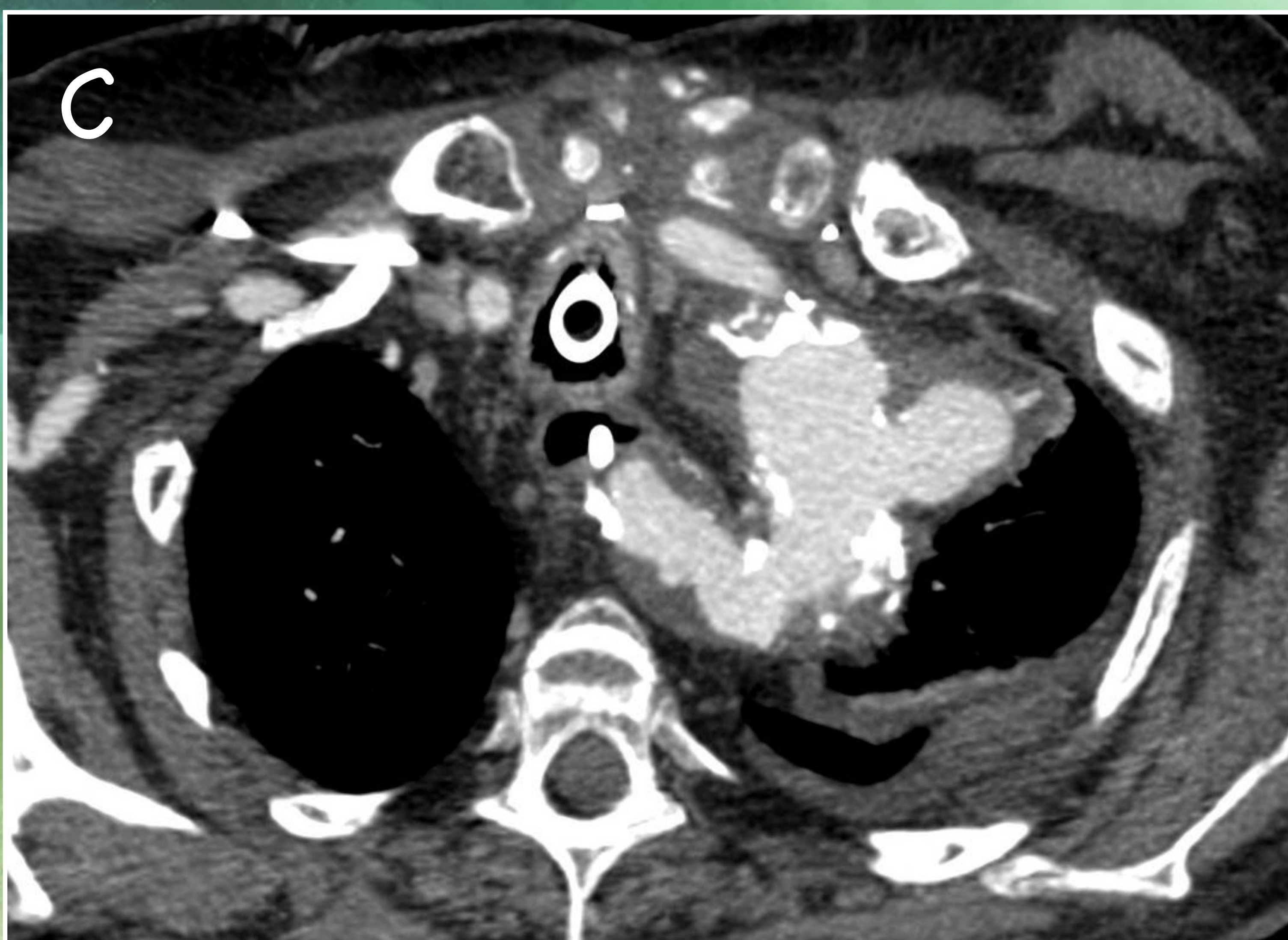
ARCO AÓRTICO IZQUIERDO

CON ARTERIA SUBCLAVIA DERECHA ABERRANTE (ANOMALÍA CONGÉNITA)

Regresión del arco derecho (entre las arterias carótida común derecha y la arteria subclavia derecha), incluido el conducto arterioso derecho. La aorta dorsal derecha distal (en lugar del cuarto arco derecho) se convierte en la arteria subclavia derecha proximal, formando su porción retroesofágica.



Rx. de tórax (A) y corte coronal de TC de tórax con contraste (B), arco aórtico izquierdo con arteria subclavia derecha aberrante



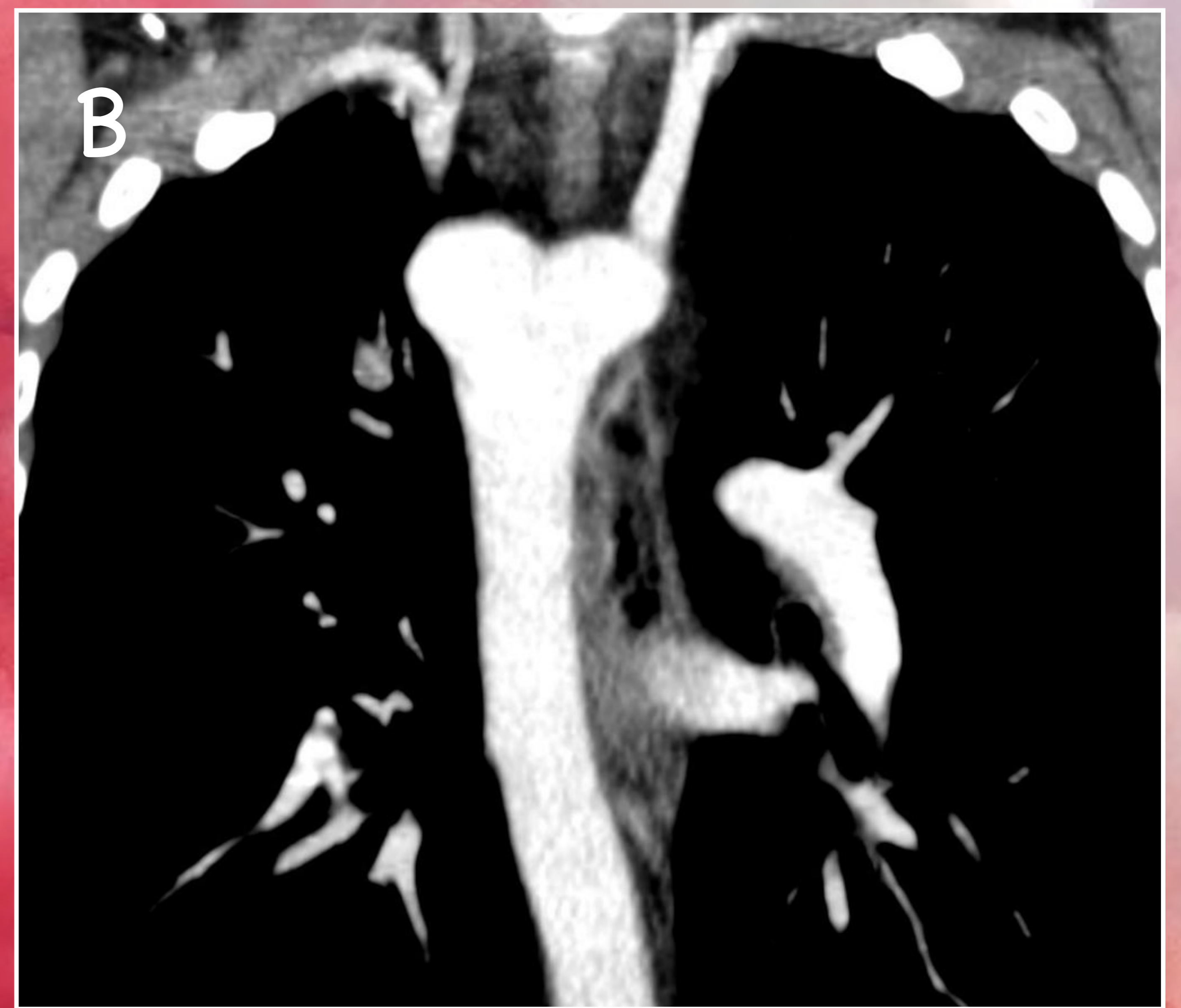
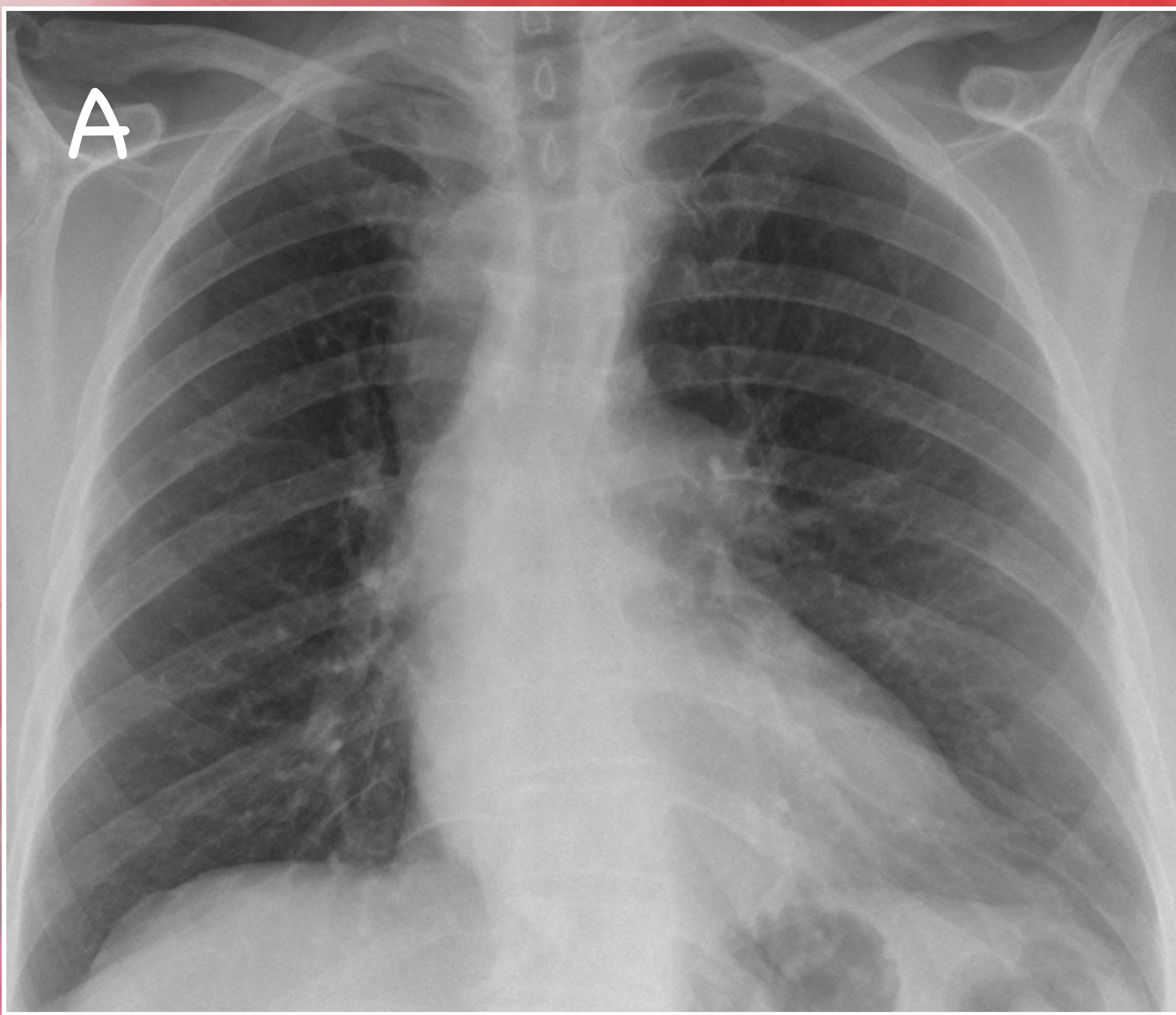
Corte axial de TC de tórax con contraste (C) y representación esquemática (D), arteria subclavia derecha aberrante.

Puede producir disfagia secundaria a la compresión extrínseca del esófago, debido al curso retroesofágico de la arteria subclavia. Un tercio se asocia al síndrome de Down y menos frecuentemente a coartación aórtica, el conducto arterioso persistente, el defecto del tabique ventricular y la carótida o anomalías de la arteria vertebral.

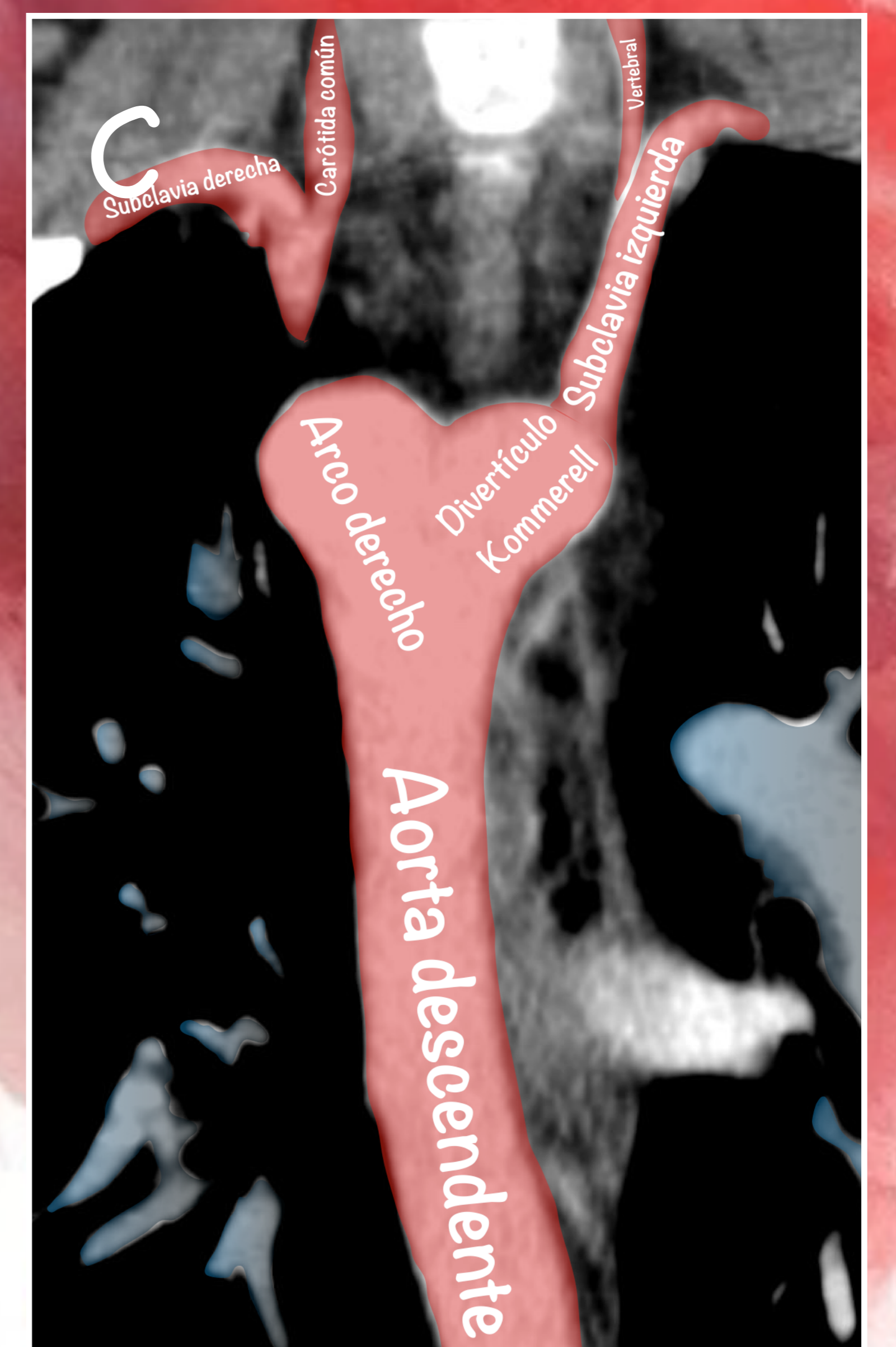
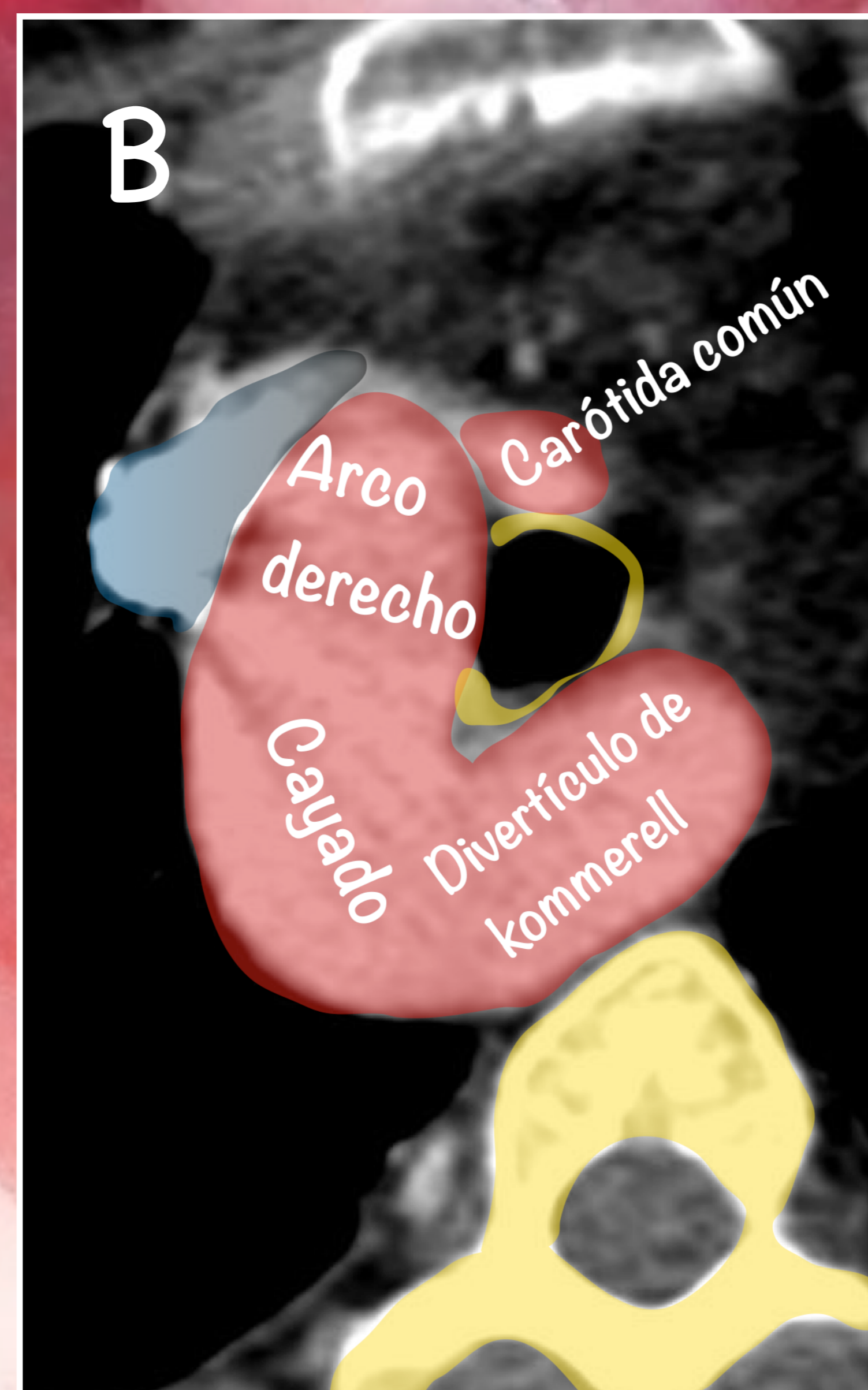
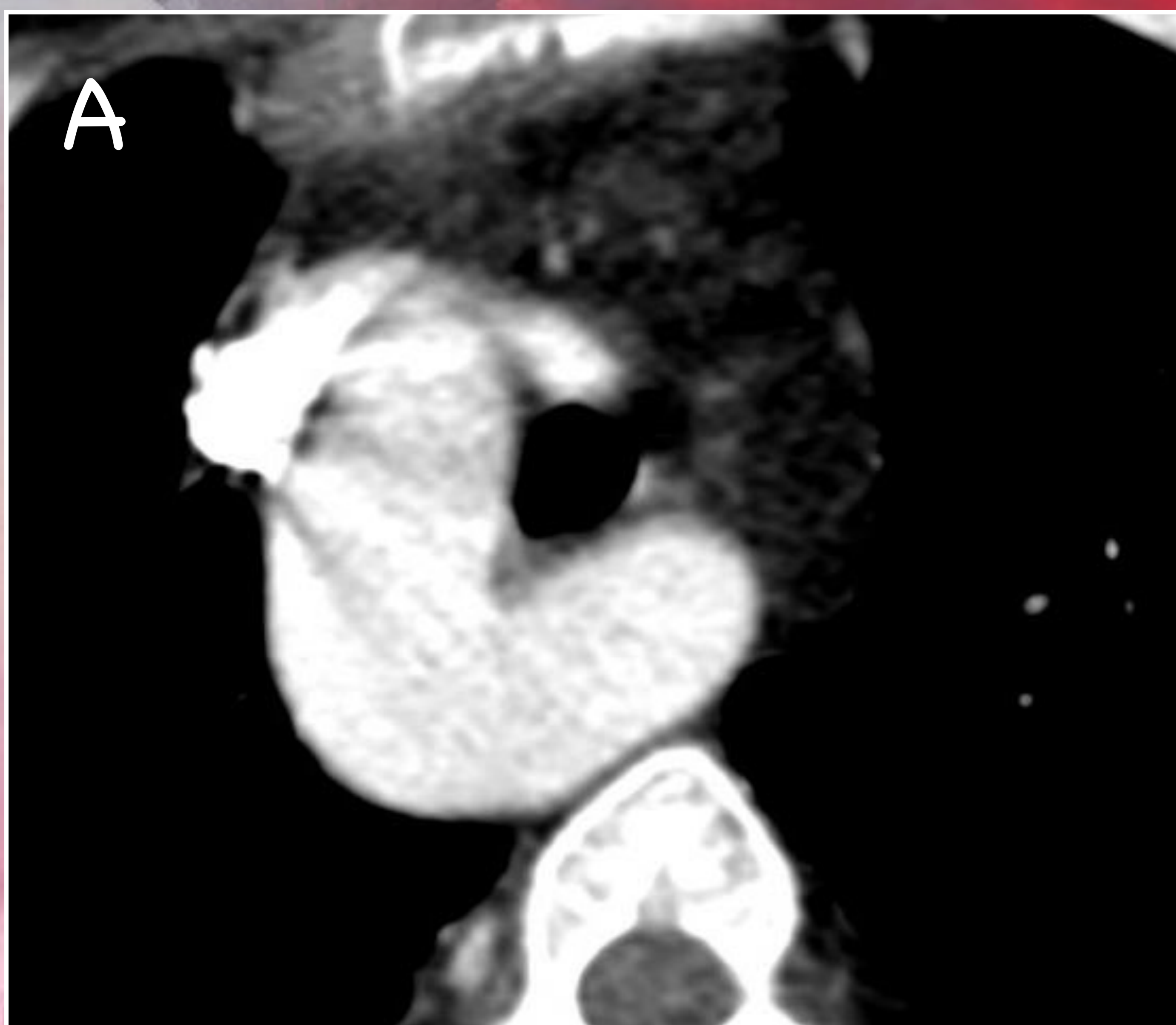
ARCO AÓRTICO DERECHO

CON ARTERIA SUBCLAVIA IZQUIERDA ABERRANTE QUE SURGE DE UN DIVERTÍCULO RETROESOFÁGICO

Regresión del arco izquierdo (cuarto arco) con persistencia del sexto componente del arco derecho (da lugar a el divertículo retroesofágico o de Kommerell) y se asocia o no, al conducto arterioso que completa un anillo vascular.



Rx. de tórax (A), se aprecia un arco aórtico derecho y corte coronal de TC de tórax (B), arco aórtico derecho, divertículo retroesofágico y aorta descendente.

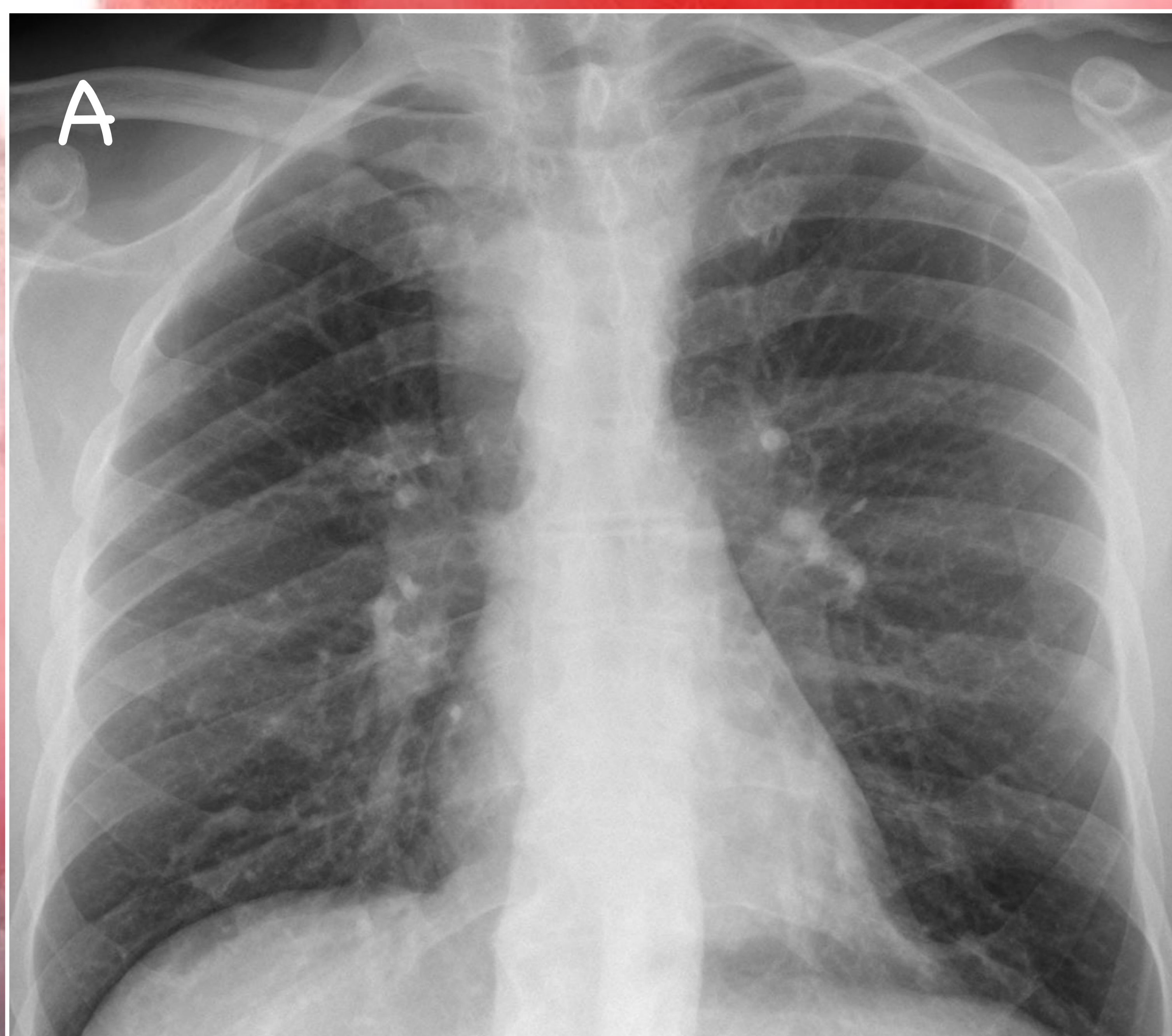


Corte axial de TC de tórax con contraste (A) y representación esquemática (B y C).

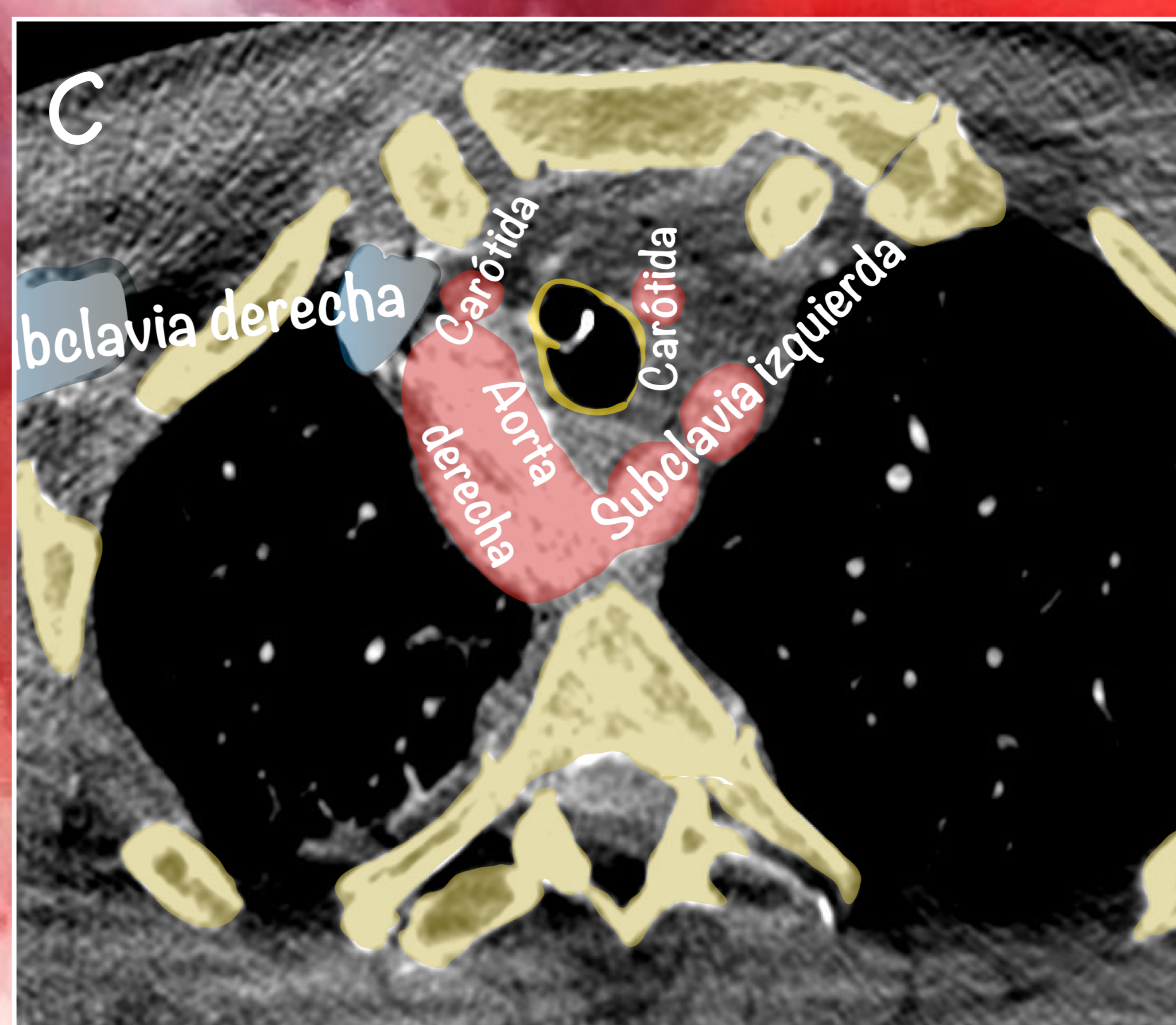
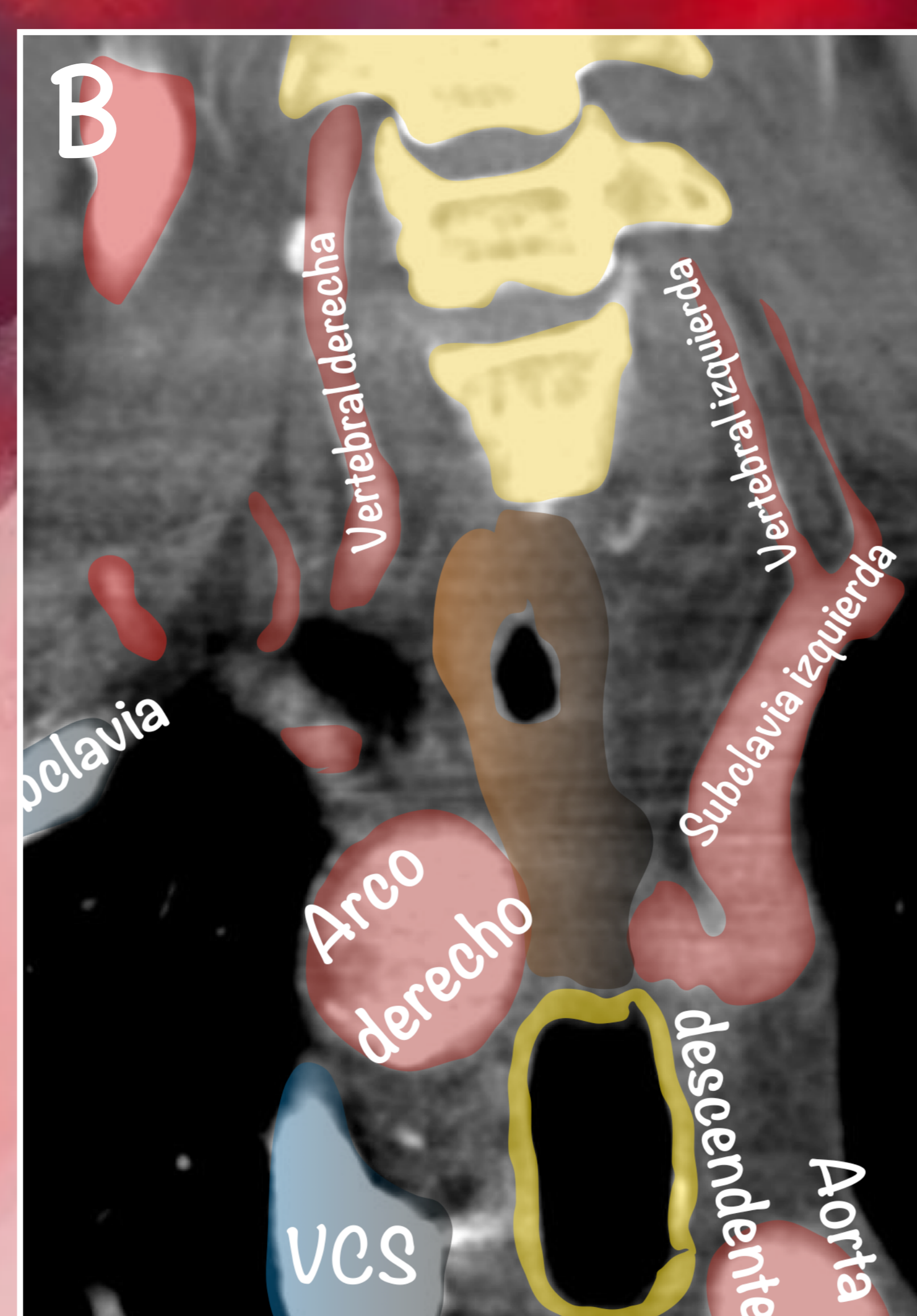
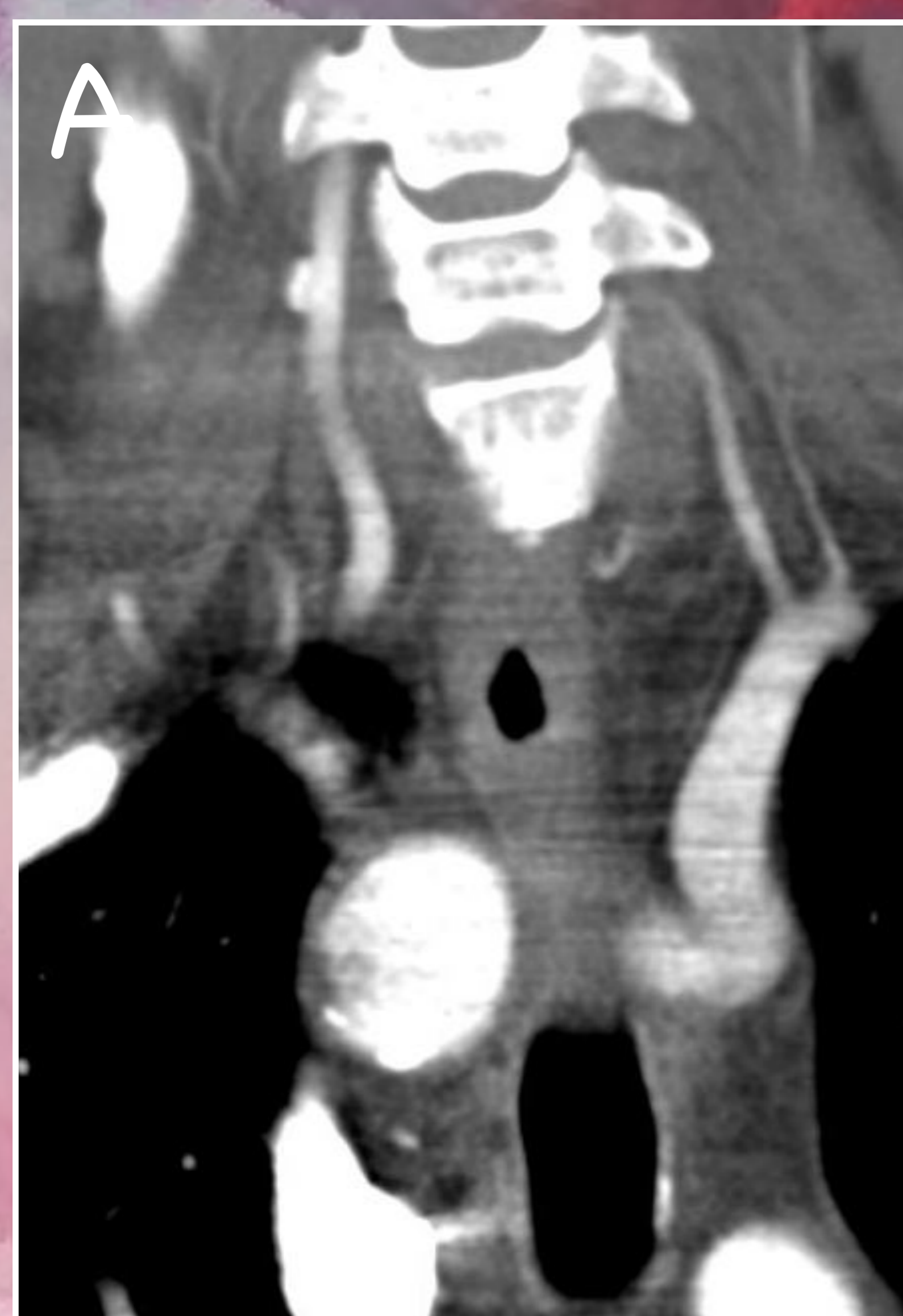
Rara vez es sintomático y, por lo tanto, suele ser incidental. En muy pocos casos puede causar compresión esofágica (disfagia lusoria) y traqueales.

ARCO AÓRTICO DERECHO CON ARTERIA SUBCLAVIA IZQUIERDA ABERRANTE SIN DIVERTÍCULO RETRO-ESOFÁGICO

Arco aórtico derecho acompañado por una arteria subclavia izquierda aberrante en ausencia de un divertículo retroesofágico.



Rx. de tórax (A), se aprecia un arco aórtico derecho y corte coronal de TC de tórax (B), arco aórtico derecho sin divertículo retroesofágico en la aorta descendente.



Corte coronal (A) de TC de tórax con contraste y representación esquemática (B y C).

Puede asociarse a anomalías conotruncuales: tetralogía de Fallot o truncus arterioso.

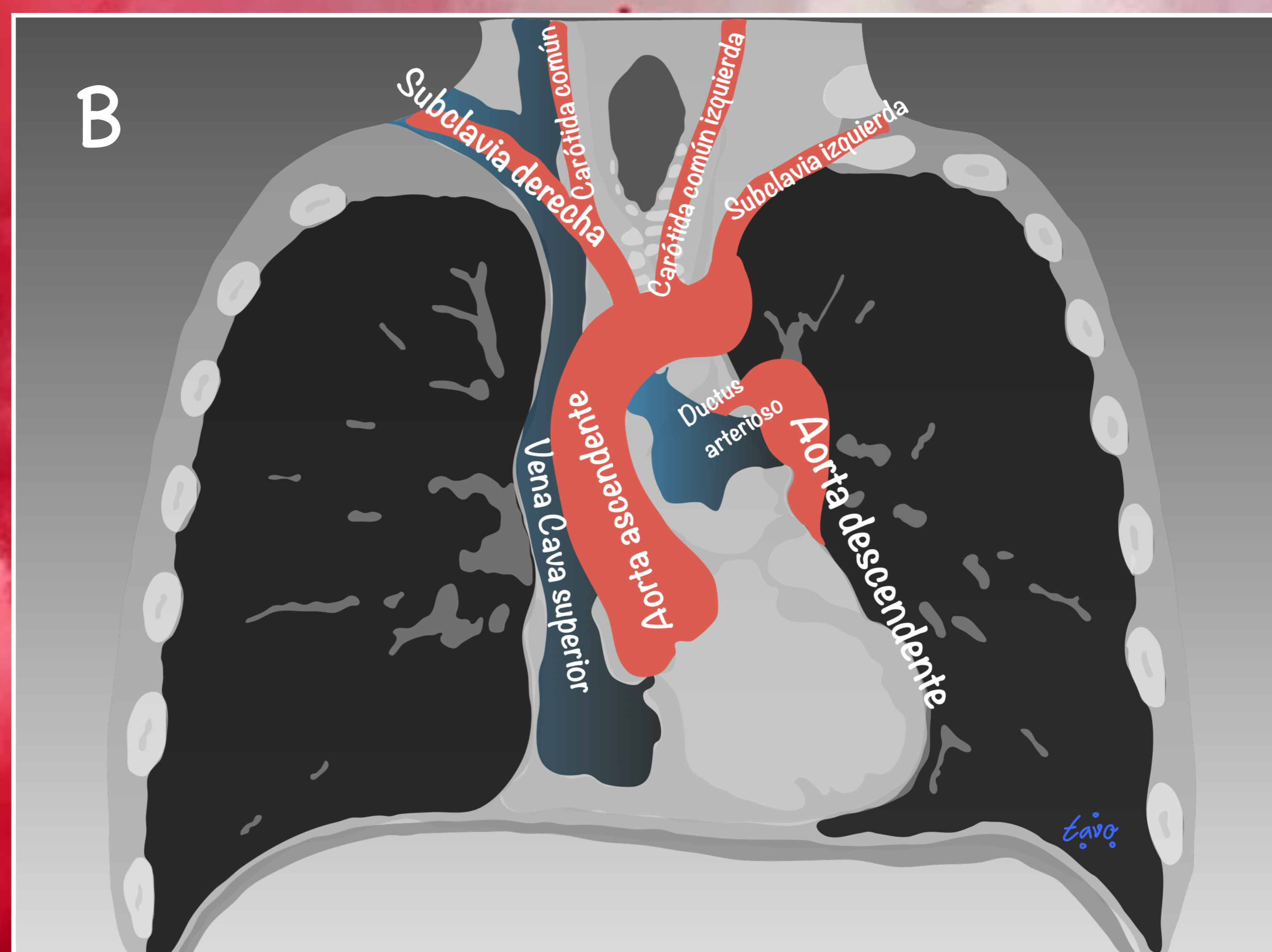
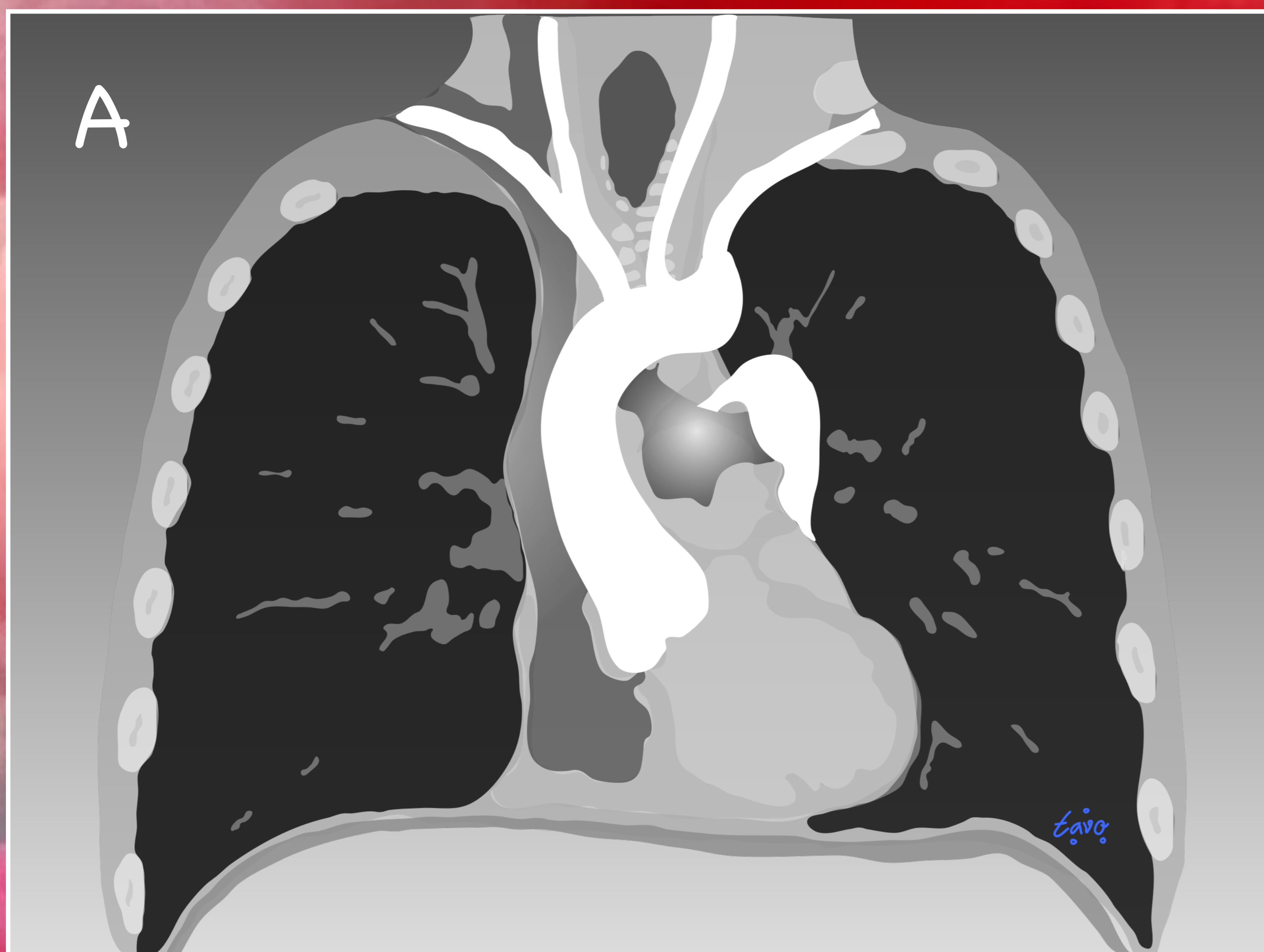
AÓRTICO INTERRUMPIDO

Separación o discontinuidad anatómica completa entre la aorta ascendente y descendente puede ser completa o conectada por una banda fibrosa remanente con el flujo a la aorta descendente a través del ductus arterioso persistente o menos común por una gran ventana aortopulmonar. Se clasifica en 3 tipos:

TIPO A

INTERRUPCIÓN DISTAL A LA ARTERIA SUBCLAVIA IZQUIERDA

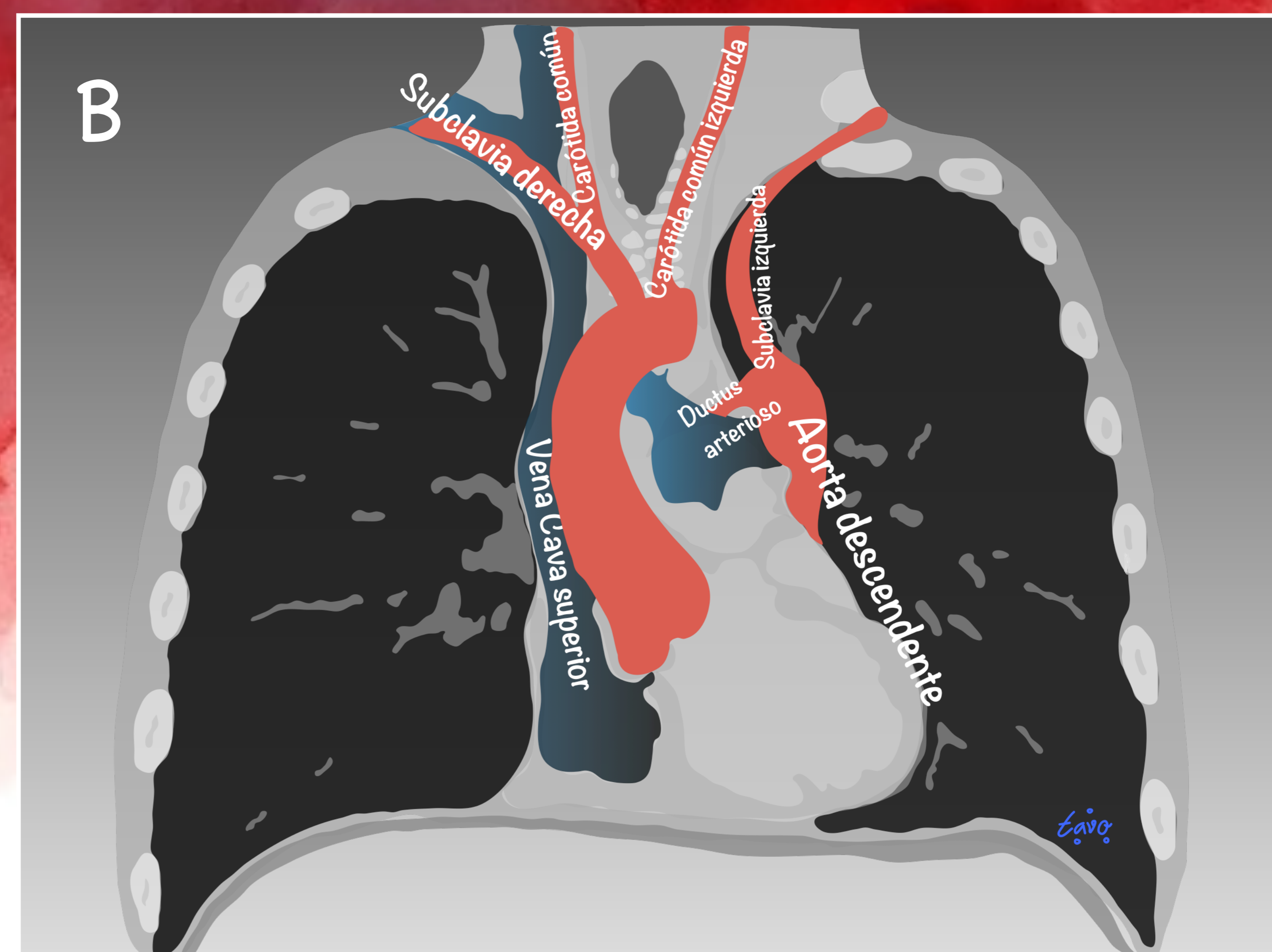
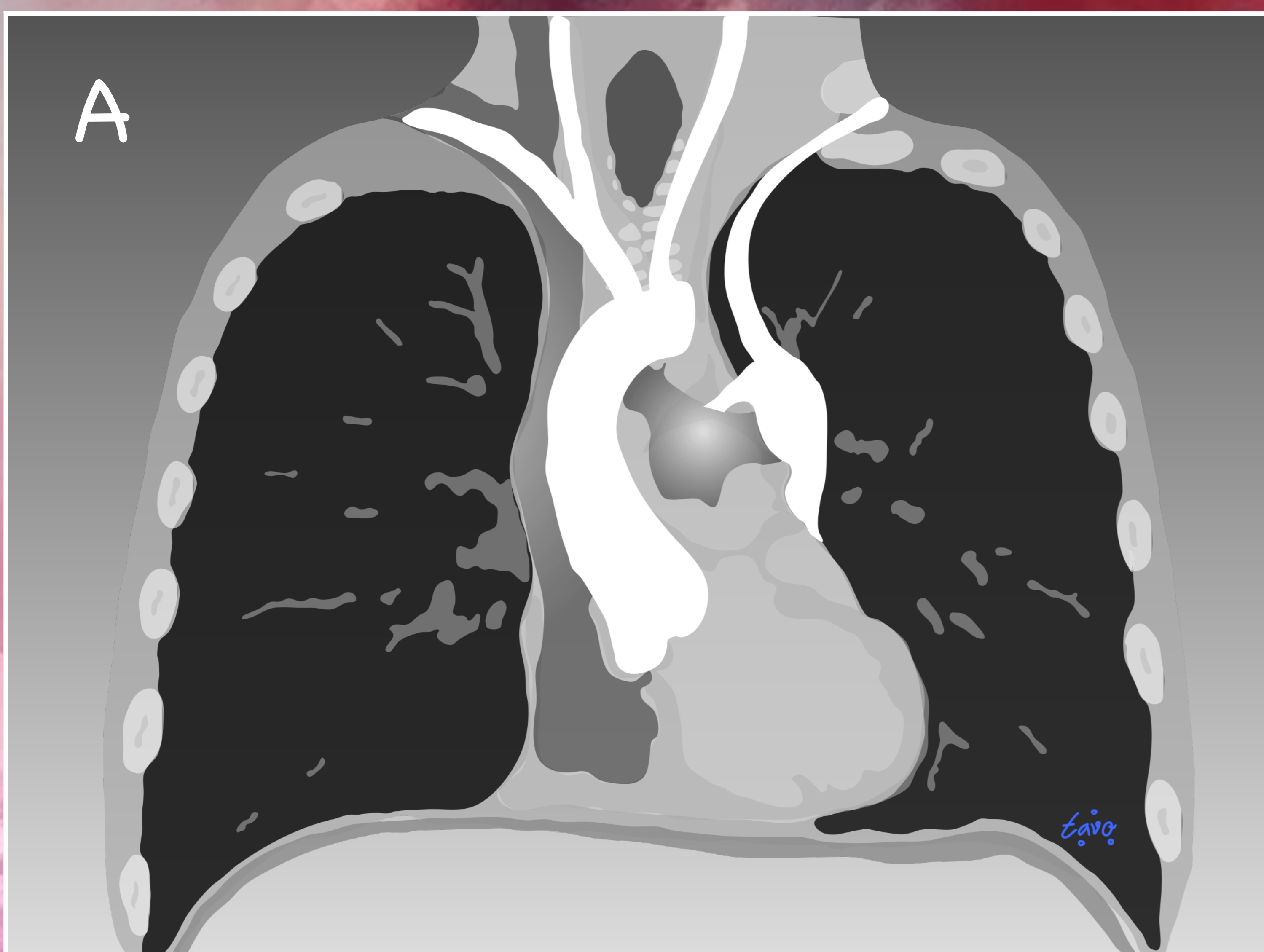
Resultado de una regresión anormal del cuarto segmento del arco izquierdo al final del desarrollo, después de que la arteria subclavia izquierda haya ascendido a su posición normal, asociación débil a la delección 22q11. (Figura A y B).



TIPO B

INTERRUPCIÓN ENTRE CARÓTIDA COMÚN IZQUIERDA Y SUBCLAVIA

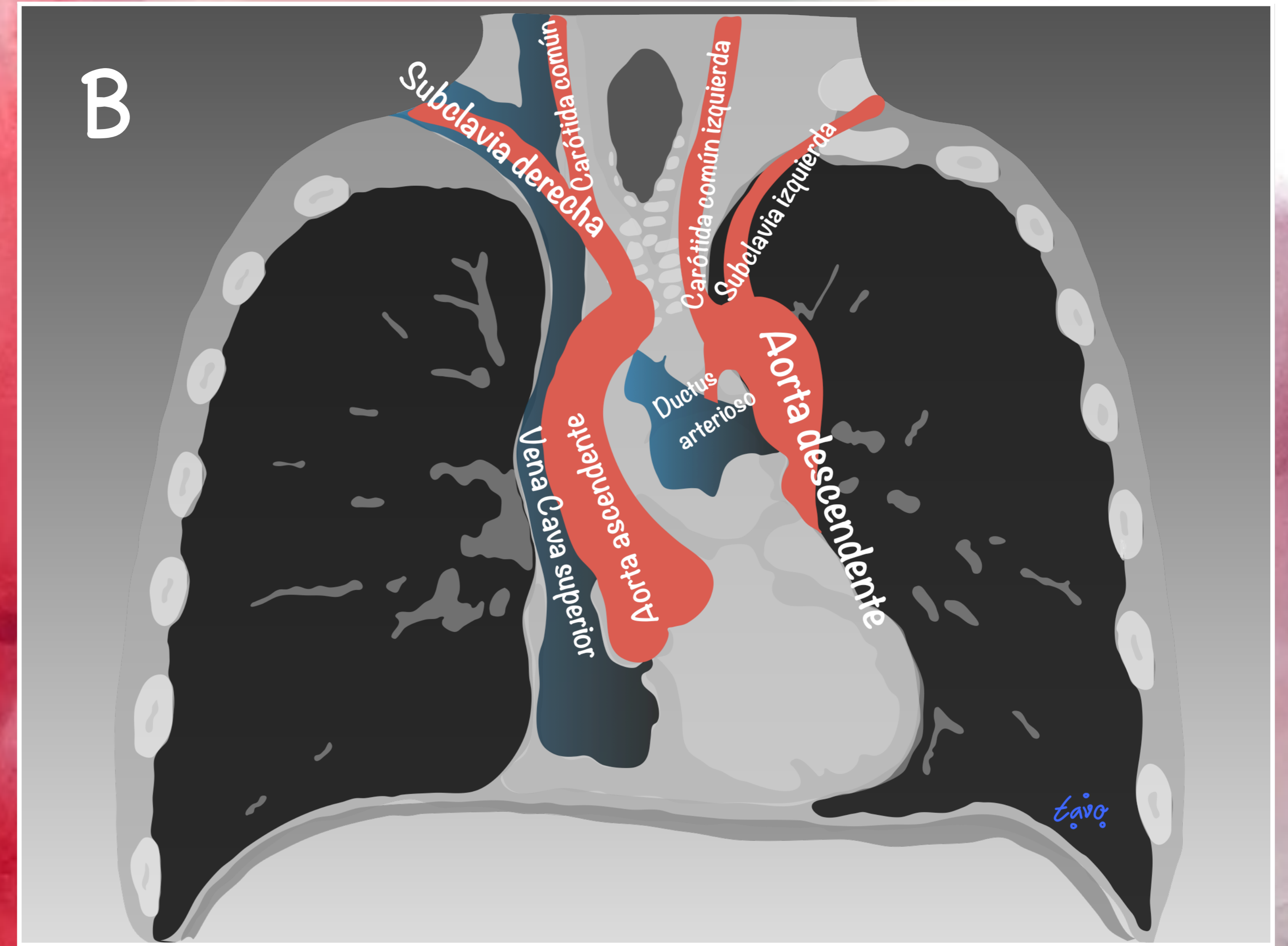
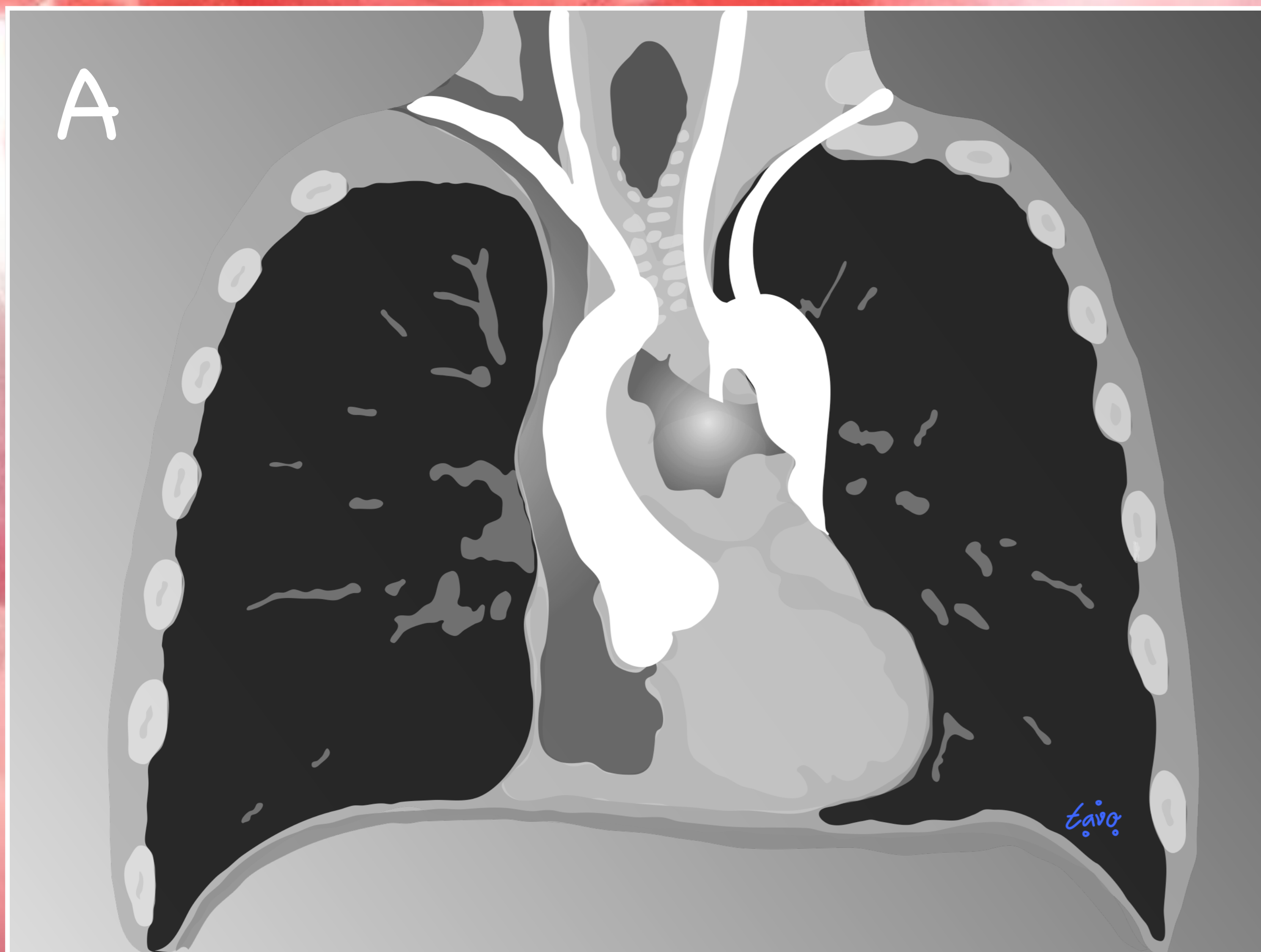
Debida a la regresión anormal del cuarto segmento del arco izquierdo durante el desarrollo temprano, antes de la migración cefálica de la a. subclavia izquierda. Asociación alta con la delección del cromosoma 22q11. (Figura A y B).



TIPO C

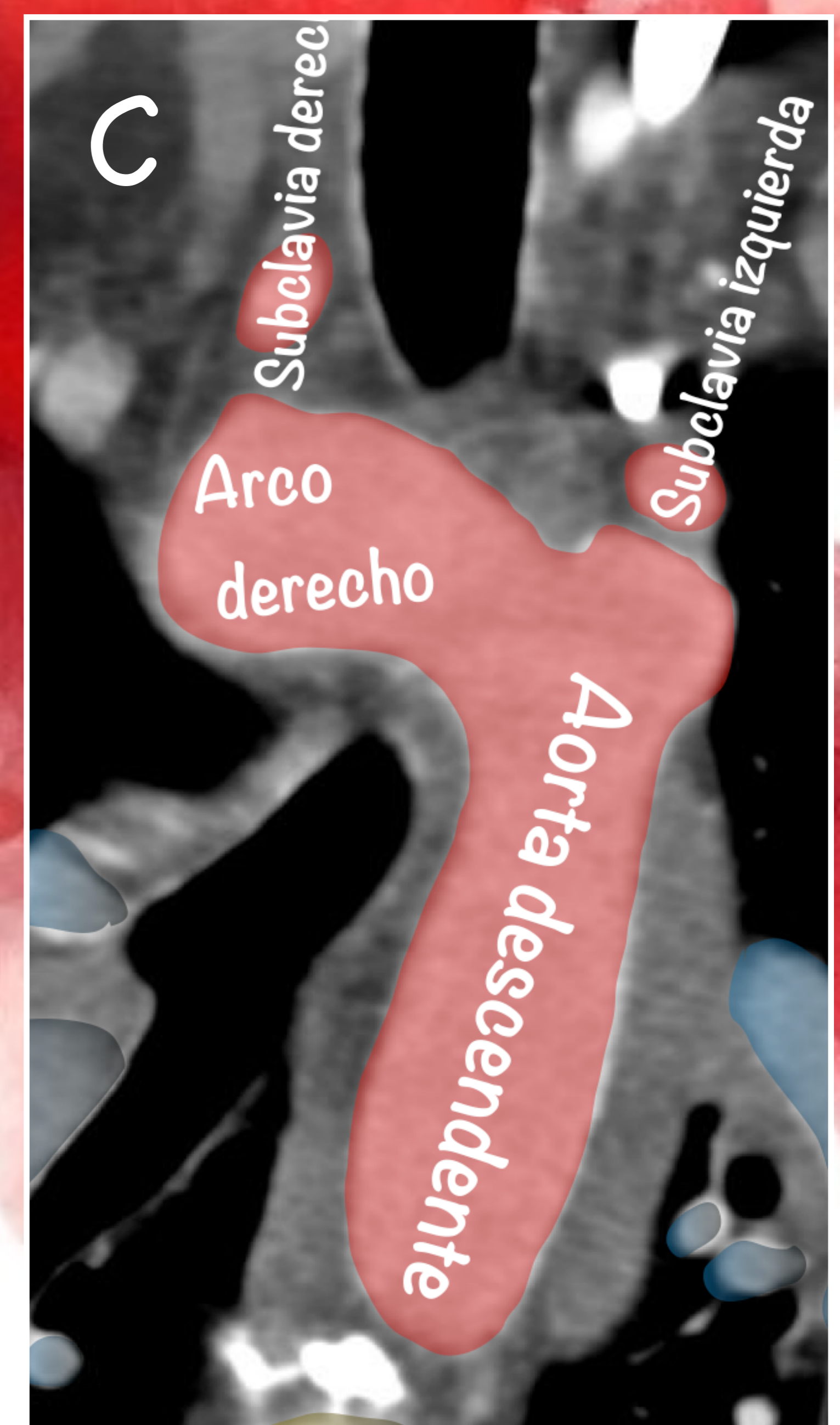
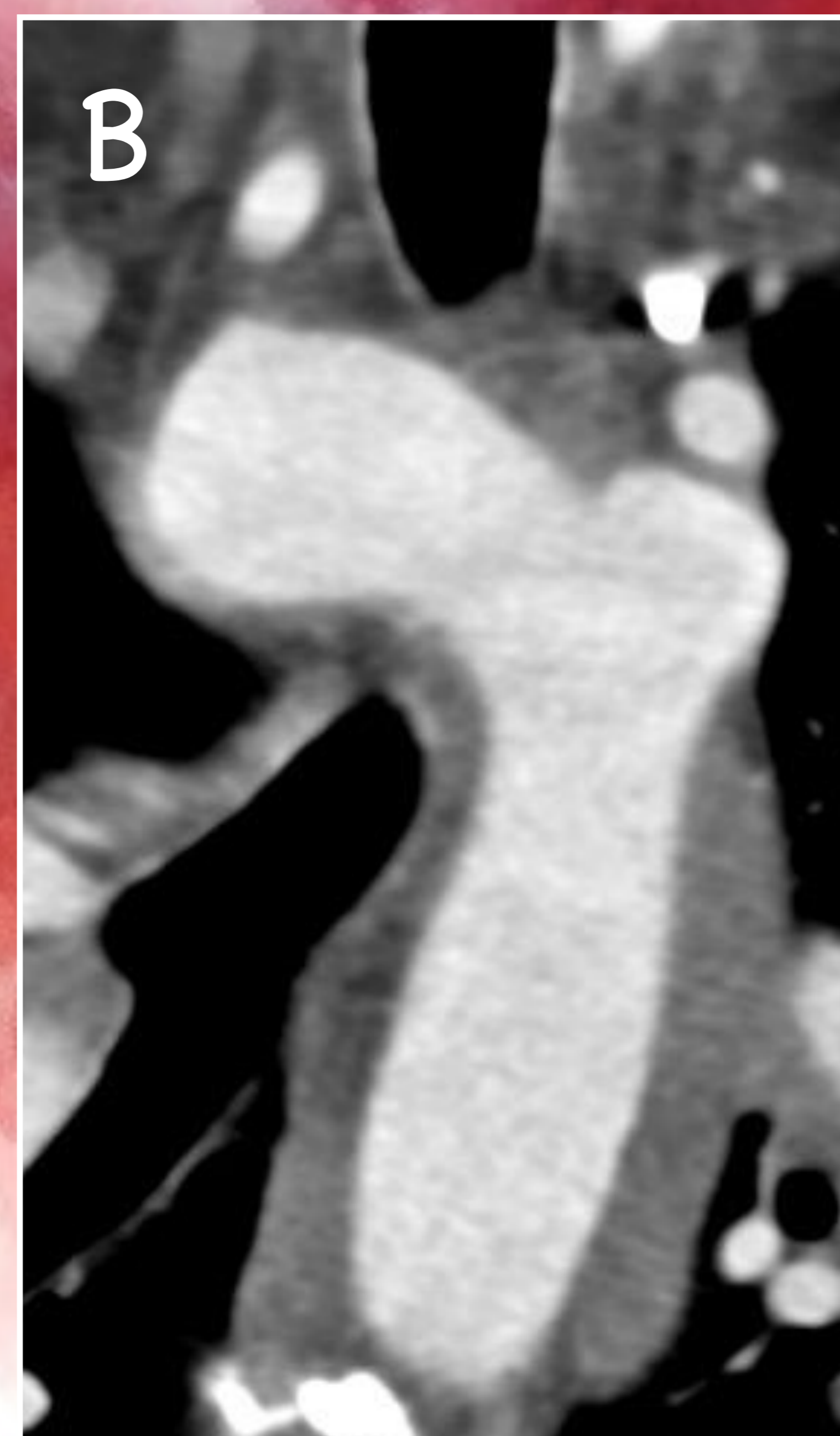
INTERRUPCIÓN ENTRE LA EL ORIGEN DE DE LA ARTERIA BRAQUIOCEFÁLICA Y LA ARTERIA CARÓTIDA COMÚN IZQUIERDA

Interrupción del arco entre los orígenes de las a. braquiocefálica y las a. carótida común izquierda, debido a el resultado de una regresión anormal de la parte ventral del tercero y cuarto arco izquierdos. (Figura A y B).



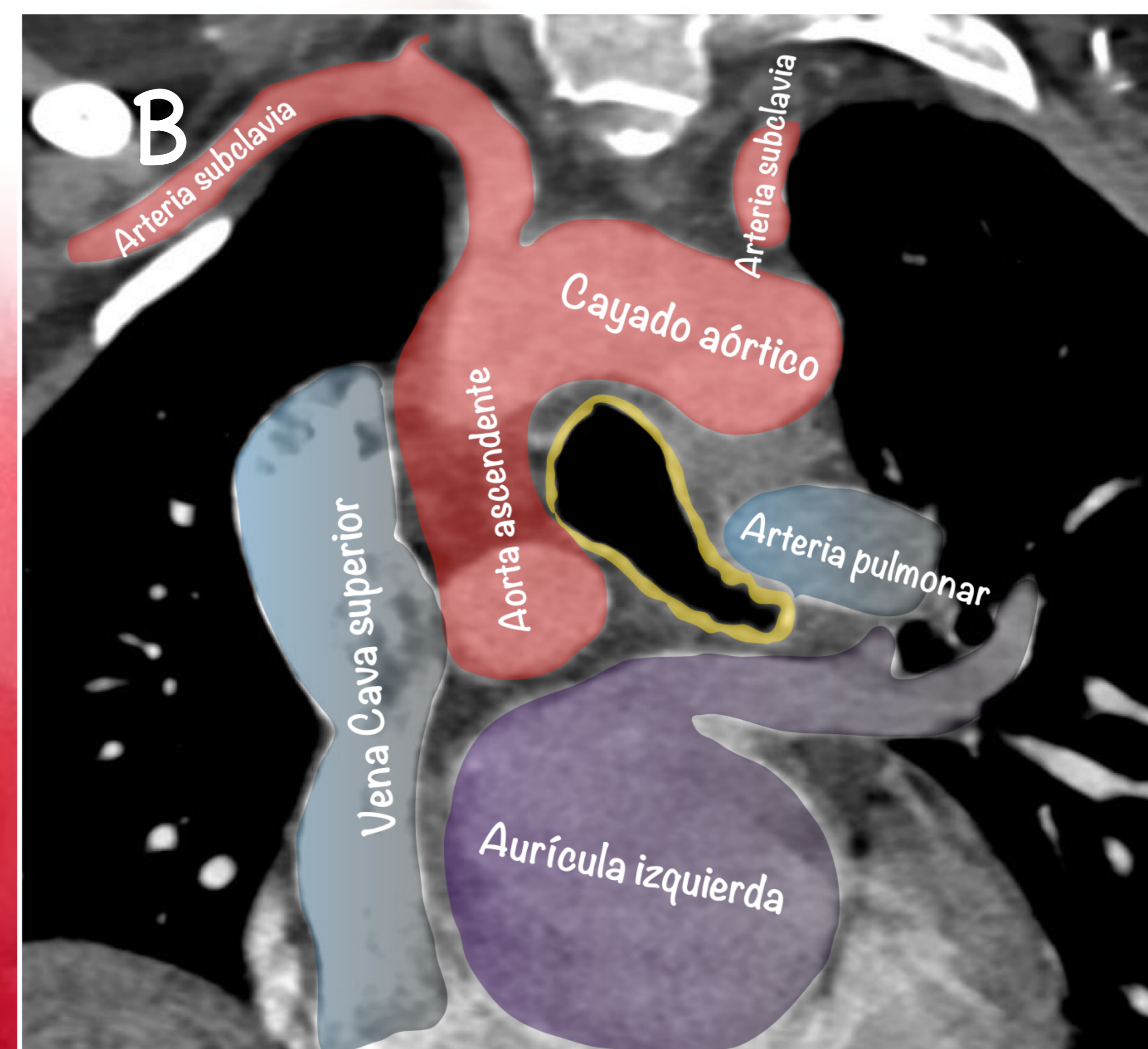
AORTA CIRCUNFLEJA DERECHA

Arco aórtico derecho que cruza la línea media y da lugar a un divertículo izquierdo del que surge el ductus (que puede o no conectarse con la arteria pulmonar izquierda), completando un anillo vascular. El tratamiento de elección es quirúrgico por la compresión importante de la tráquea y esófago.



Corte axial (A) y coronal (B) de TC de tórax con contraste, representación esquemática (C).

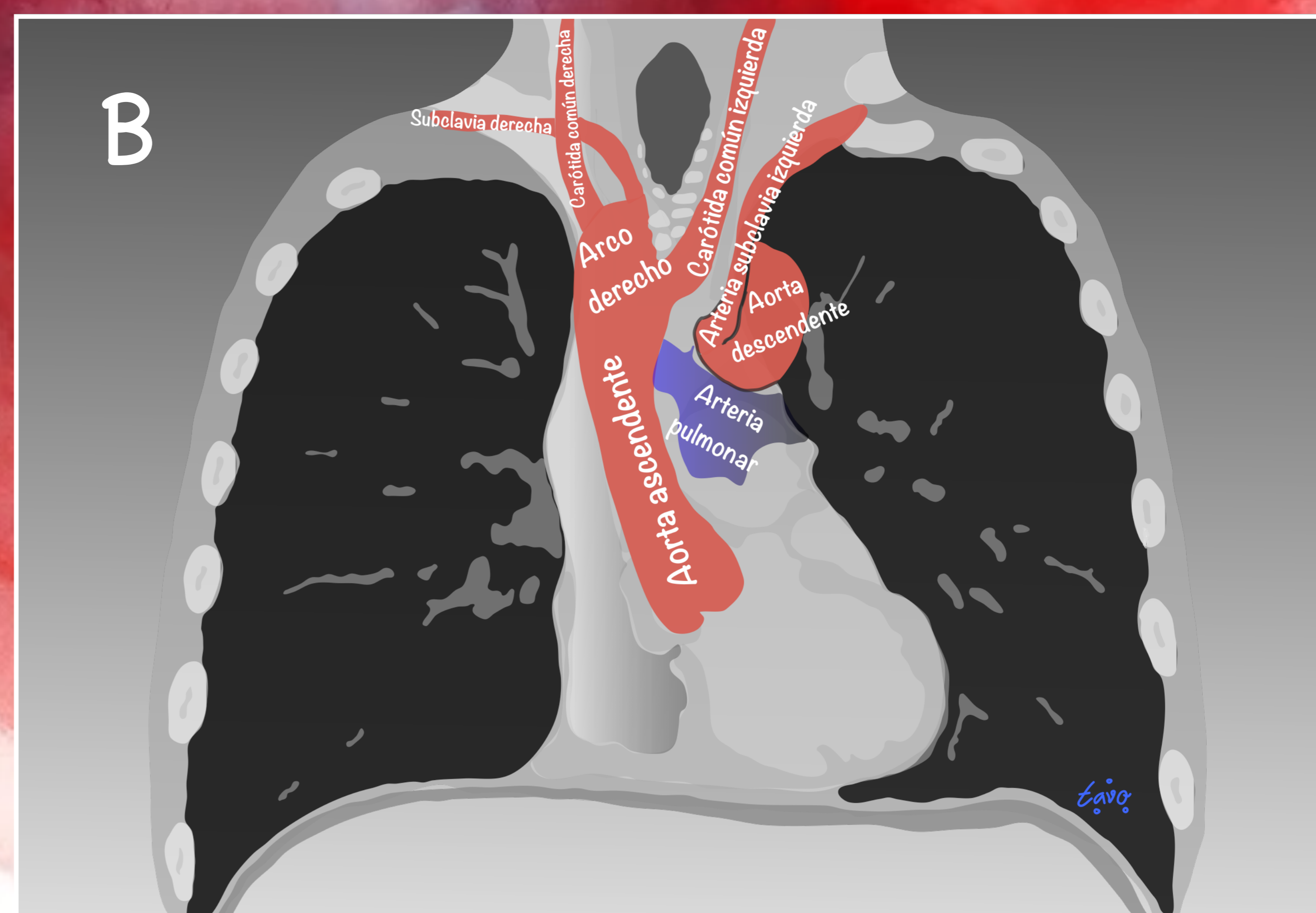
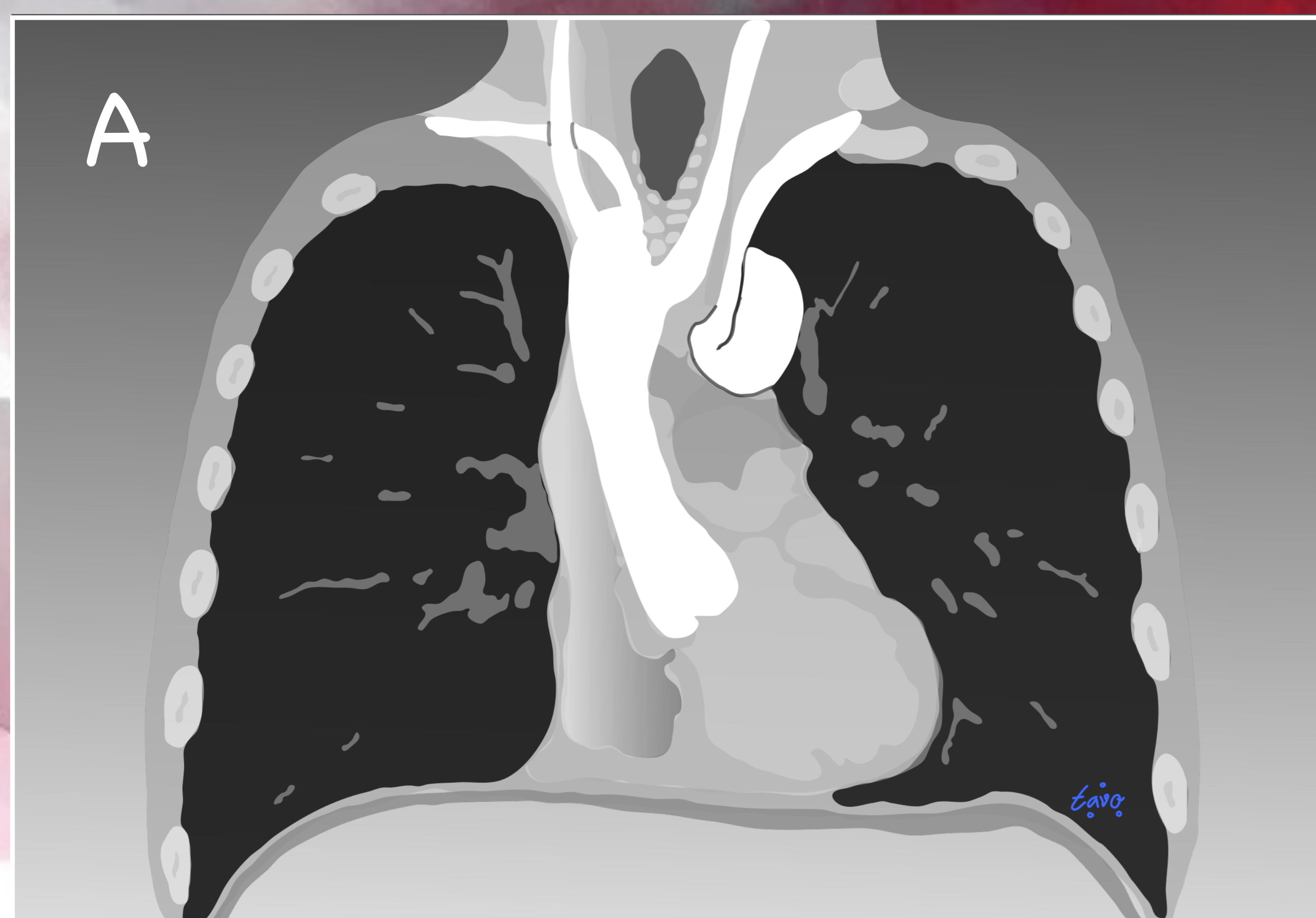
AORTA CIRCUNFLEJA DERECHA



Corte coronal (A) de TC de tórax con contraste, representación esquemática (B)

ARCO AÓRTICO DERECHO CON PATRÓN DE RAMIFICACIÓN EN ESPEJO

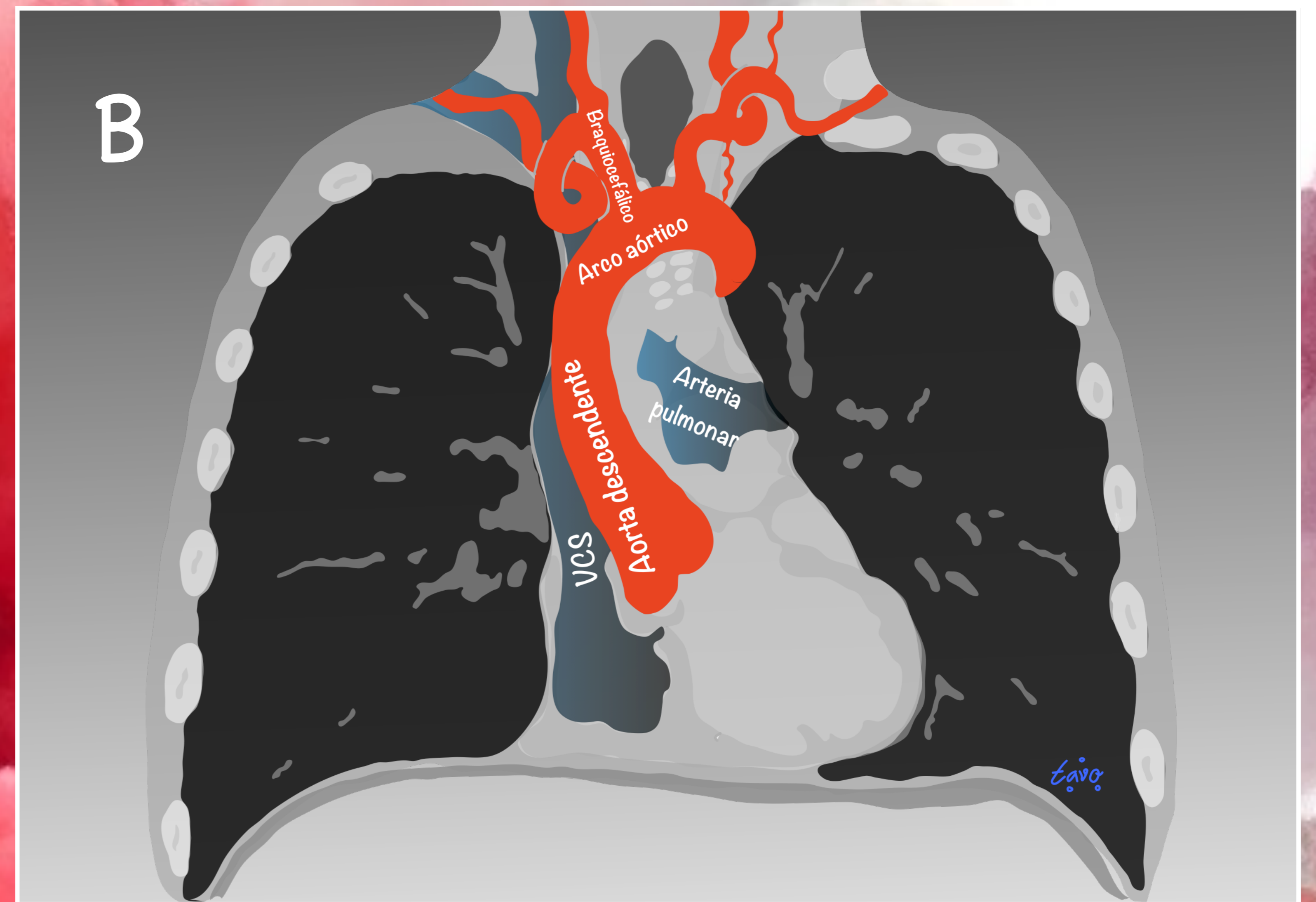
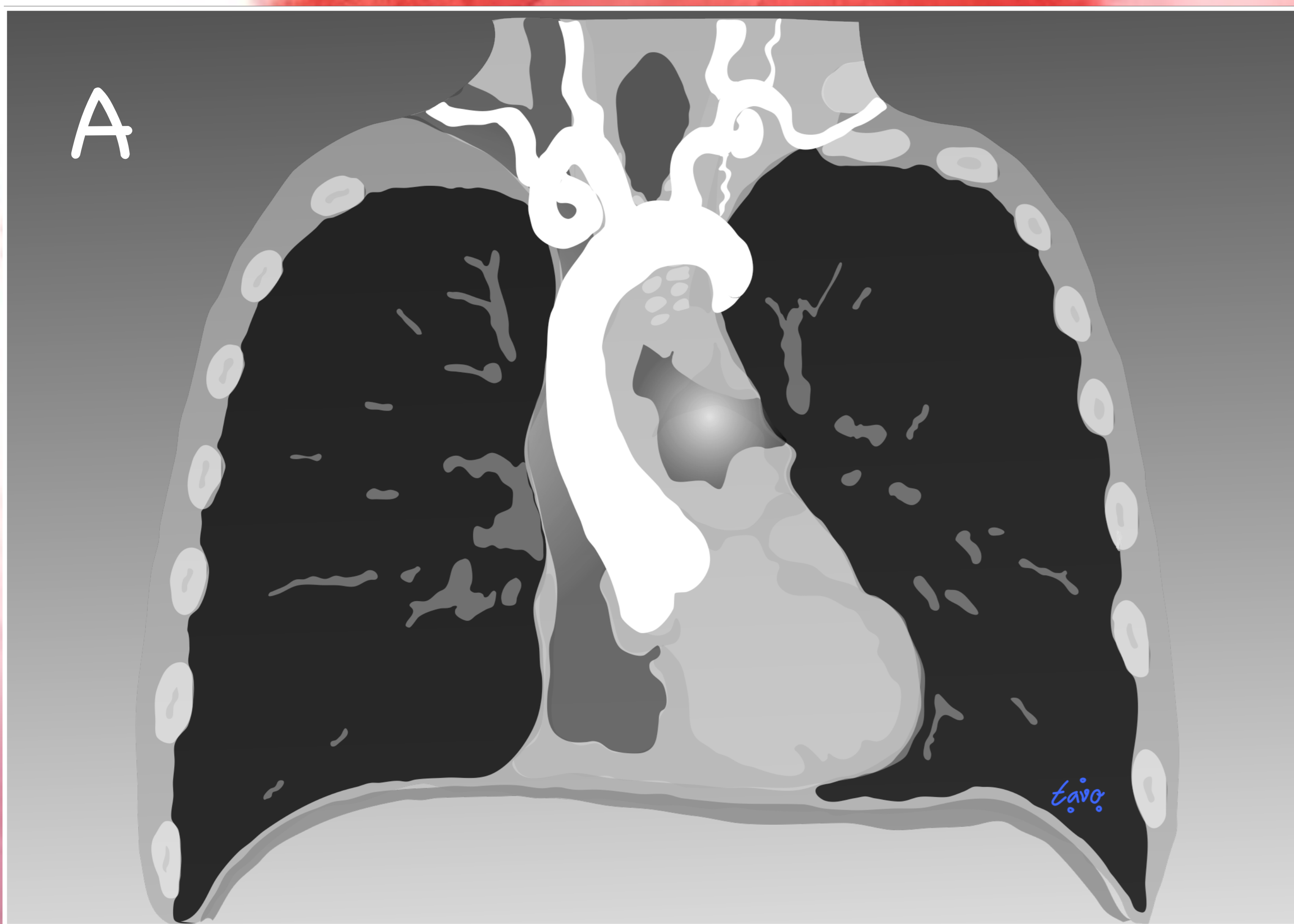
Regresión de la aorta dorsal izquierda distal del origen de la séptima arteria intersegmentaria hace que el cuarto arco izquierdo forme la arteria subclavia proximal, no el arco aórtico. El sexto arco derecho retrocede, mientras el sexto izquierdo persiste como ductus arterioso junto a la subclavia izquierda, uniendo la arteria braquiocefálica izquierda y la pulmonar izquierda. (Figura A y B)



Asociado a cardiopatías hereditarias, asociación fuerte a tetralogía de Fallot, truncus arteriosus, atresia tricuspídea y transposición de las grandes arterias con estenosis valvular pulmonar.

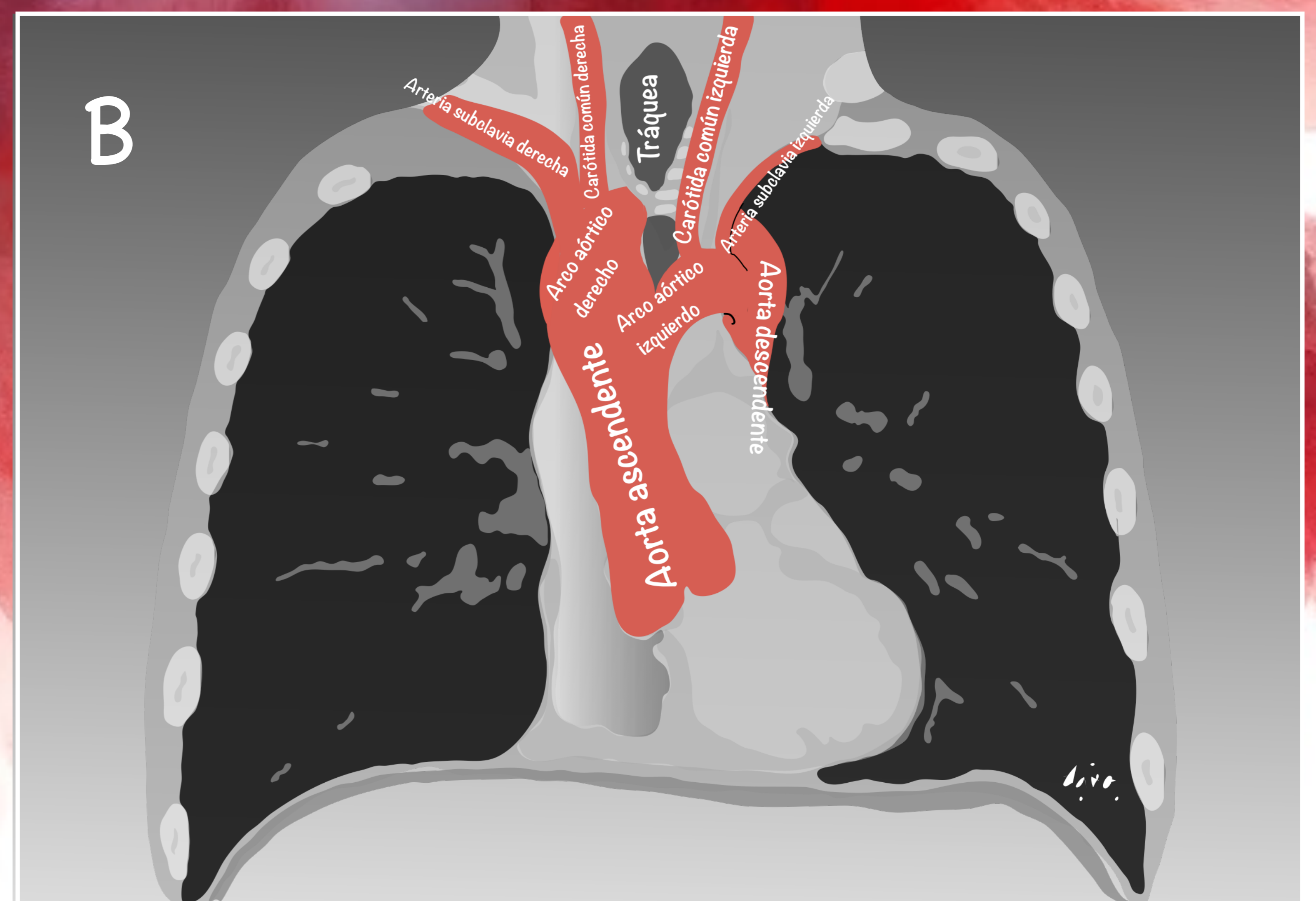
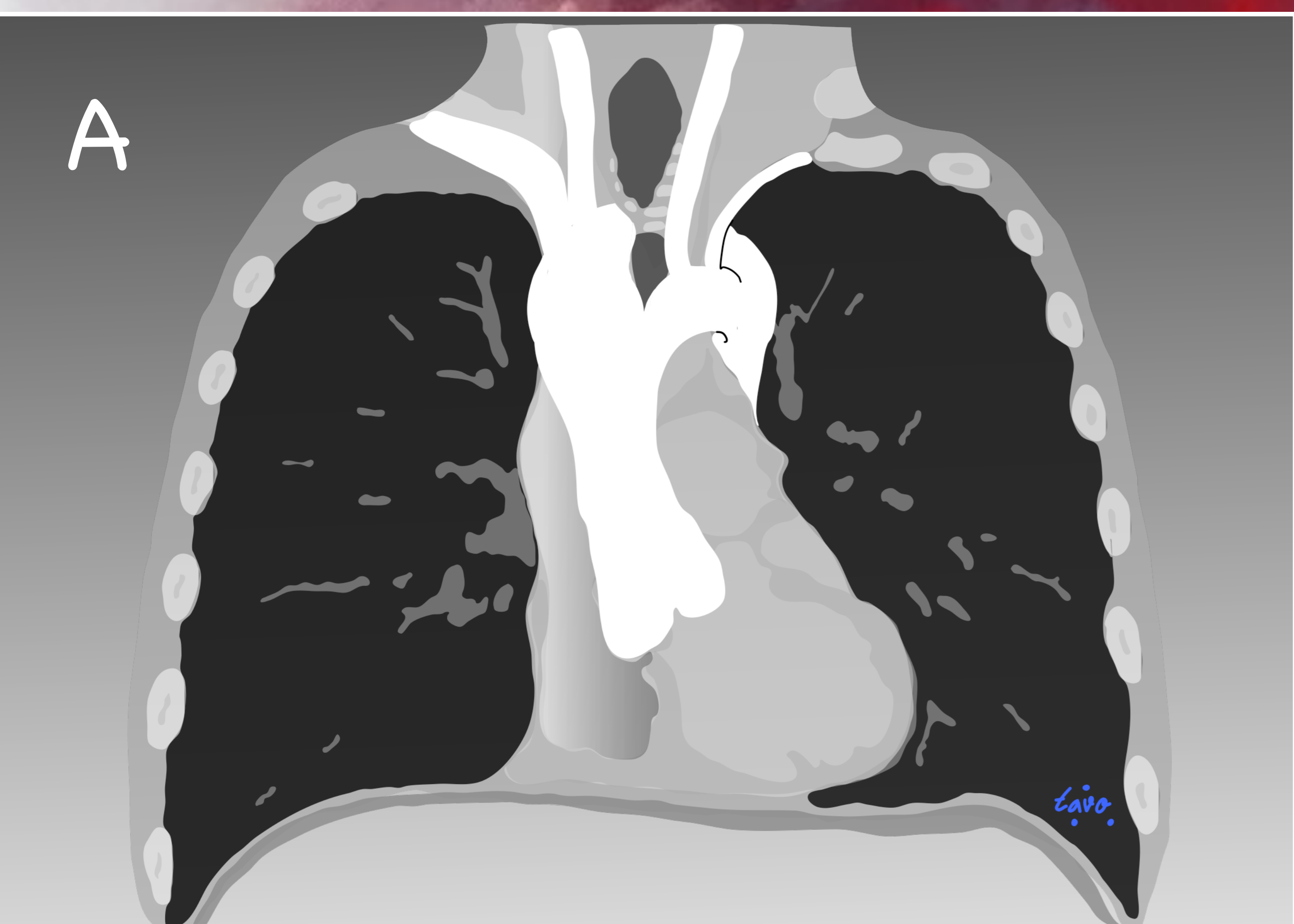
ARCO AÓRTICO CERVICAL

Arco aórtico que se extiende anormalmente alto en el cuello, se teoriza que el desarrollo de los arcos cervicales incluyen (1) el desarrollo del arco cervical a partir del segundo o tercer arco primitivo con regresión del cuarto arco y (2) el fracaso del descenso caudal normal de un cuarto arco aórtico normal. (Figura A y B)



ARCO AÓRTICO DOBLE

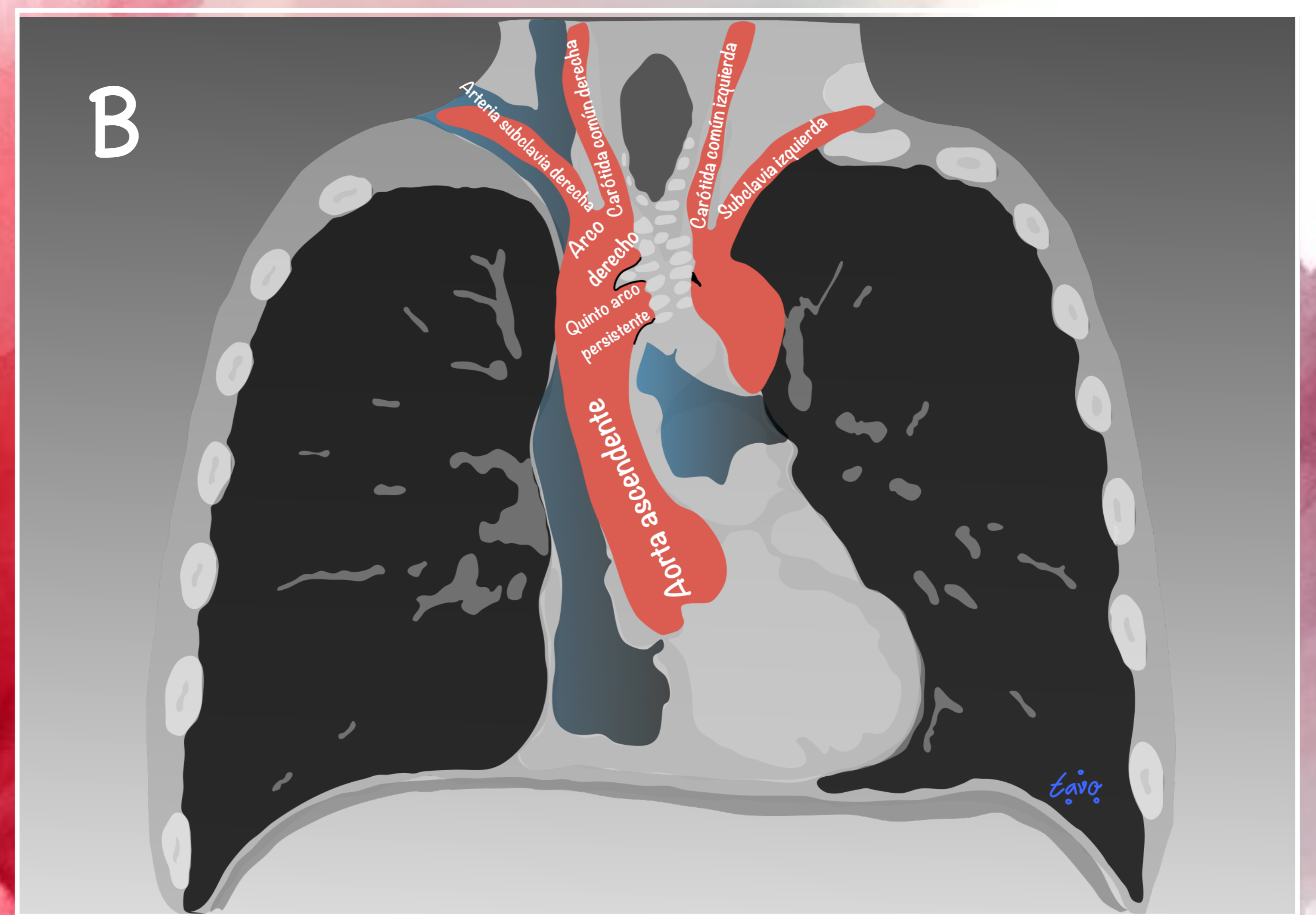
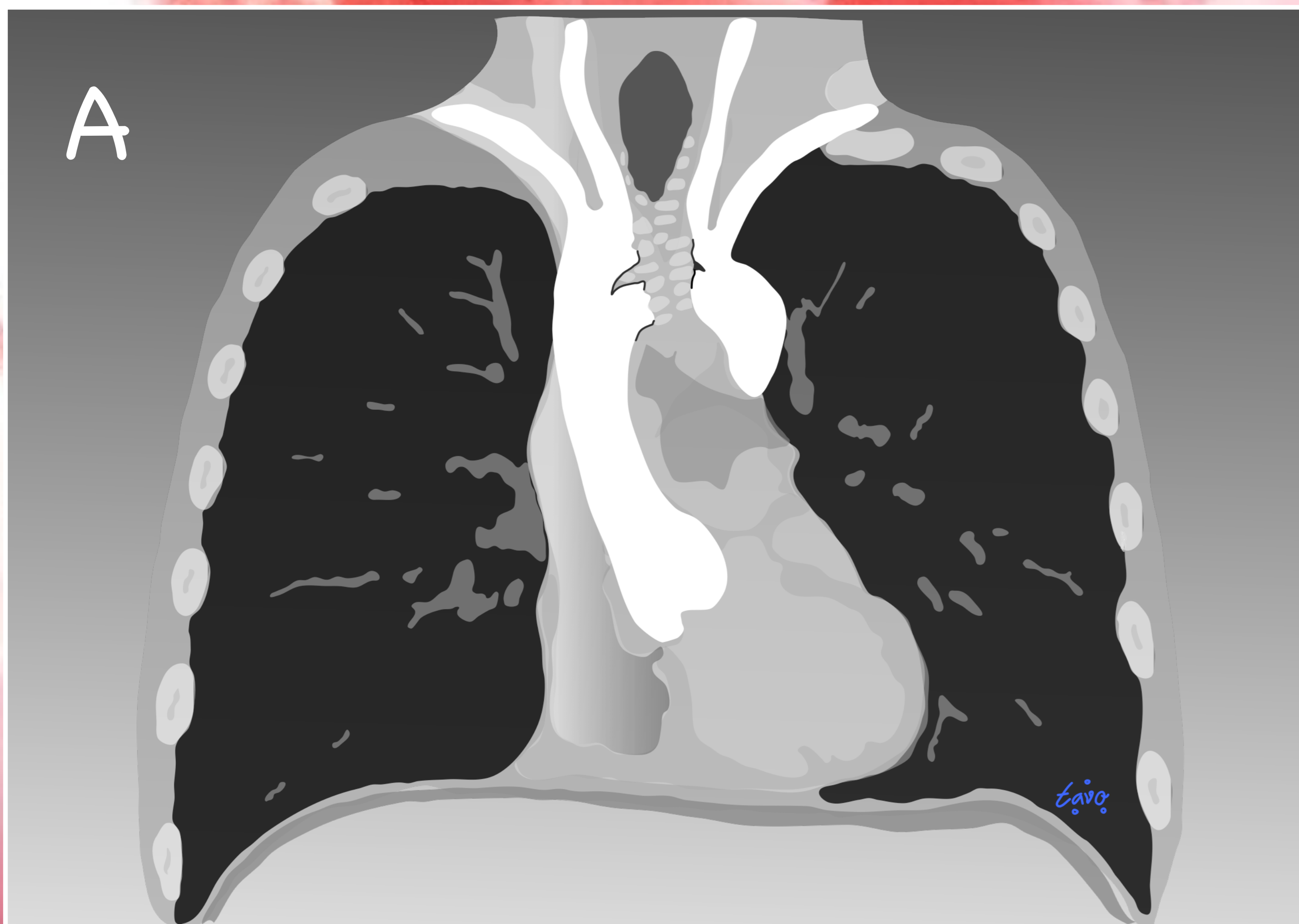
Persistencia de arcos derecho e izquierdo, originando arterias carótidas y subclavias ipsilaterales; solo uno del sexto arco forma el ductus arterioso. Es la causa más común de anillo vascular sintomático, comprimiendo tráquea y esófago. Raramente se asocia con tetralogía de Fallot y transposición de grandes arterias.



Representación esquemática (A y B) del arco aórtico doble.

QUINTO ARCO AÓRTICO PERSISTENTE

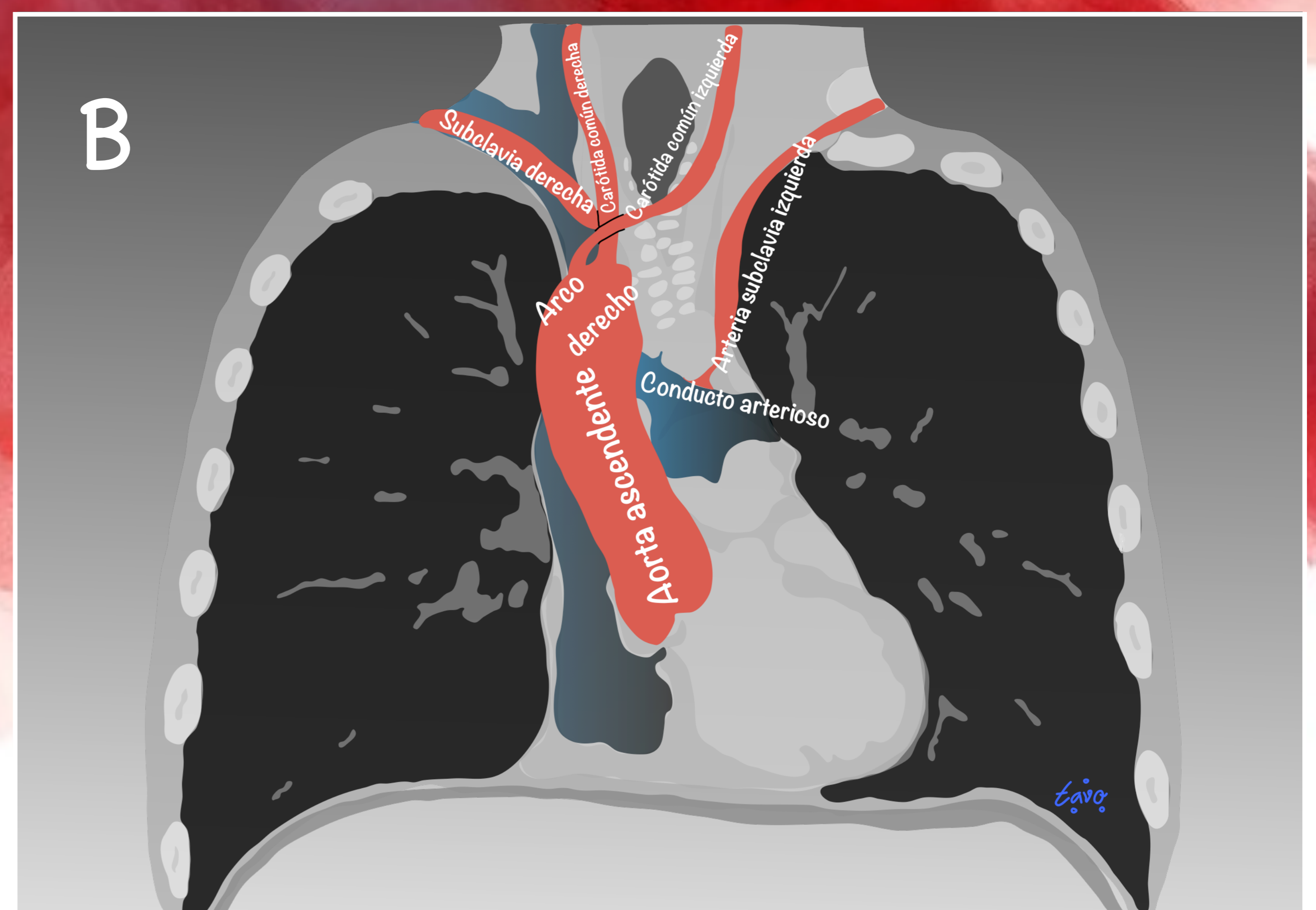
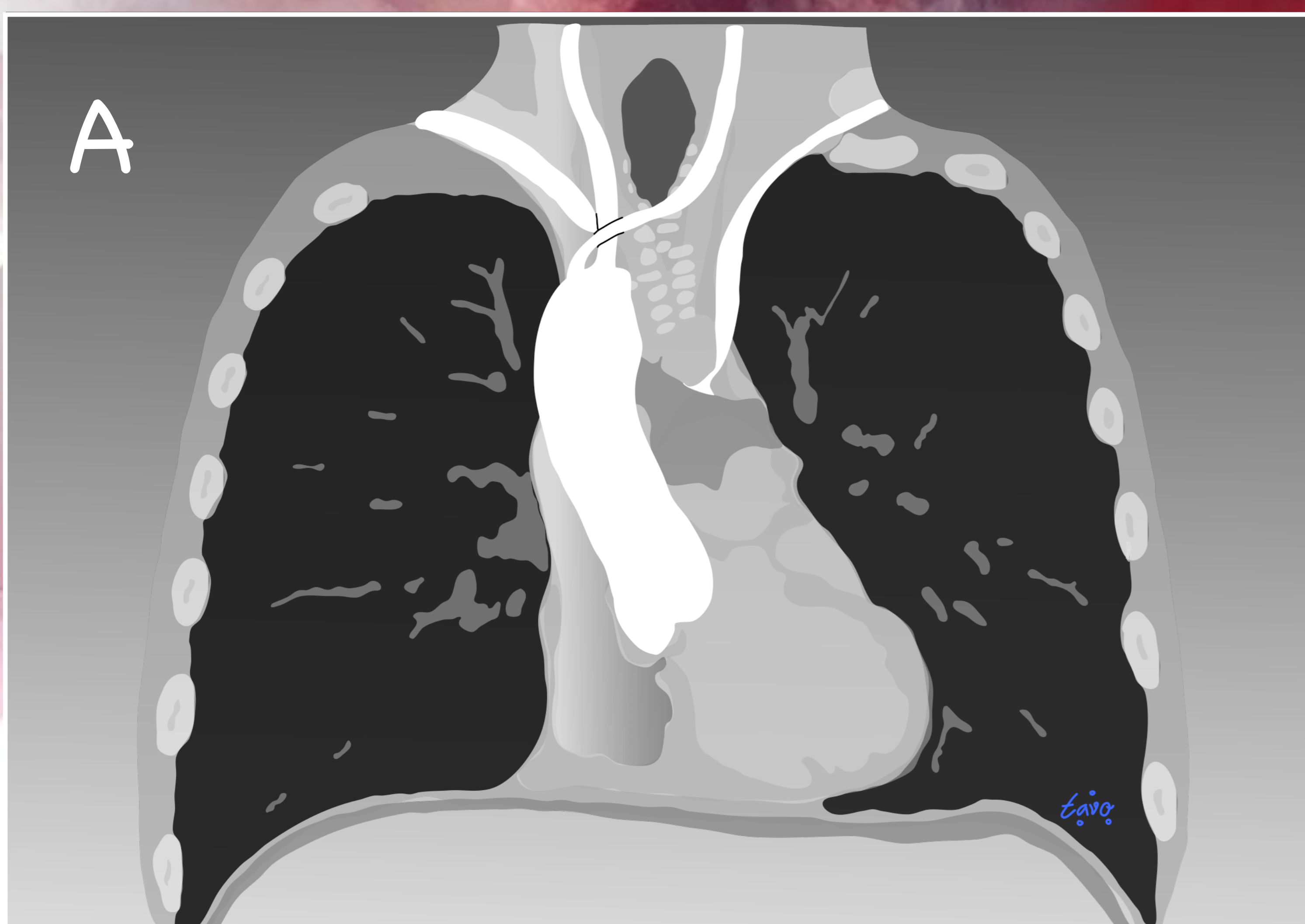
Anomalia muy rara la persistencia de un quinto arco primitivo, ubicado debajo del cuarto arco. Se pueden conectar la aorta ascendente a la aorta descendente (conexión sistémica a sistémica) o la aorta ascendente a una derivada del sexto arco, generalmente la arteria pulmonar izquierda (conexión sistémica a pulmonar).



Representación esquemática (A y B) del quinto arco aórtico persistente.

ARCO DERECHO CON AISLAMIENTO DE LA ARTERIA SUBCLAVIA IZQUIERDA

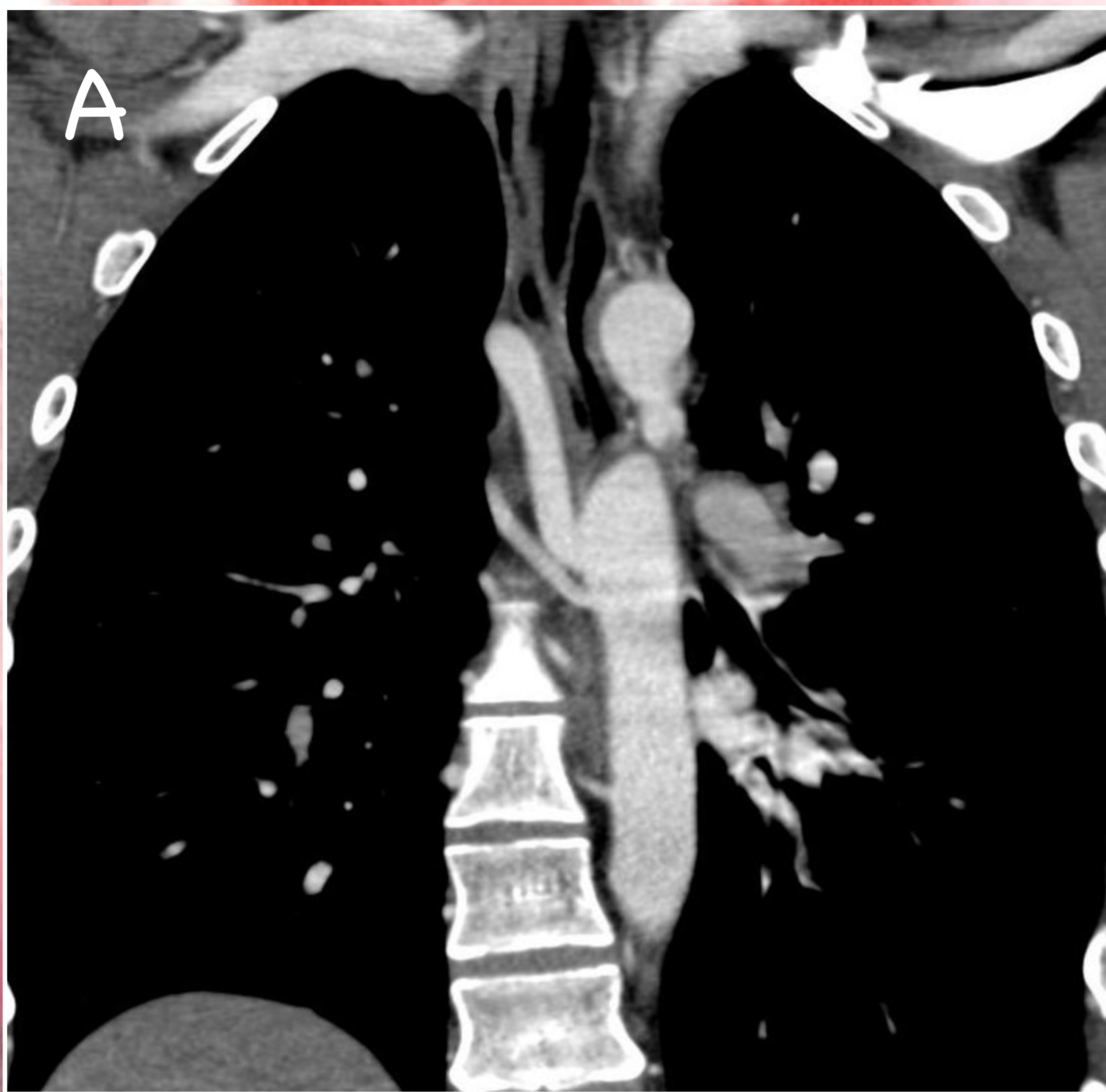
Regresión del arco izquierdo en dos segmentos, entre las arterias carótida común izquierda y subclavia izquierda, también distal al ductus arterioso y la subclavia izquierda. La secuencia de ramificación inicia con la carótida común izquierda, seguida por la derecha y luego la subclavia derecha. La subclavia izquierda se une a la pulmonar por un ductus arterioso, abierto o cerrado.



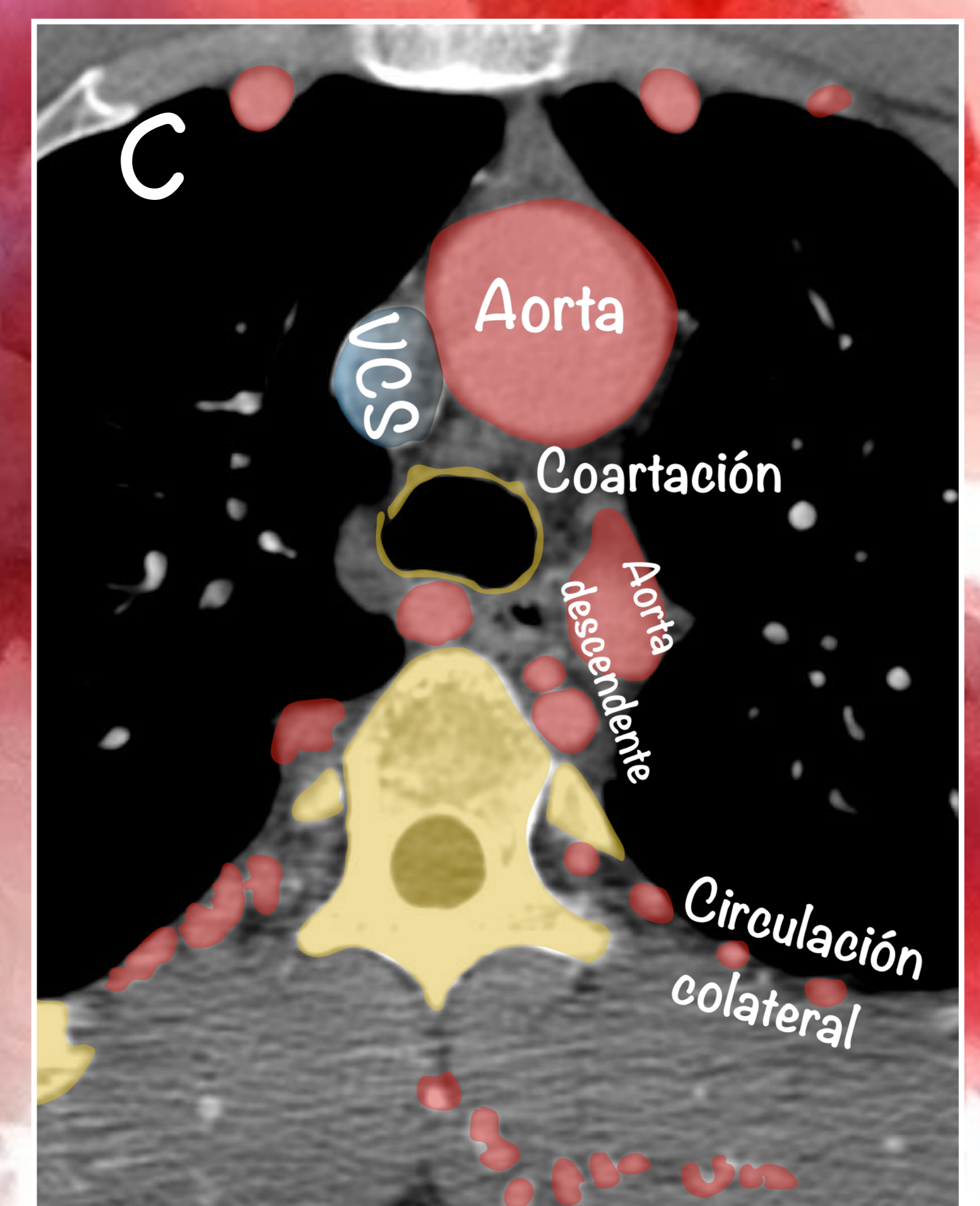
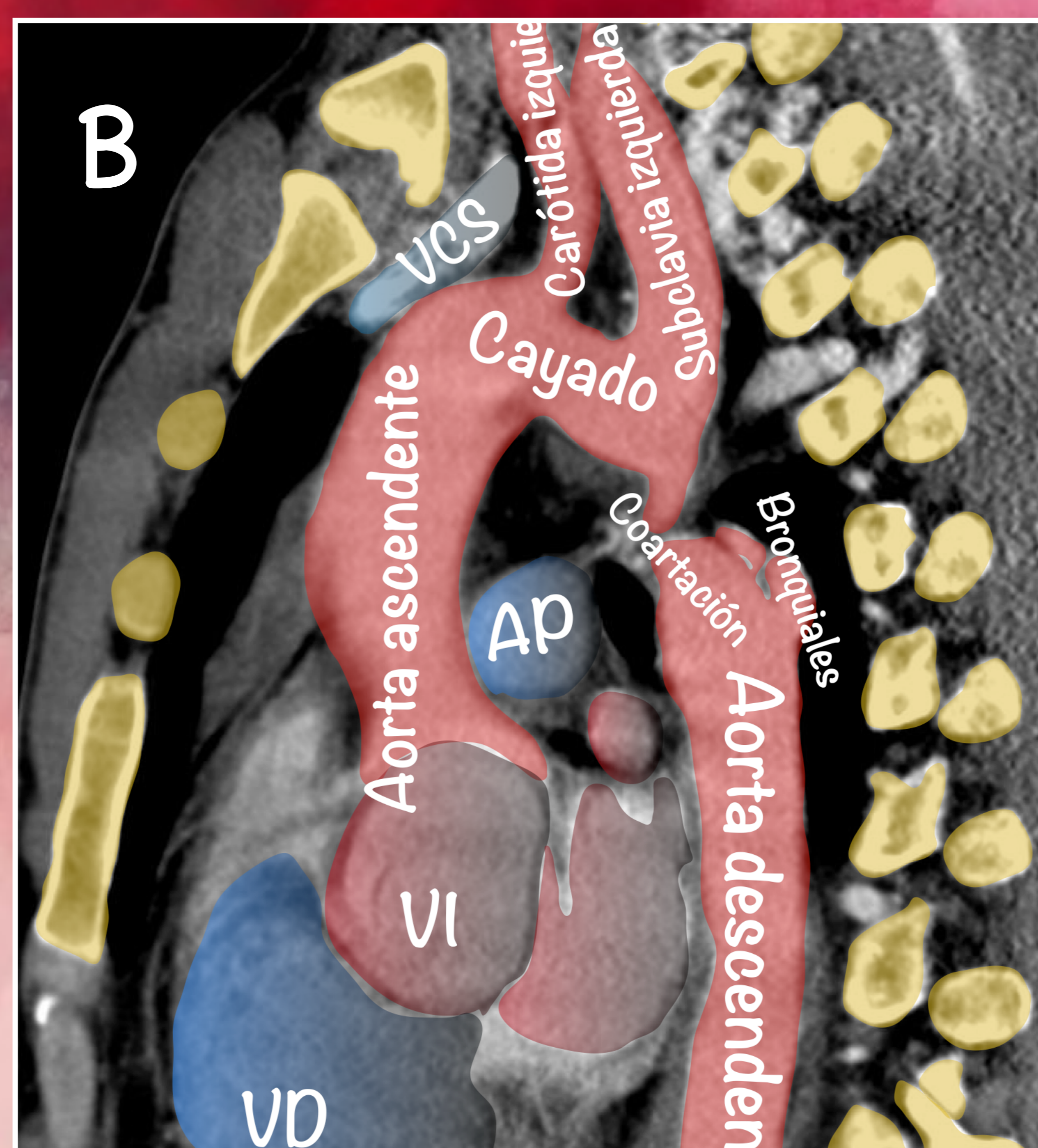
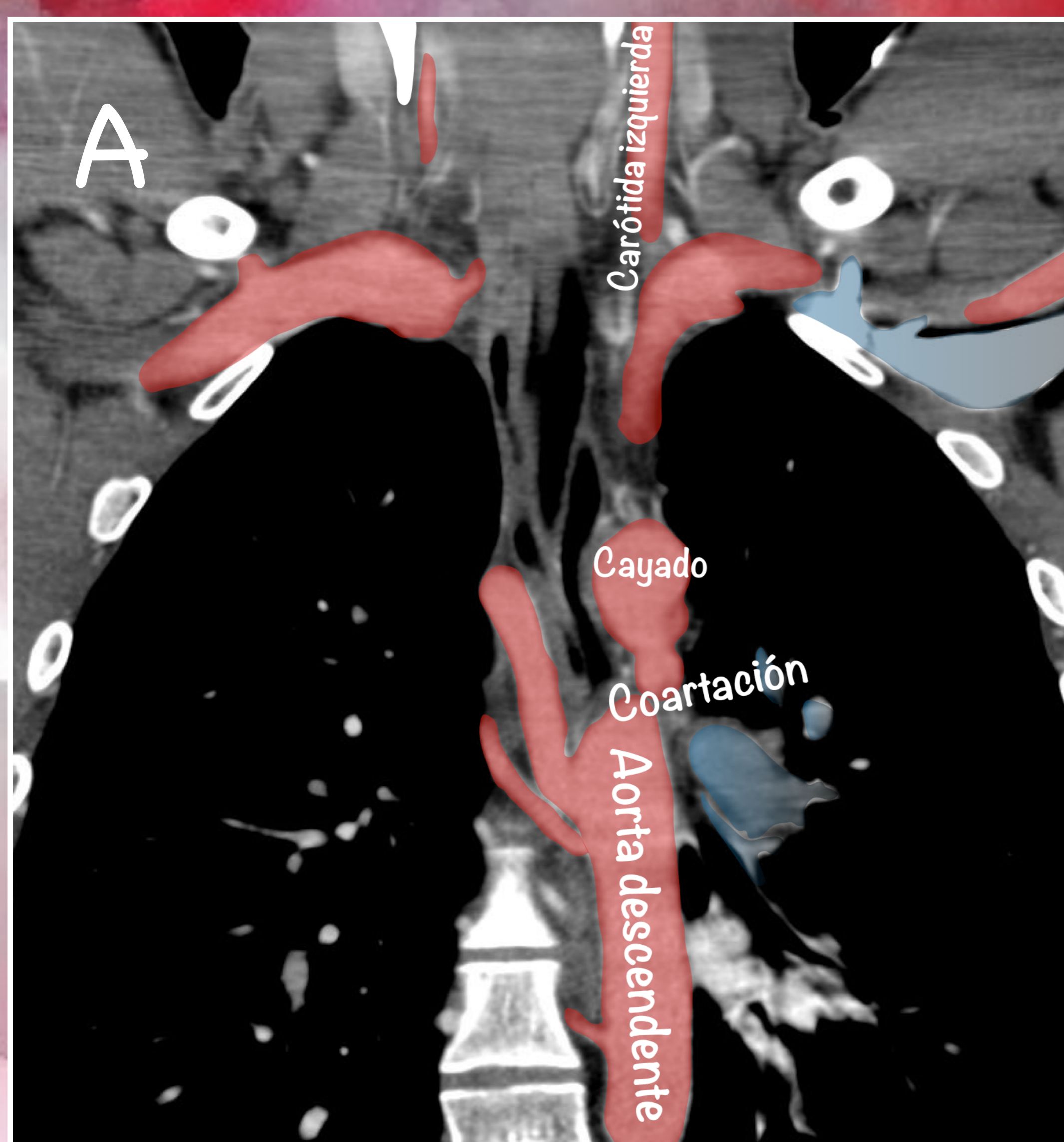
Representación esquemática (A y B) de arco aórtico derecho con aislamiento de la a. subclavia izquierda.

COARTACIÓN AÓRTICA

Se define como un estrechamiento focal de la aorta, usualmente cerca del ductus arterioso, con varios grados de hipoplasia del arco aórtico y del istmo en los pacientes con coartación aórtica. Los vasos colaterales que unen arterias superiores a las inferiores por debajo de coartación pueden aparecer en los primeros meses de vida.



Corte axial y sagital (A y B) de TC de tórax, donde se aprecia coartación de la aorta descendente preductal.



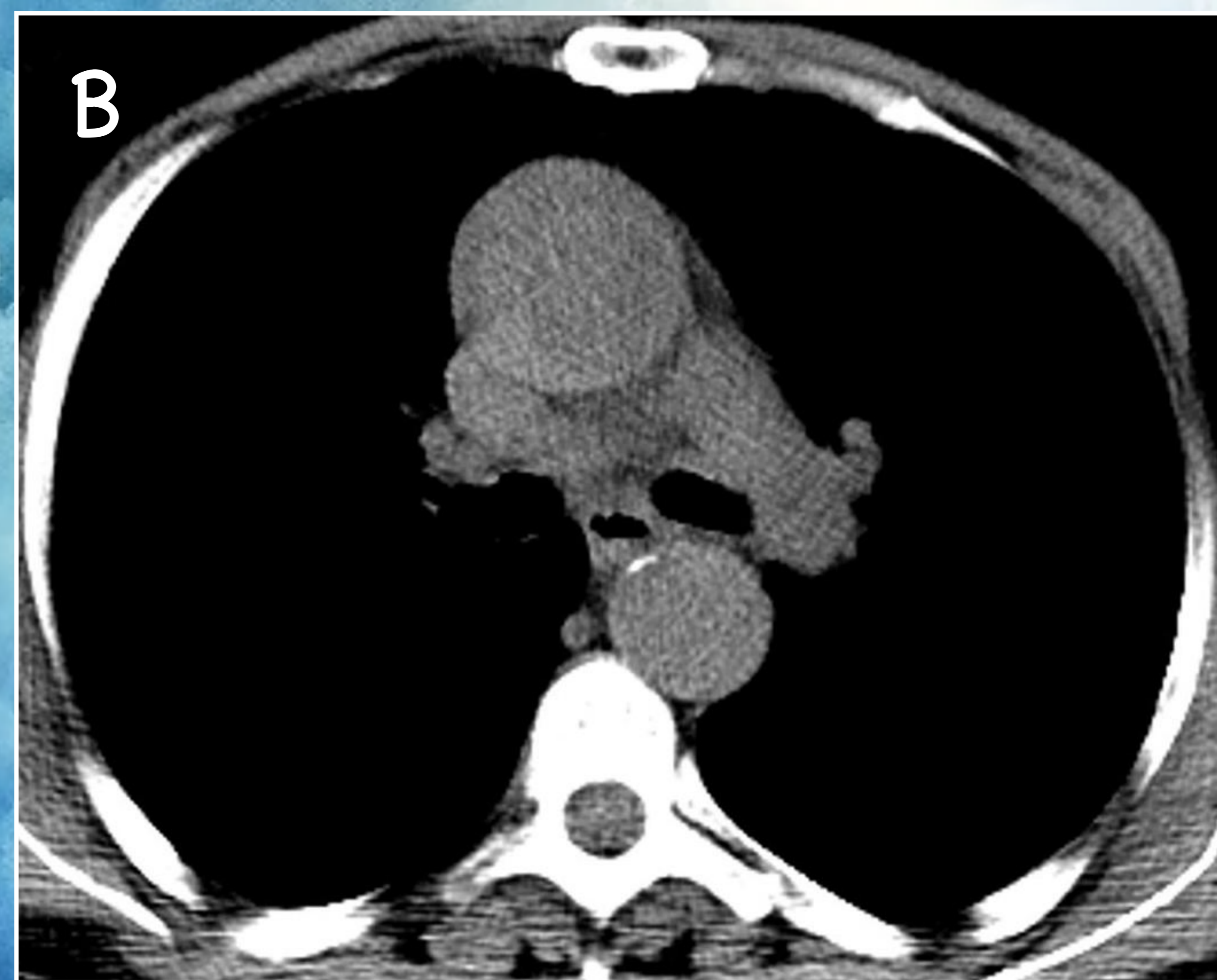
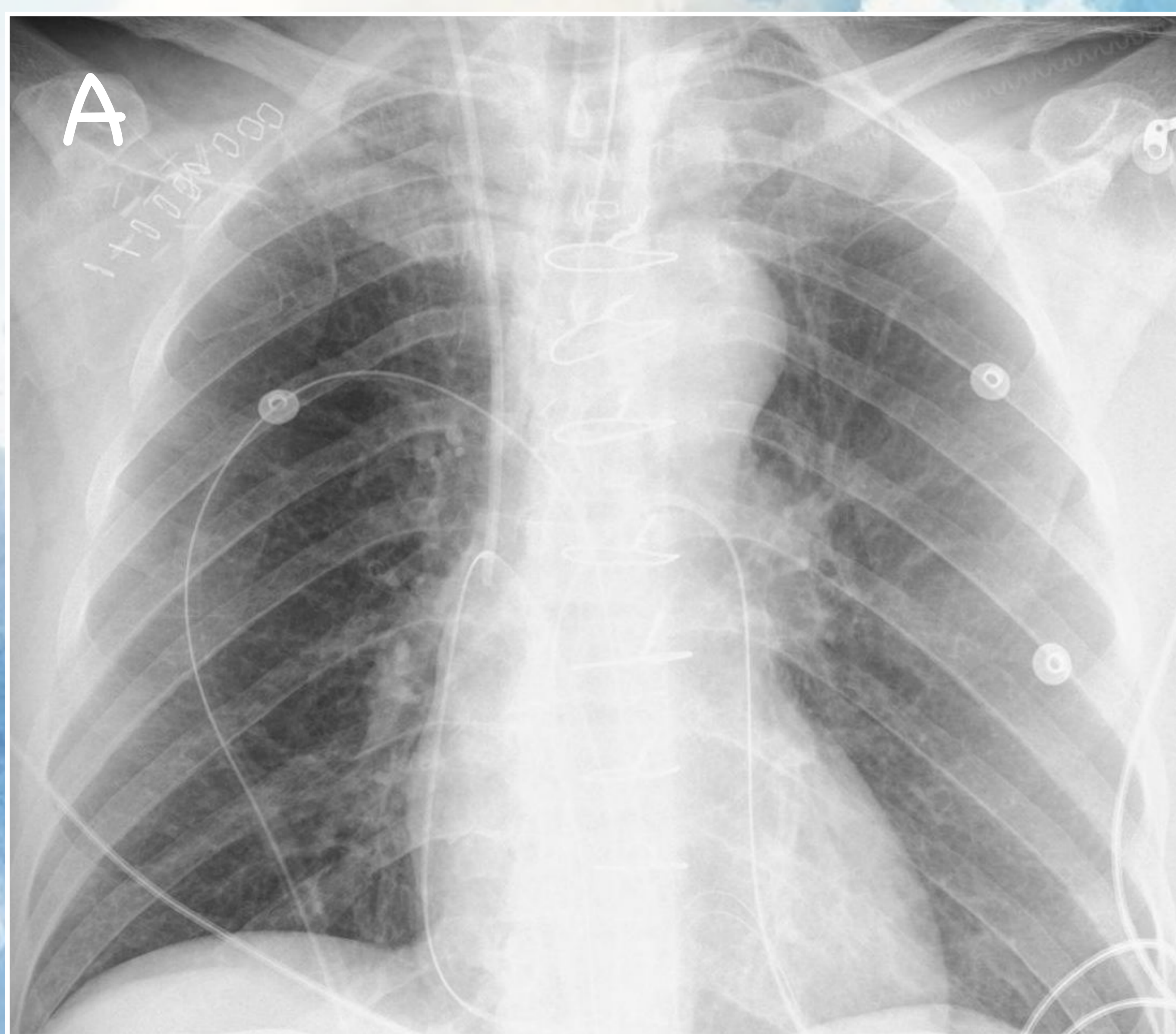
Representación esquemática, cortes coronal (A), sagital (B) y axial (C) de la coartación aórtica.

Puede estar asociado a síndrome de Turner, válvula aórtica bicúspide, aneurismas intracraneales, defectos septales y el complejo de Shone.

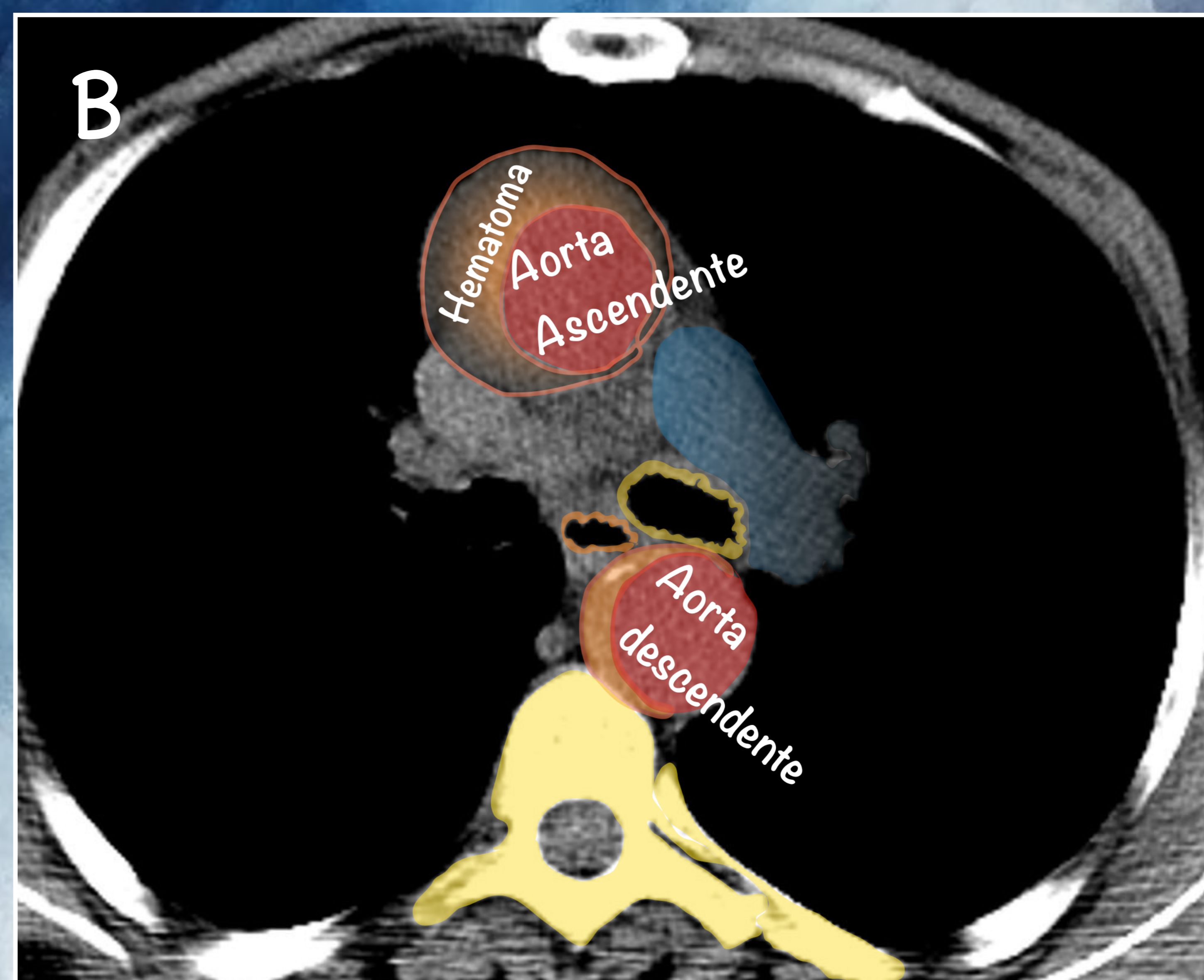
SÍNDROME AÓRTICO AGUDO

HEMATOMA INTRAMURAL

Es una forma atípica de disección aórtica debido a una hemorragia contenida en la pared aórtica, generalmente desde los vasa vasorum sin un desgarro de la íntima.



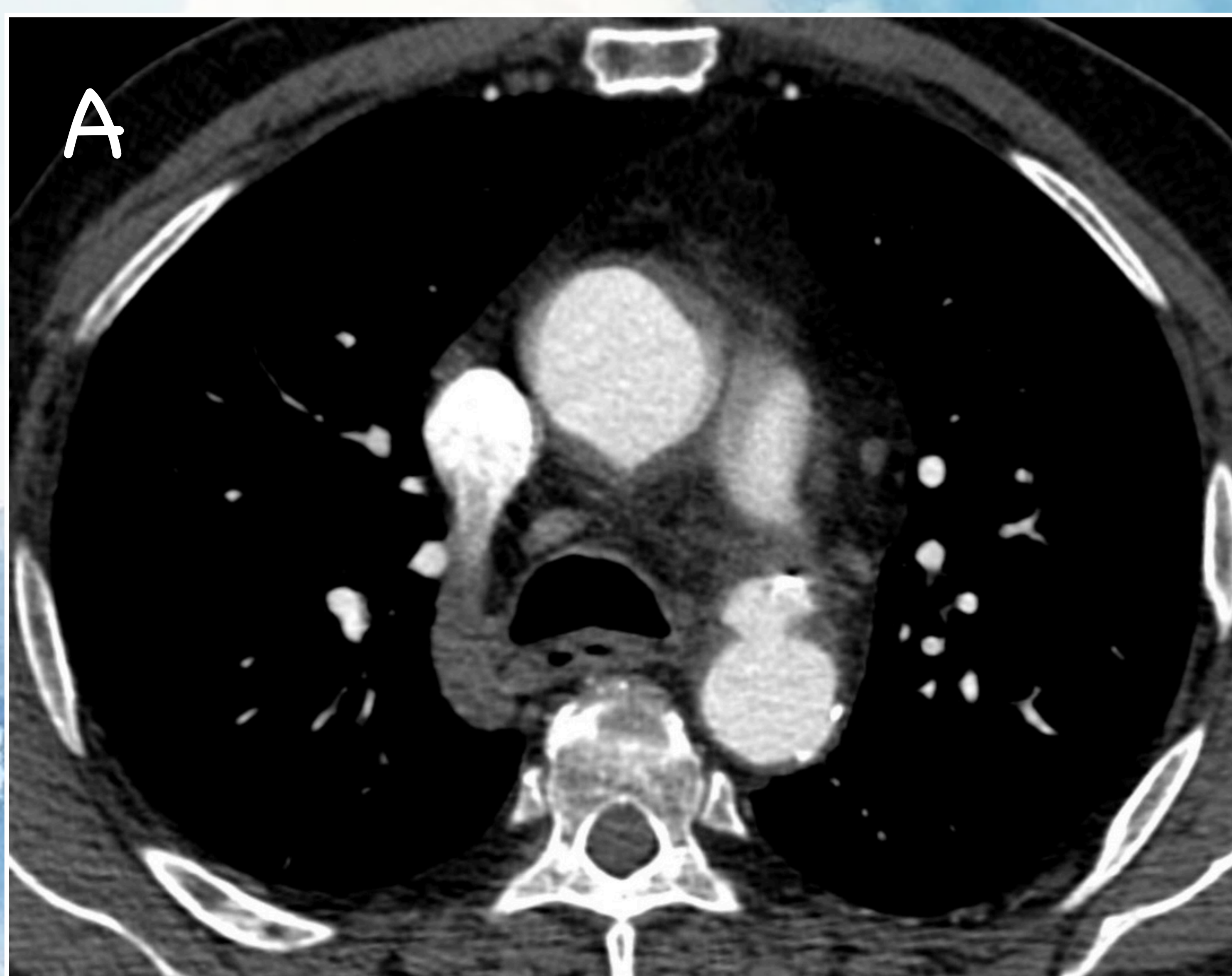
Rx de tórax (A) con aumento botón aórtico y corte axial de TC de tórax sin contraste (B), donde se aprecia un aumento del diámetro de la aorta ascendente y con un aumento mural espontáneamente hiperdenso con forma de semiluna en relación con hematoma intramural.



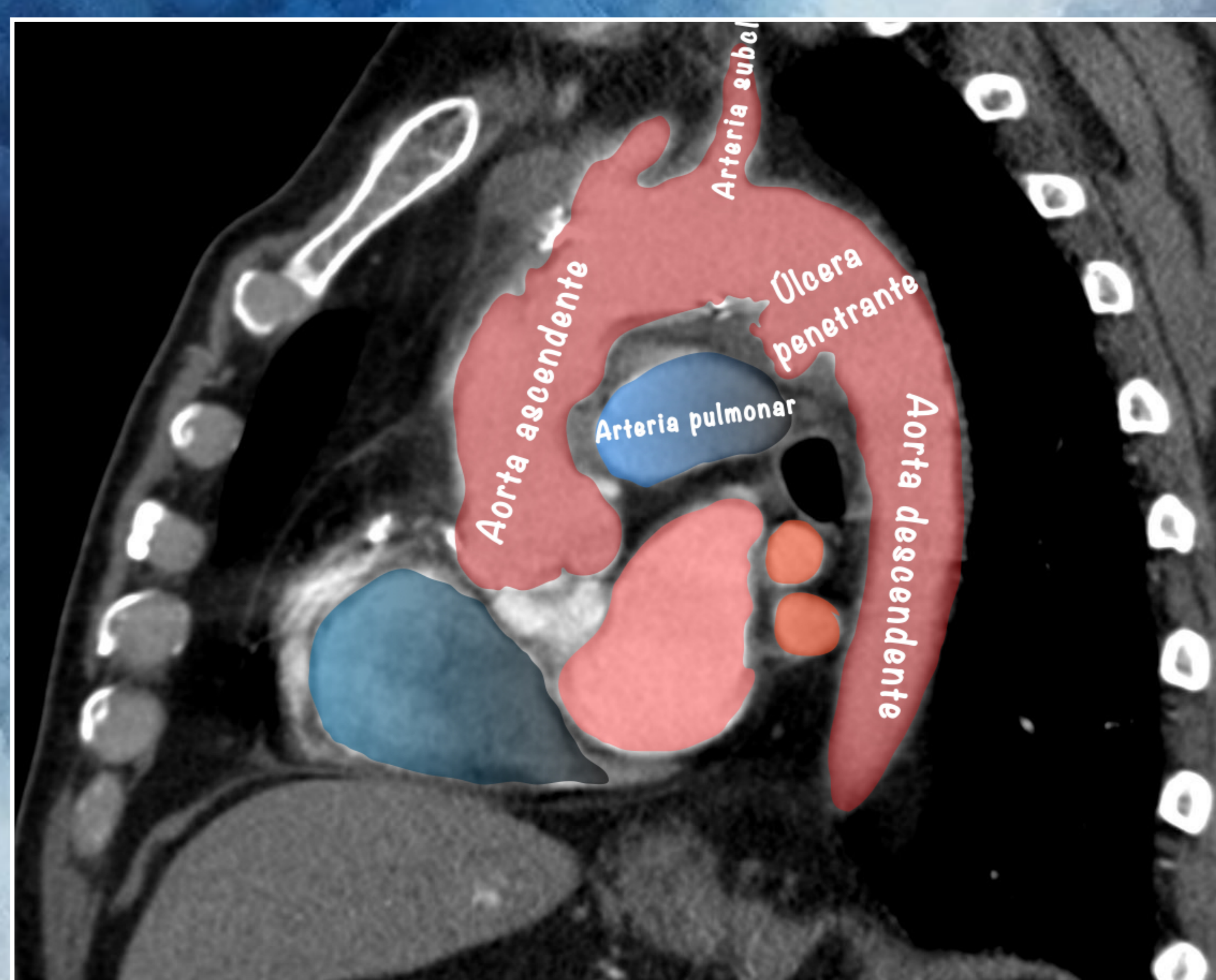
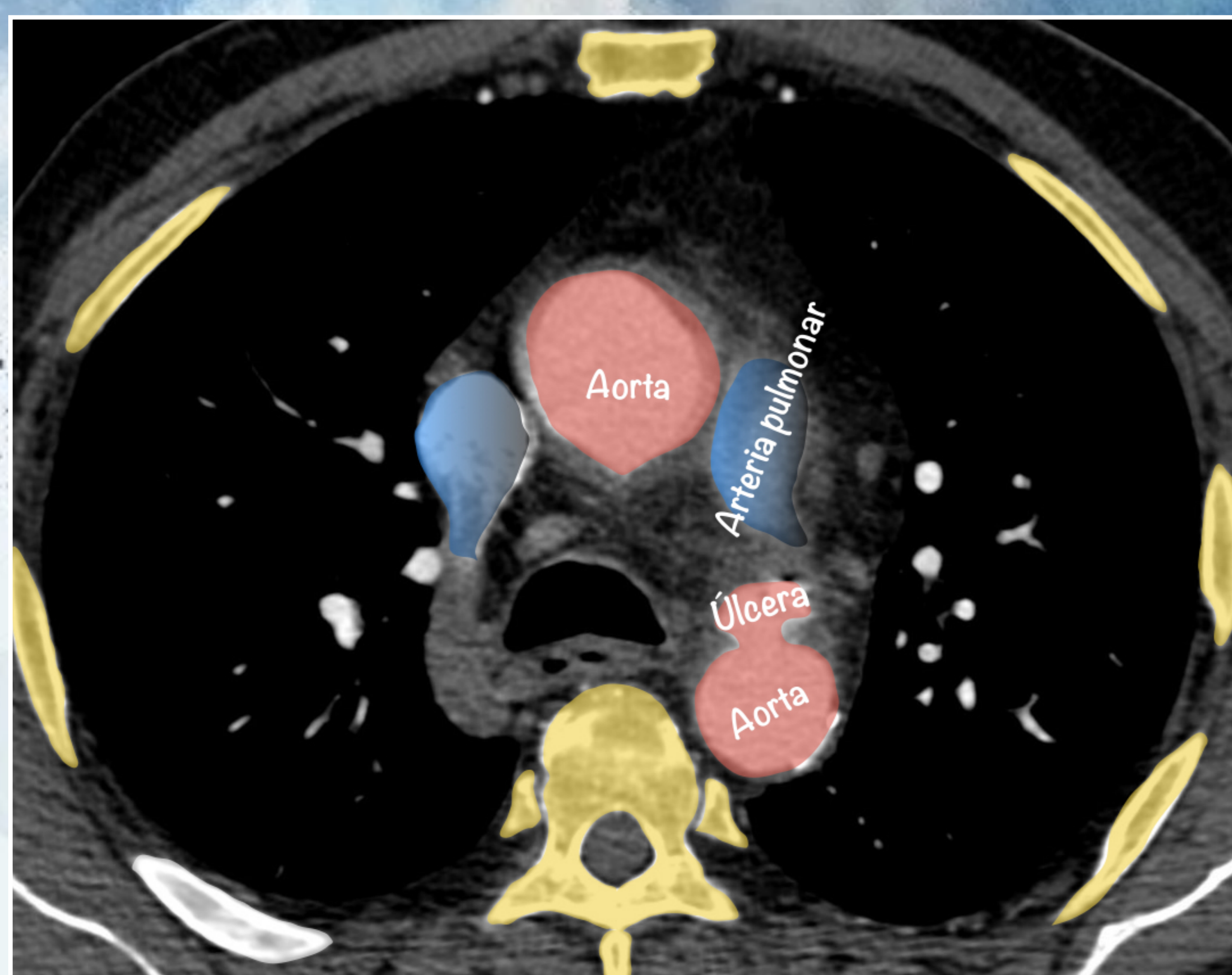
Corte axial de TC de tórax con contraste (A) y representación de esquemática (B), con engrosamiento mural espontáneamente hiperdenso en relación con hematoma intramural con afectación de la aorta ascendente y descendente.

ÚLCERA PENETRANTE

Lesión aterosclerótica ulcerosa que penetra la íntima y progresa a través de la lámina elástica interna hacia la media. En las primeras etapas, las lesiones ulceran la íntima y suelen ser asintomáticas. A una mayor progresión, se ulceran en la túnica media y pueden dar lugar a un hematoma intramural dentro de la túnica media.



Corte axial de TC de tórax con contraste (A), corte sagital (B), que muestra una úlcera penetrante en la cara anteromedial del segmento proximal de la aorta descendente de morfología irregular, asociada a una placa calcificada en el fondo de saco.



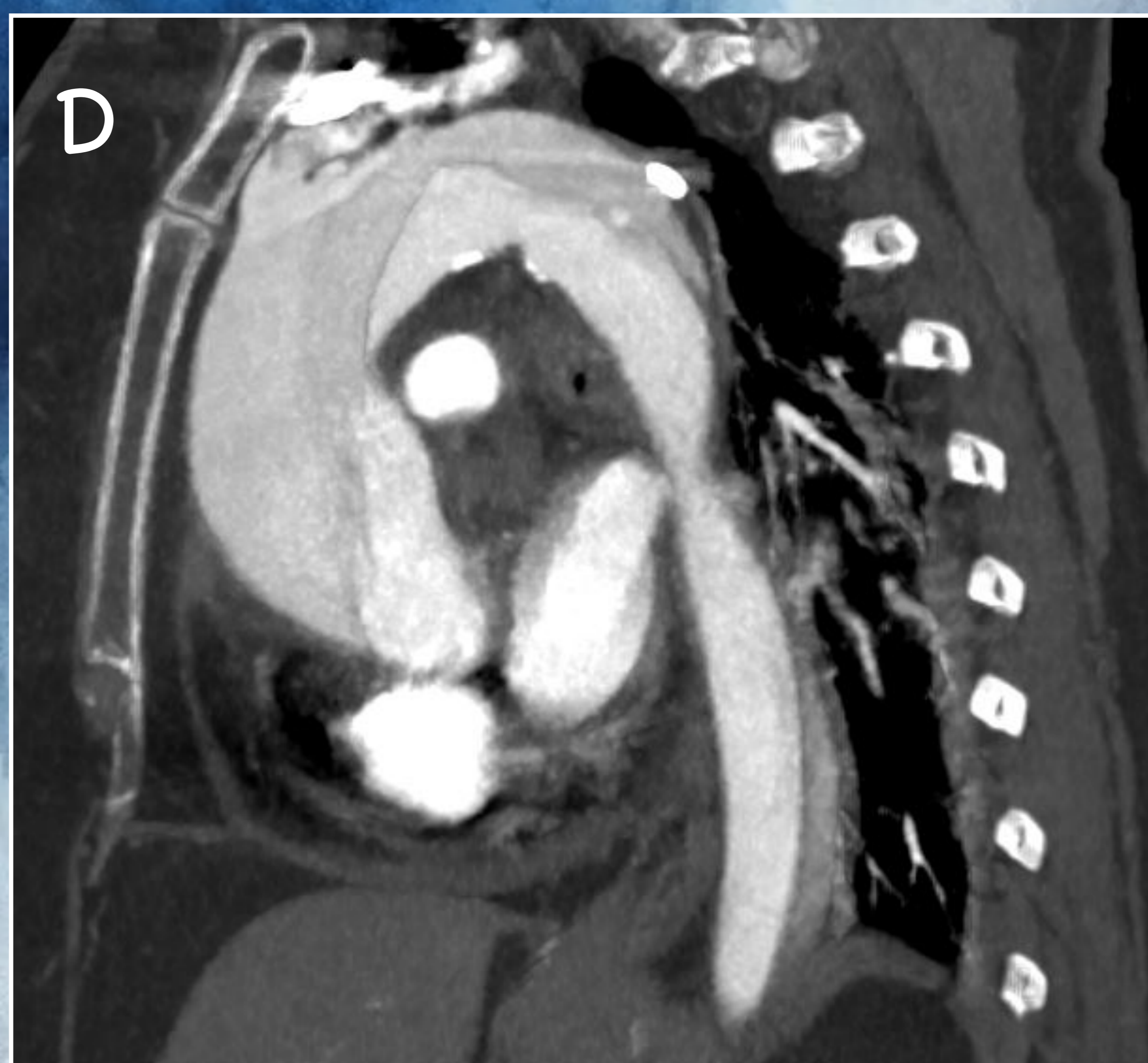
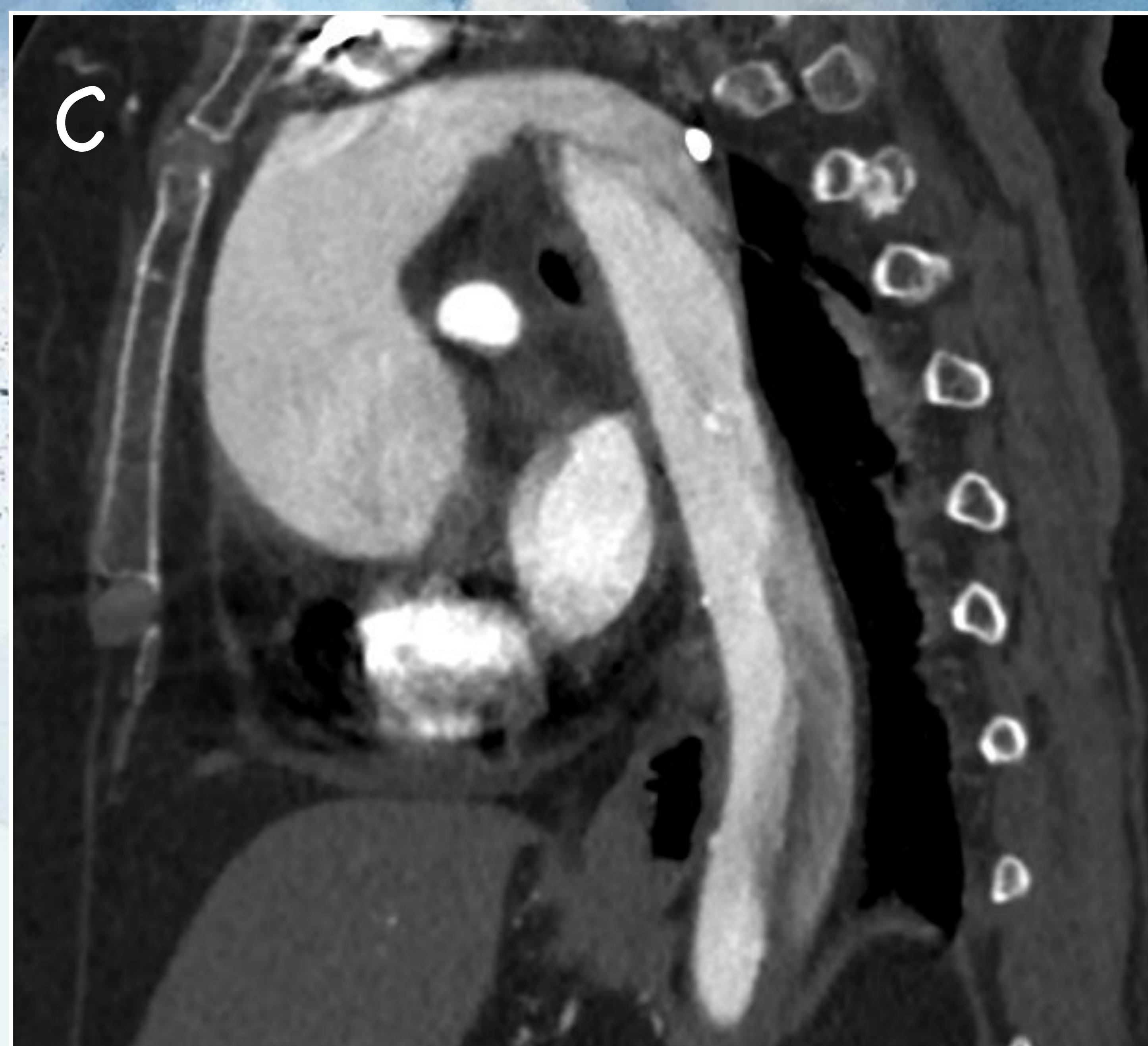
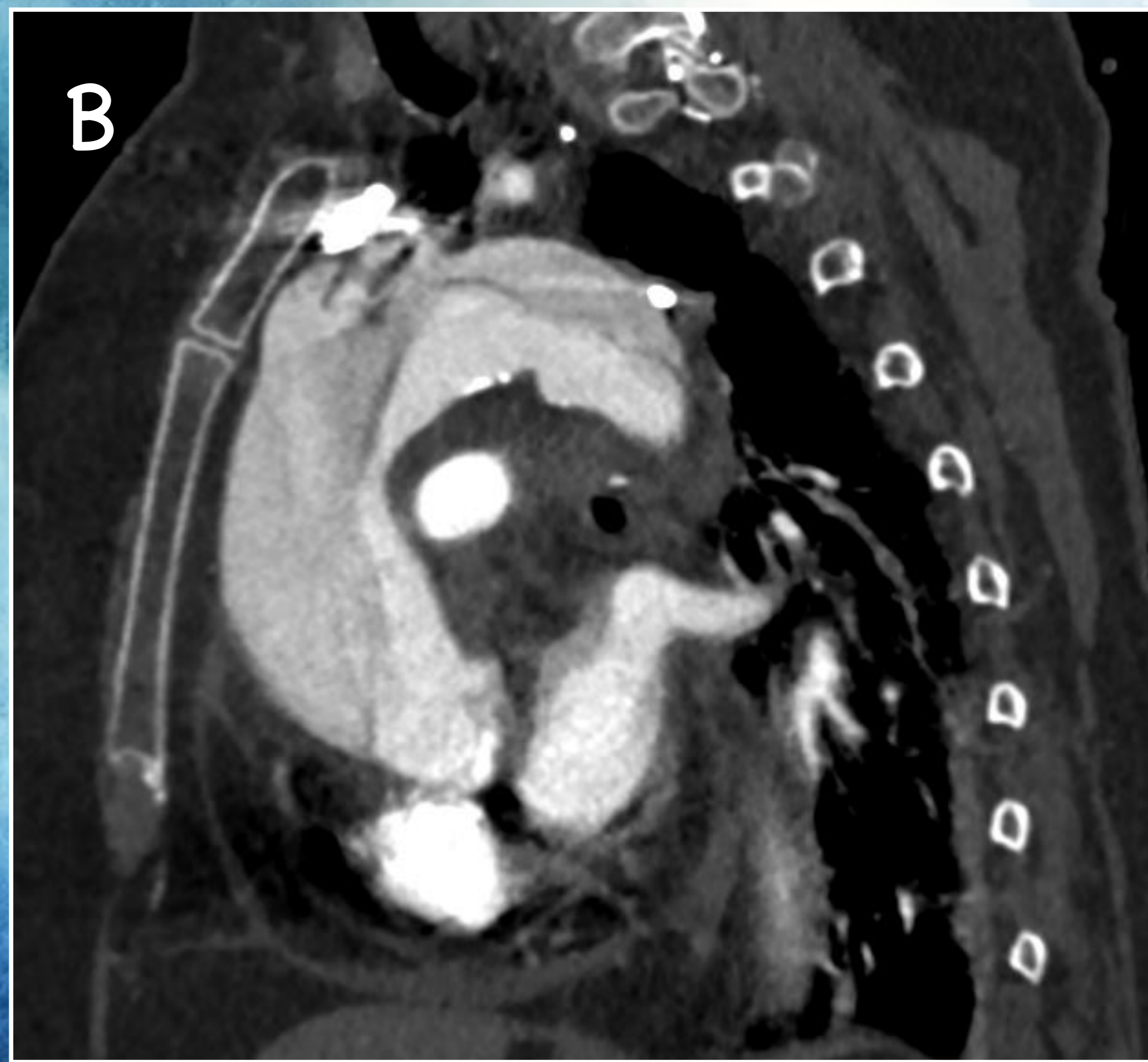
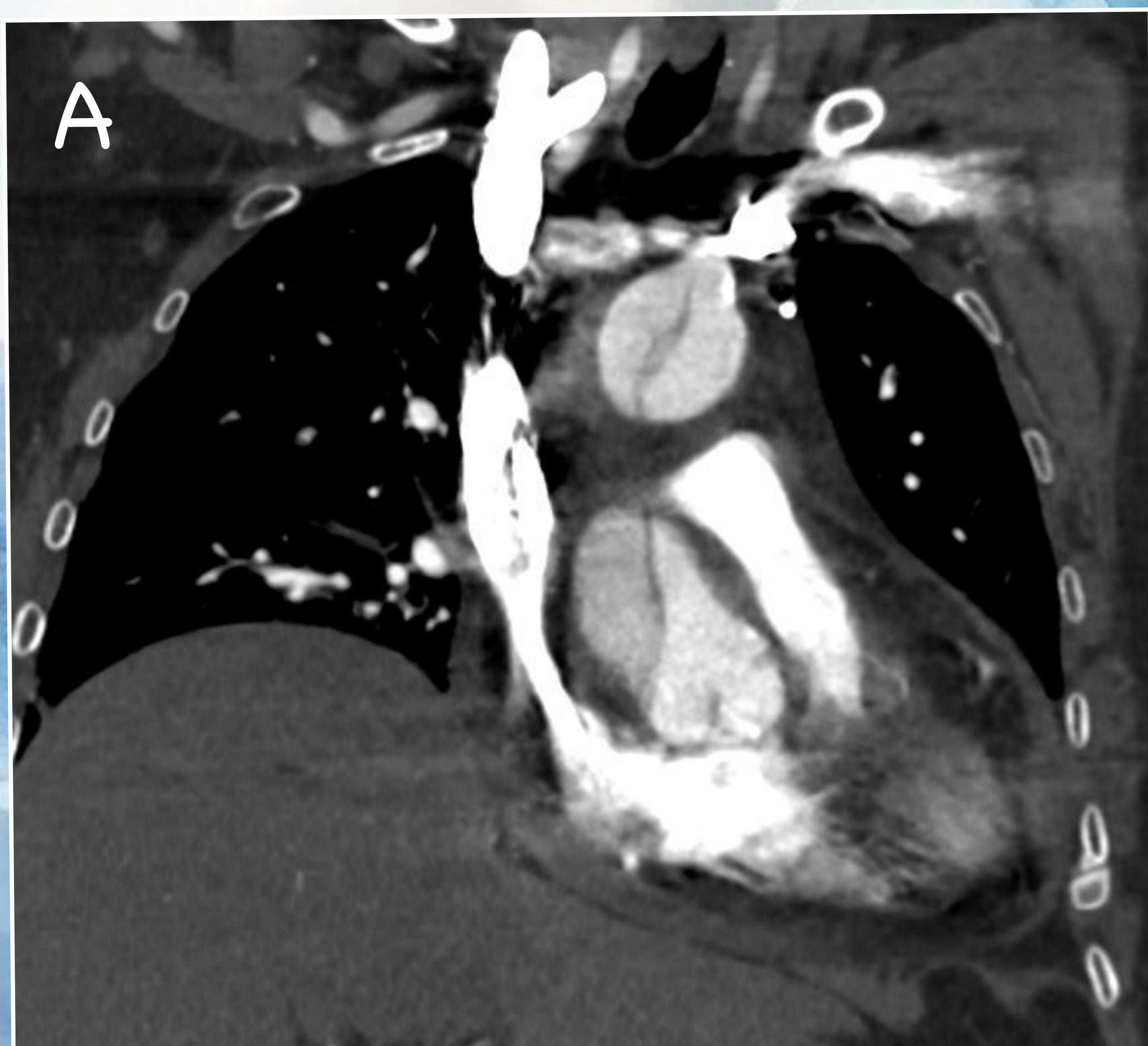
Representación esquemática de la úlcera penetrante (C y D).

DISECCIÓN AÓRTICA

TIPO A DE STANFORD

Afecta a cualquier parte de la aorta proximal al origen del tronco braquiocefálico derecho (aorta ascendente)

Se produce cuando la sangre ingresa a la capa media de la pared aórtica a través de un desgarro o una úlcera penetrante en la íntima y sigue longitudinalmente a lo largo de la media, formando un segundo conducto lleno de sangre (falsa luz) dentro de la pared del vaso.

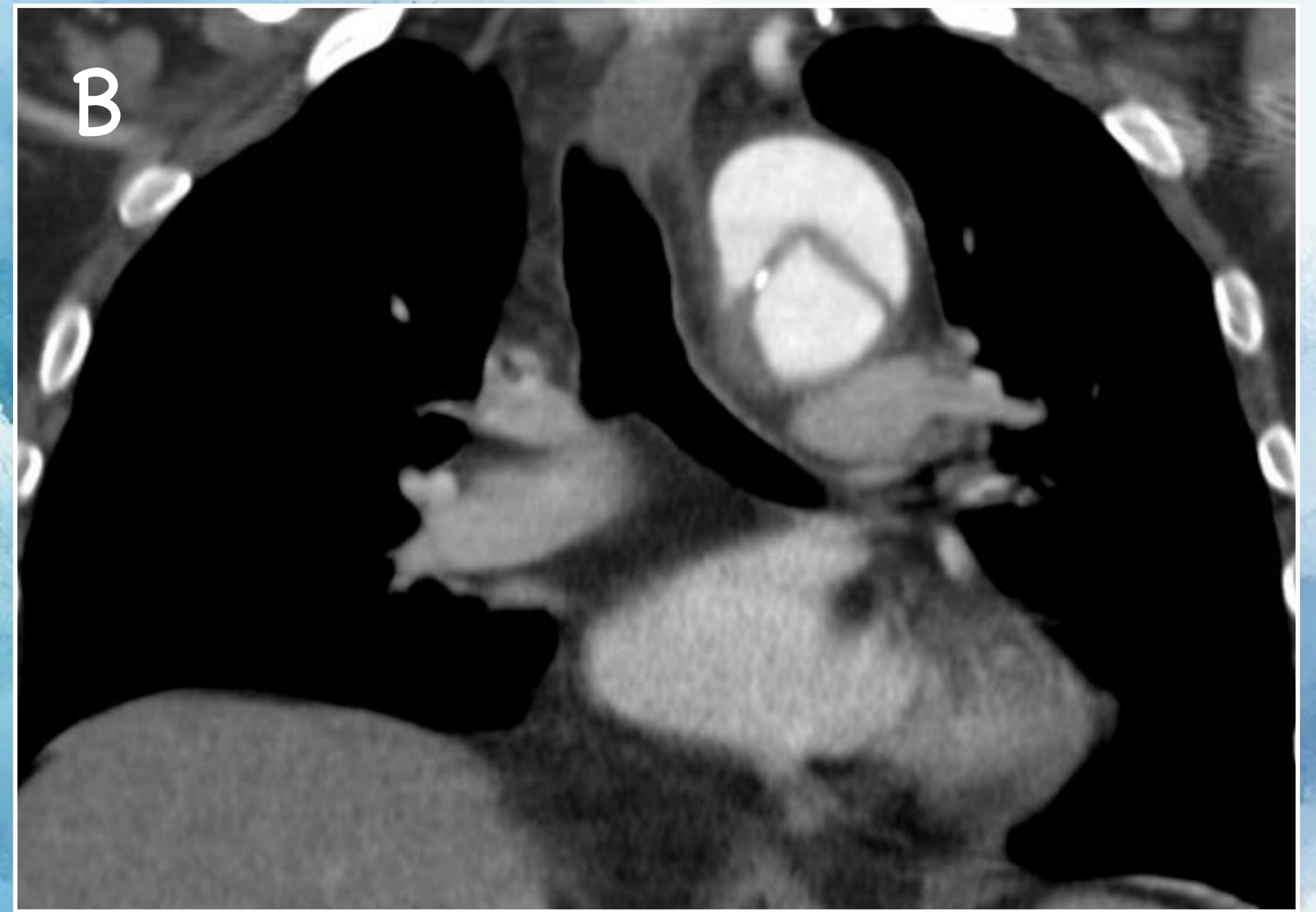


Corte coronal de TC de tórax con contraste (A), cortes sagitales (B), (C), (D) dilatación de la aorta ascendente con un flap de disección que se continúa por el arco y la aorta descendente.

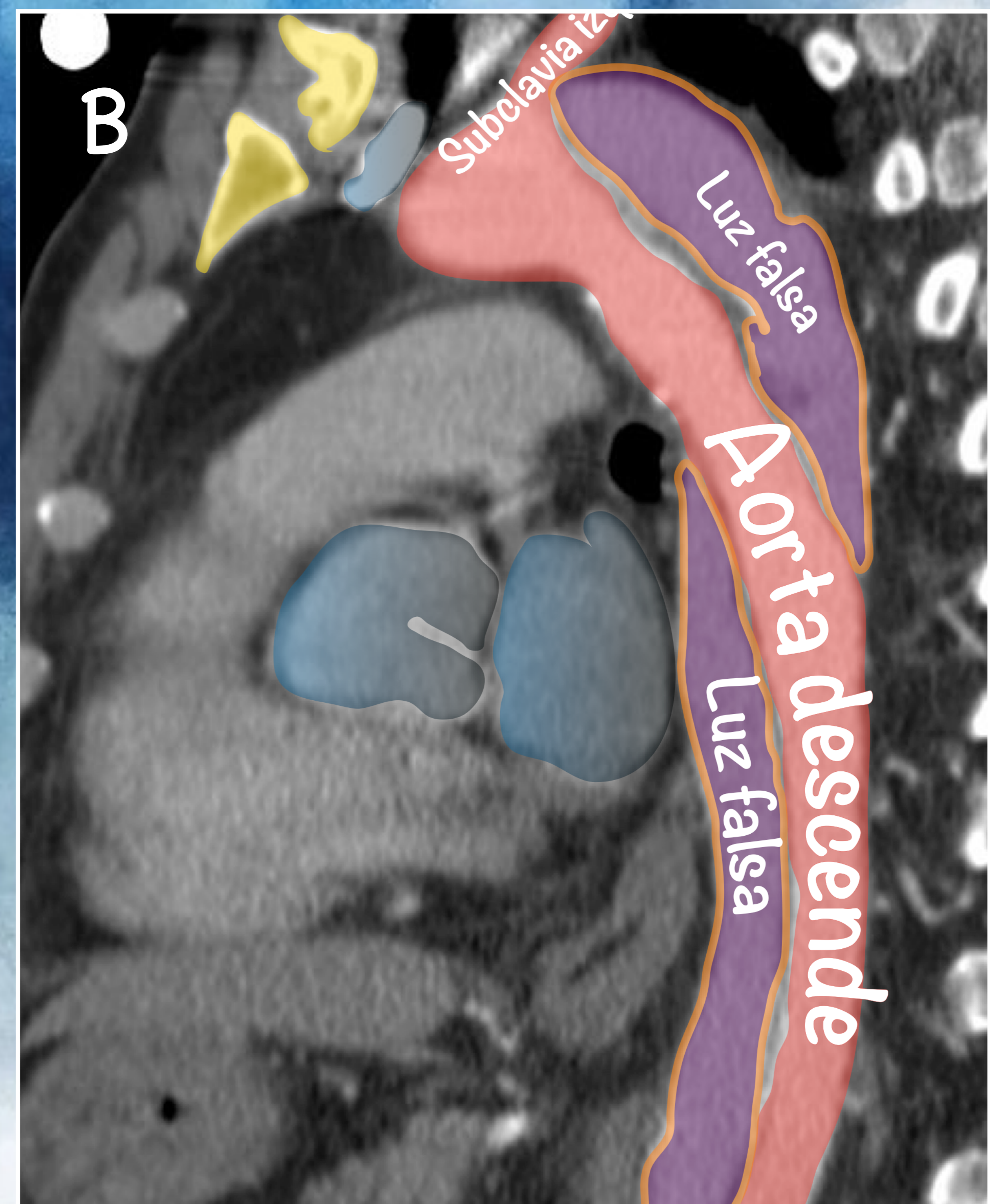
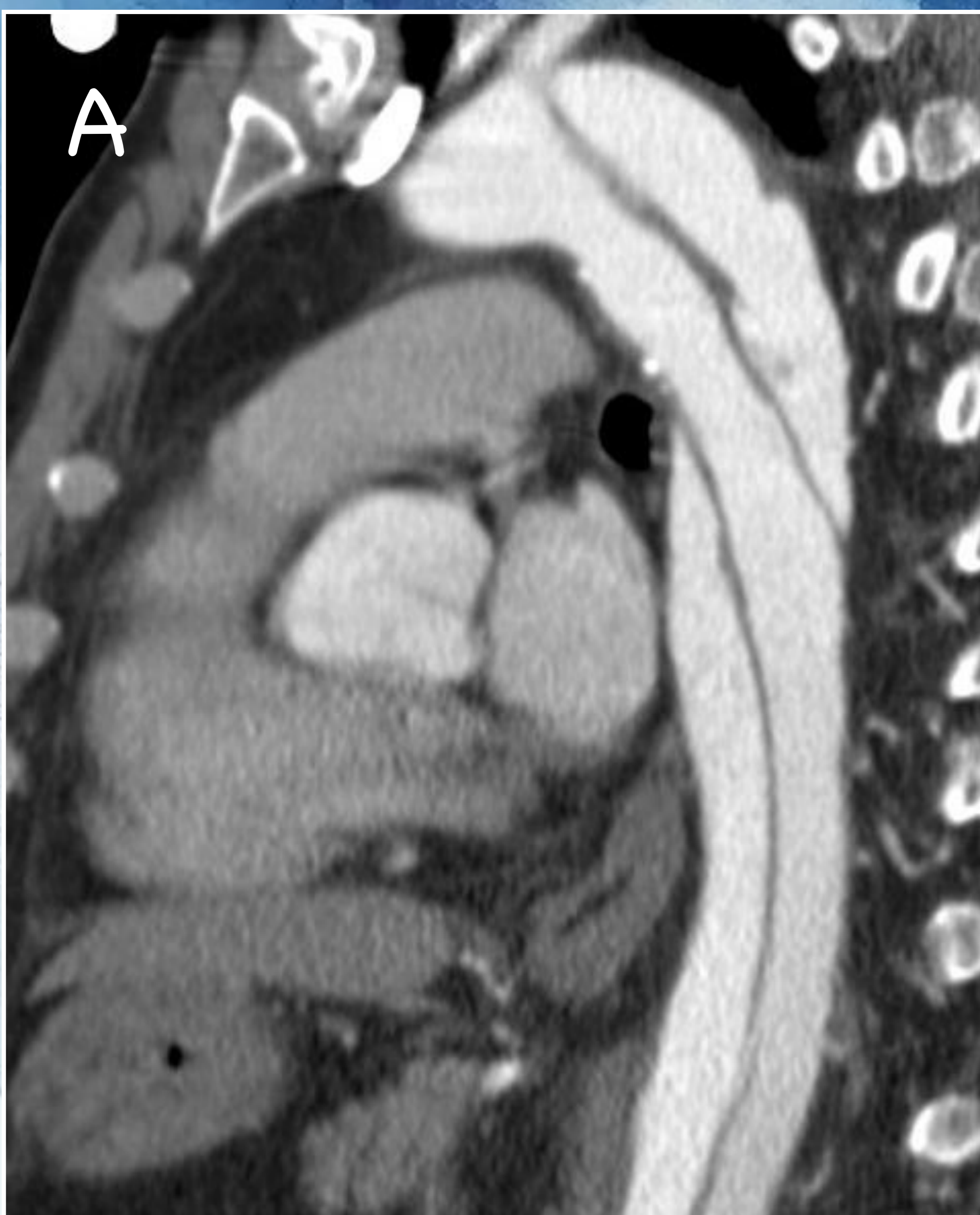
DISECCIÓN AÓRTICA

TIPO B DE STANFORD

Surge distal a la arteria subclavia izquierda



Rx de tórax (A) con ensanchamiento mediastínico y prominencia del botón aórtico y corte coronal de TC de tórax con contraste (B), donde se aprecia una disección aórtica que se inicia distal a la arteria subclavia izquierda, donde se aprecia la luz verdadera y la falsa luz

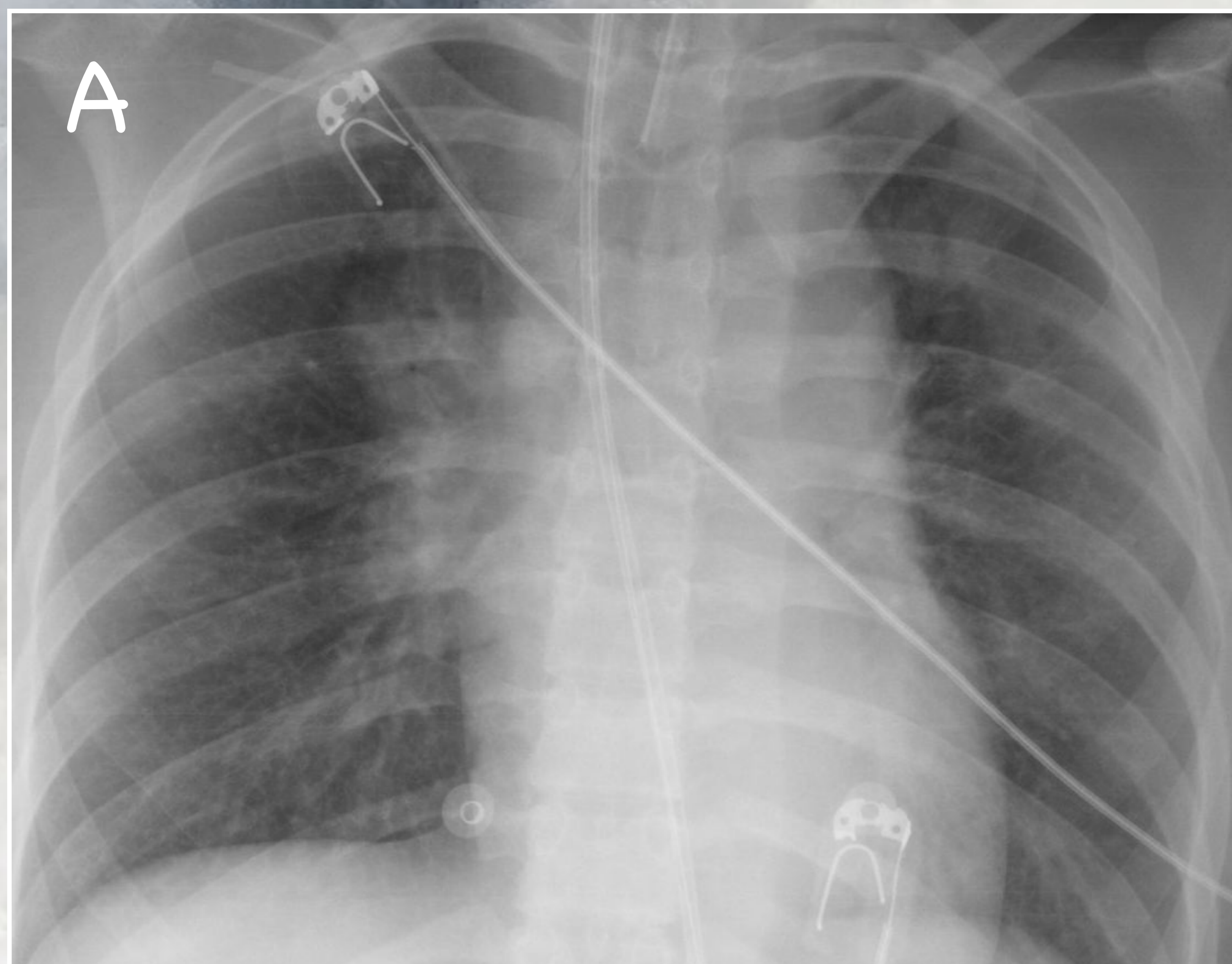


Corte sagital de TC de tórax con contraste (A) y representación de esquemática (B), de la disección aórtica que se inicia distal a la arteria subclavia izquierda, donde se aprecia la luz verdadera y la falsa luz.

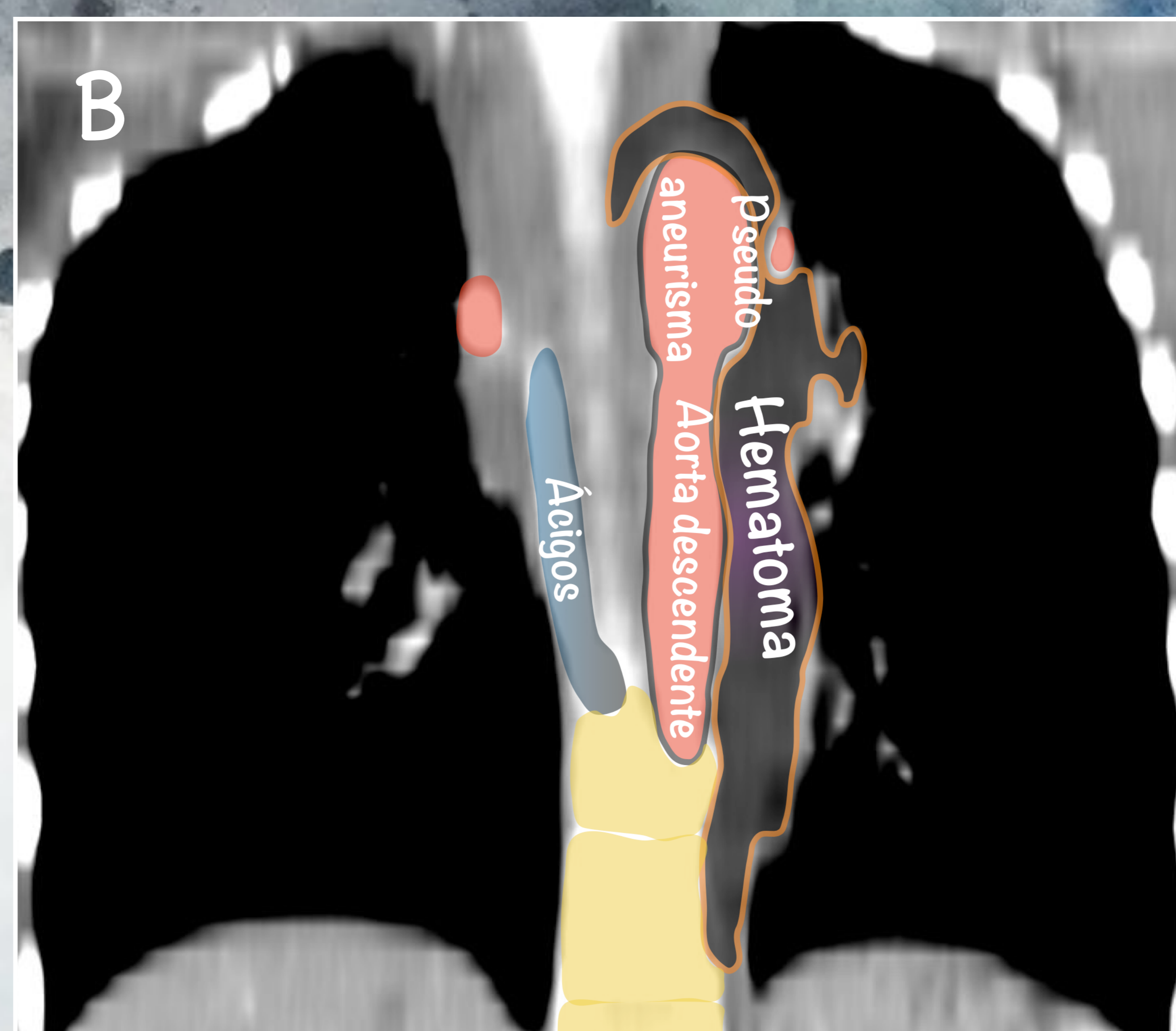
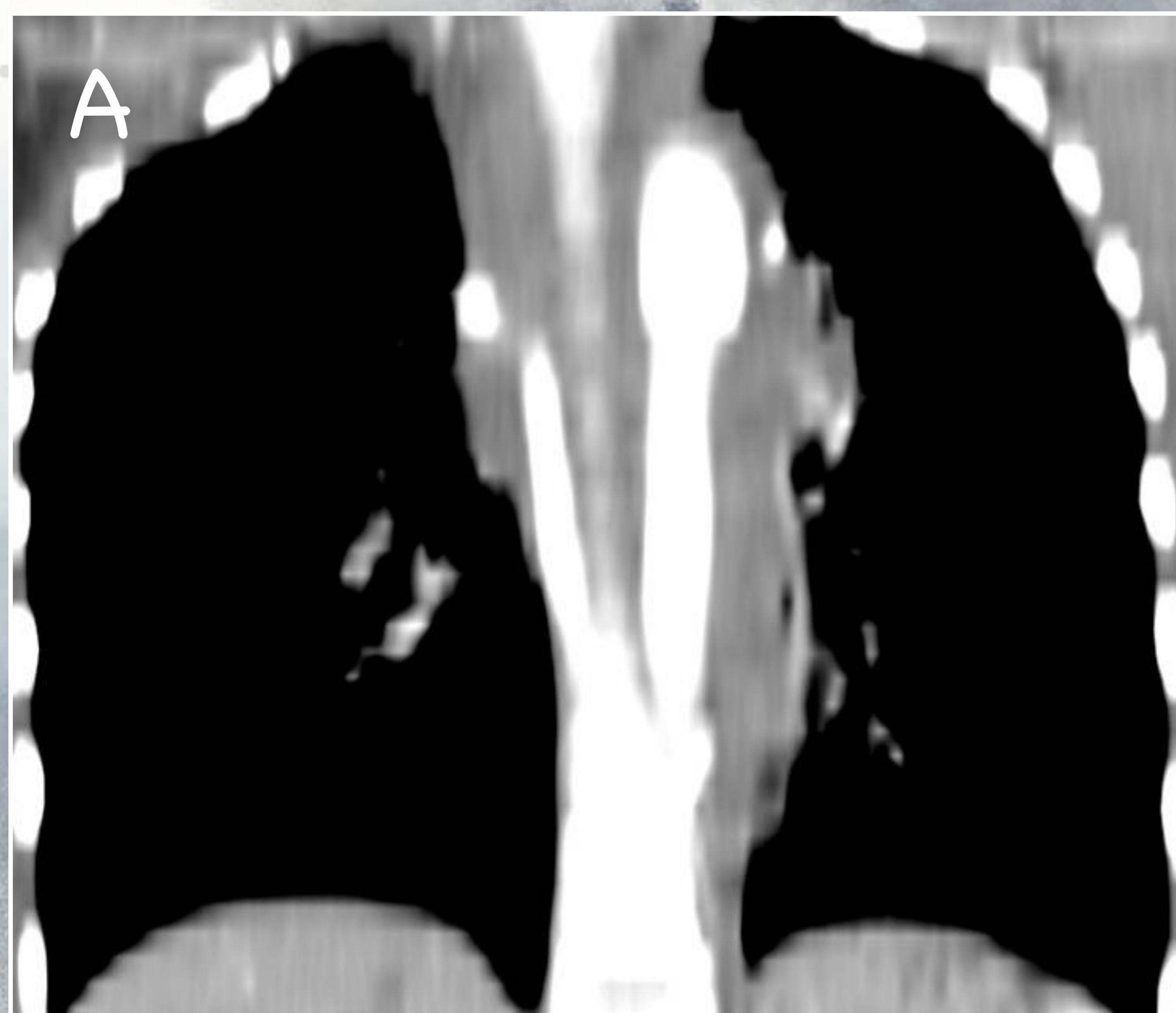
TRAUMATISMO AÓRTICO

PSEUDOANEURISMA AÓRTICO

La TC multimodal es el estándar de referencia para evaluar el traumatismo aórtico agudo porque acelera el proceso de diagnóstico y el manejo de otras lesiones concomitantes, disminuye la necesidad de estudios invasivos como la angiografía convencional y/o la ecocardiografía transesofágica. Los hallazgos pueden ser la hemorragia mediastínica periaórtica, el pseudoaneurisma, los cambios del contorno aórtico, disección, o extravasación de contraste.



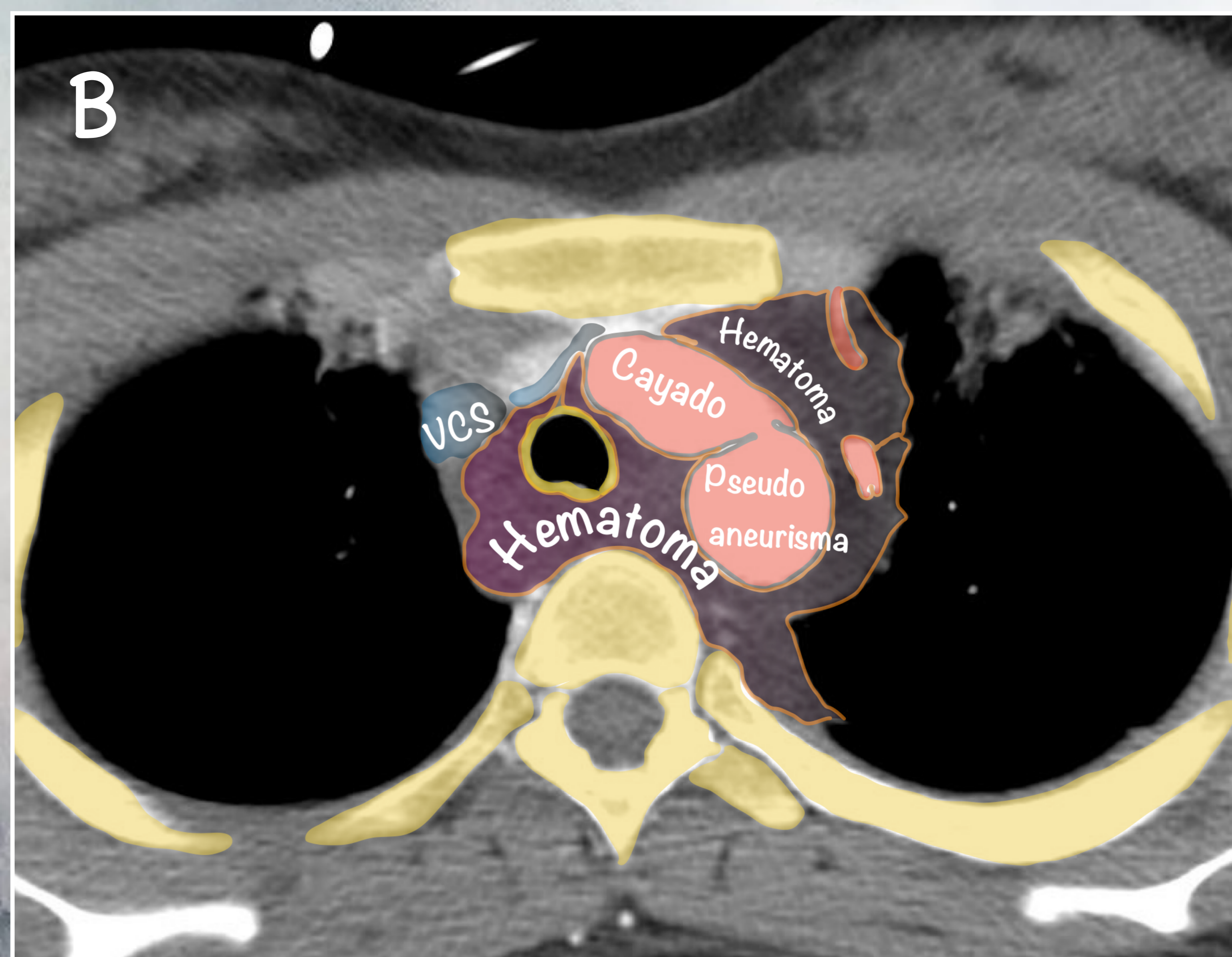
Rx de tórax (A) con ensanchamiento mediastínico y reconstrucción volumétrica 3D de TC de tórax con contraste (B), y angiografía de la aorta (C), se aprecia un pseudoaneurisma del arco aórtico distal.



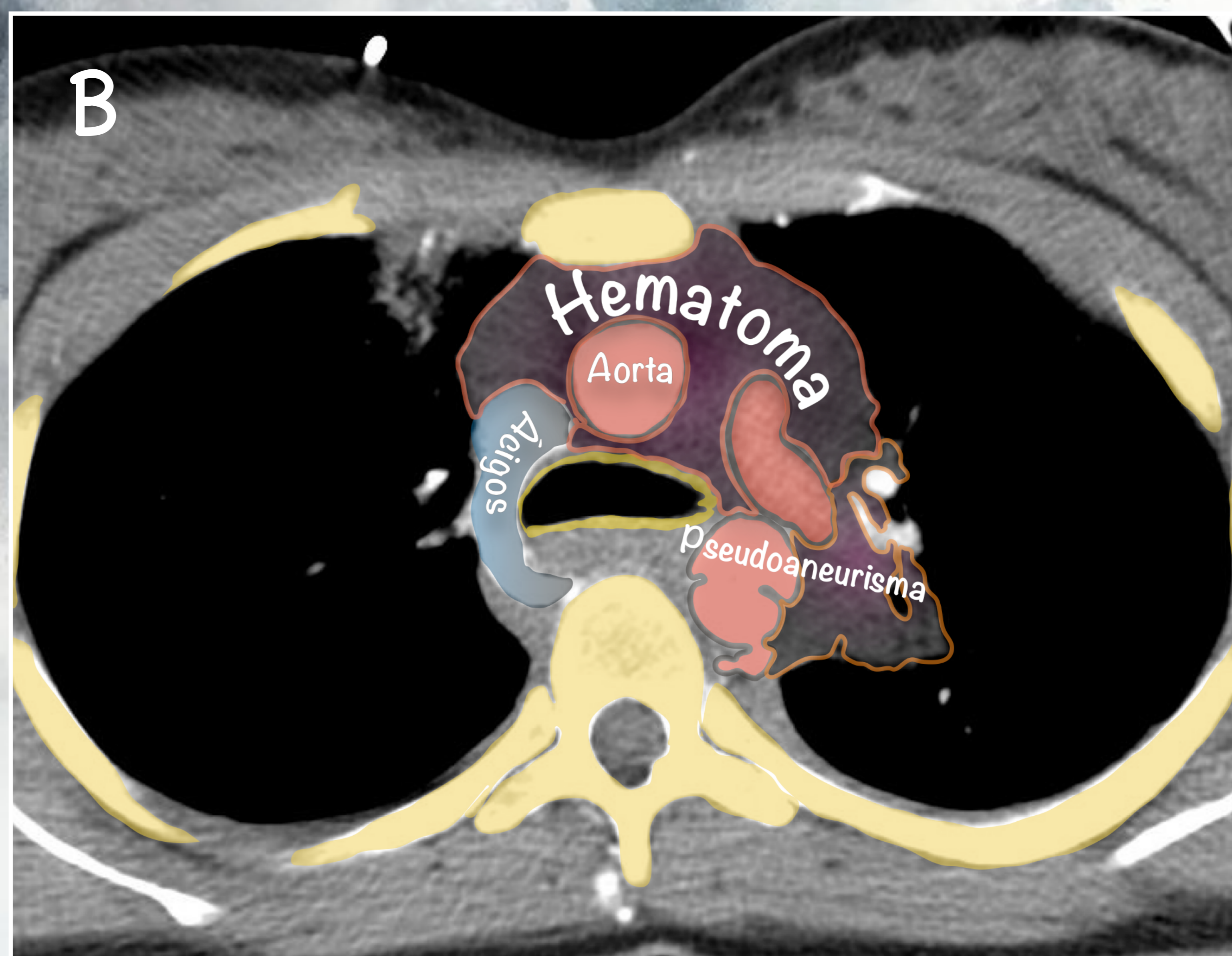
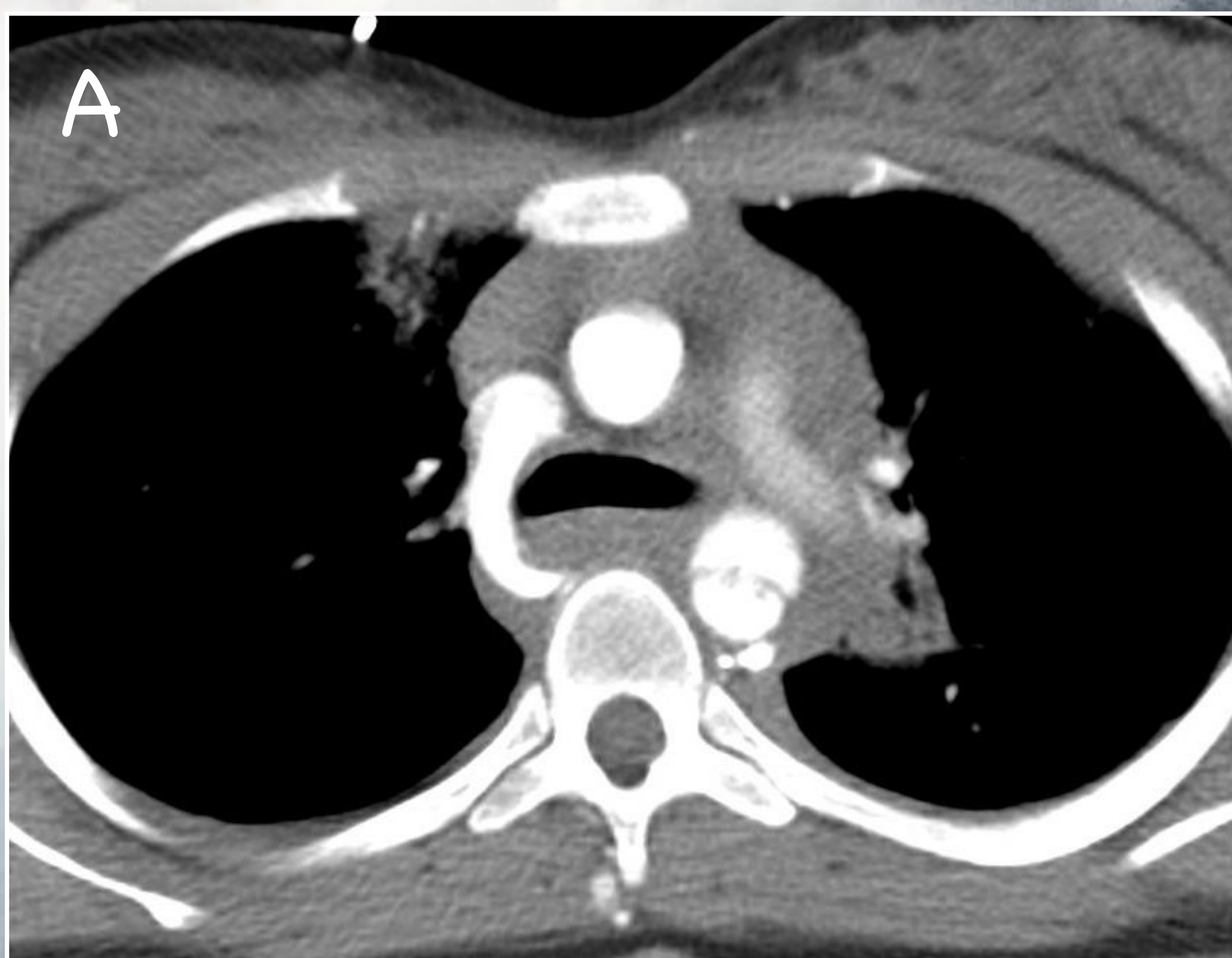
Corte coronal de TC de tórax con contraste (A) y representación esquemática (B), se aprecia un pseudoaneurisma traumático asociado a un hematoma periaórtico.

PSEUDOANEURISMA AÓRTICO

Los hallazgos pueden ser la hemorragia mediastínica, periaortica, el pseudoaneurisma, los cambios del contorno aórtico, colgajo íntimo o extravasación de contraste.



Corte axial de TC de tórax con contraste (A) y representación de esquemática (B), se aprecia un pseudoaneurisma traumático, hematoma mediastínico y periaórtico.



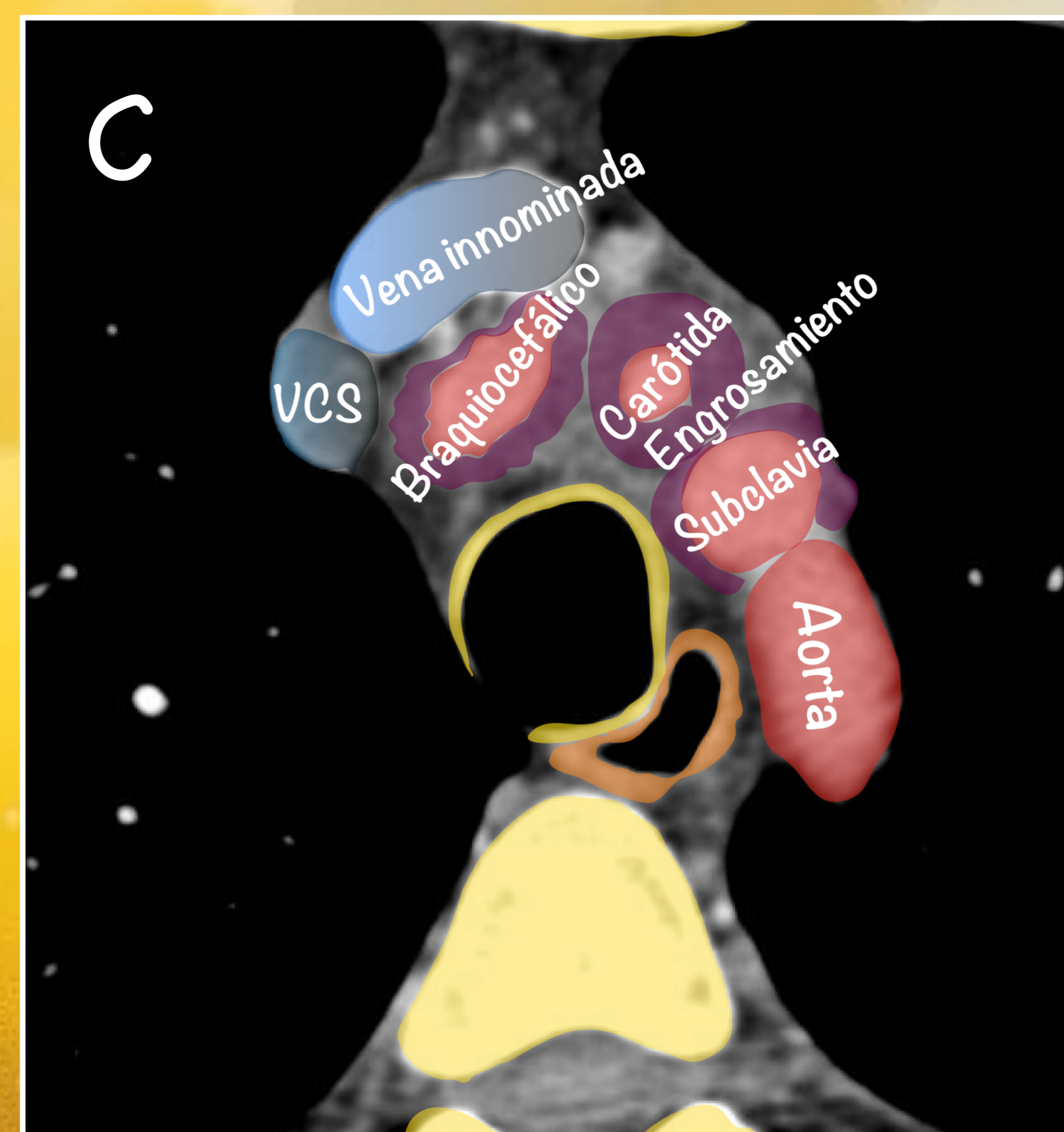
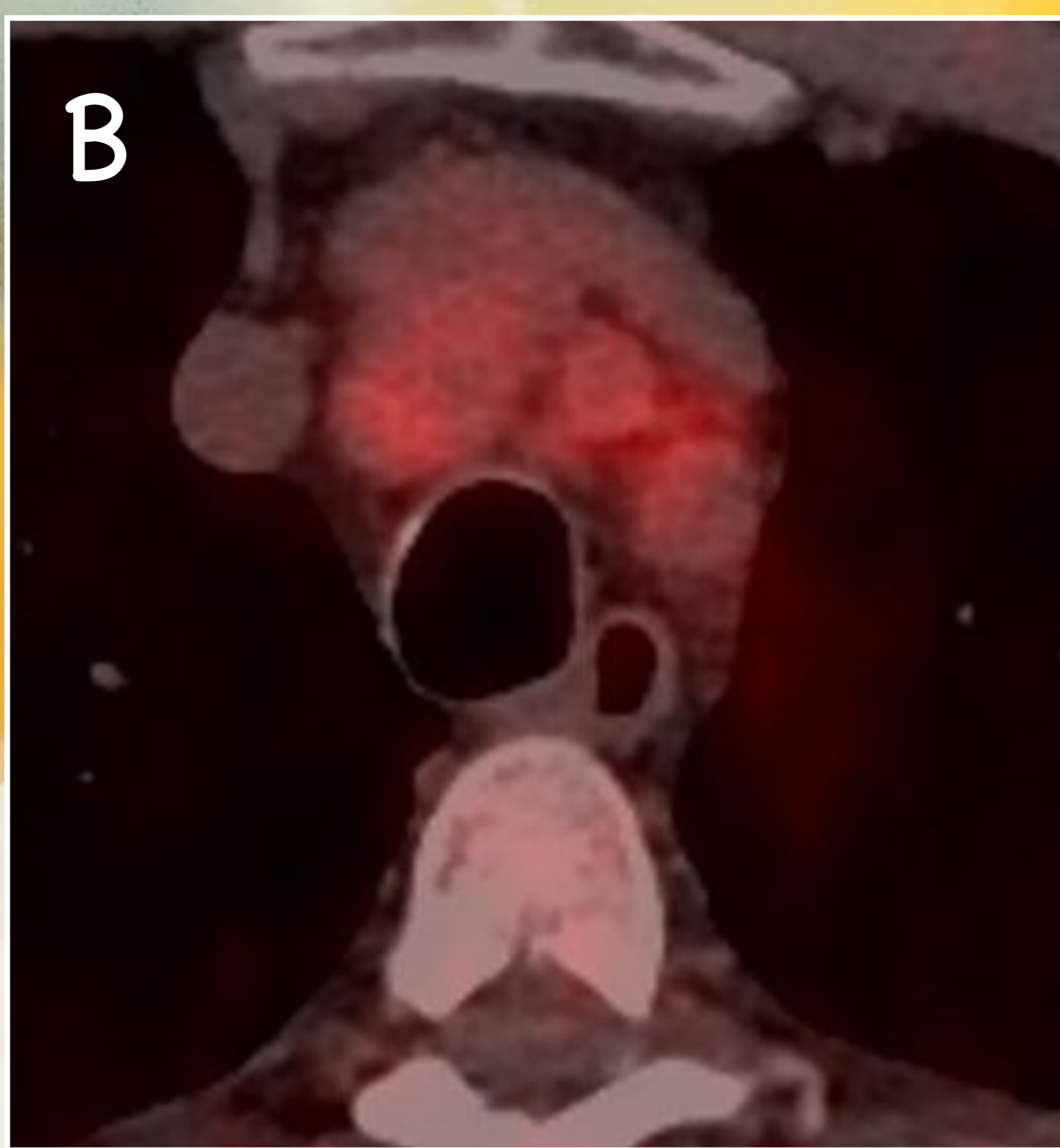
Corte axial de TC de tórax con contraste (A) y representación de esquemática (B), se aprecia un pseudoaneurisma aórtico traumático y hematoma periaórtico.

En el politrauma es aconsejable incluir en el estudio los troncos supra-aórticos completos hasta la base de cráneo.

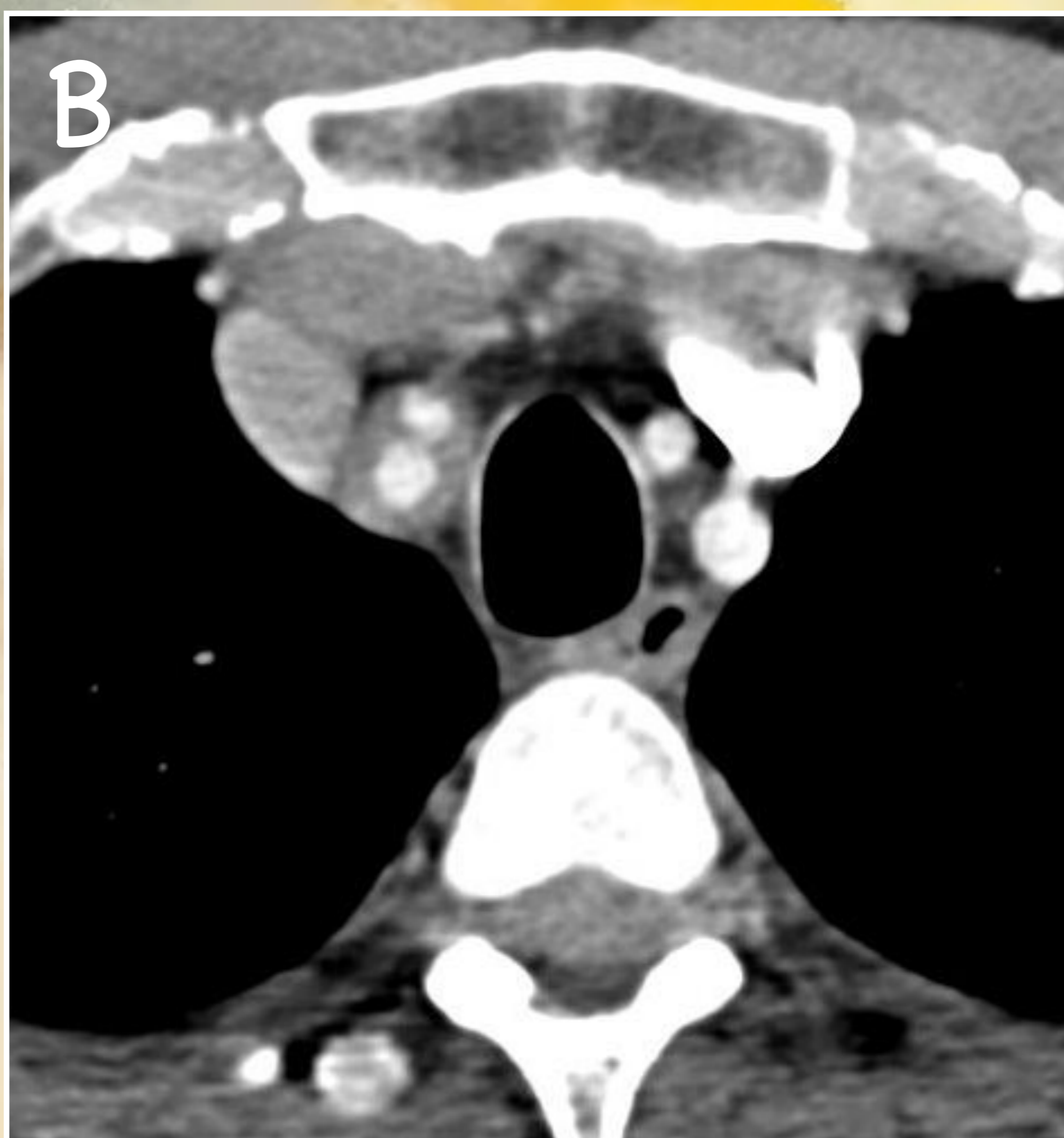
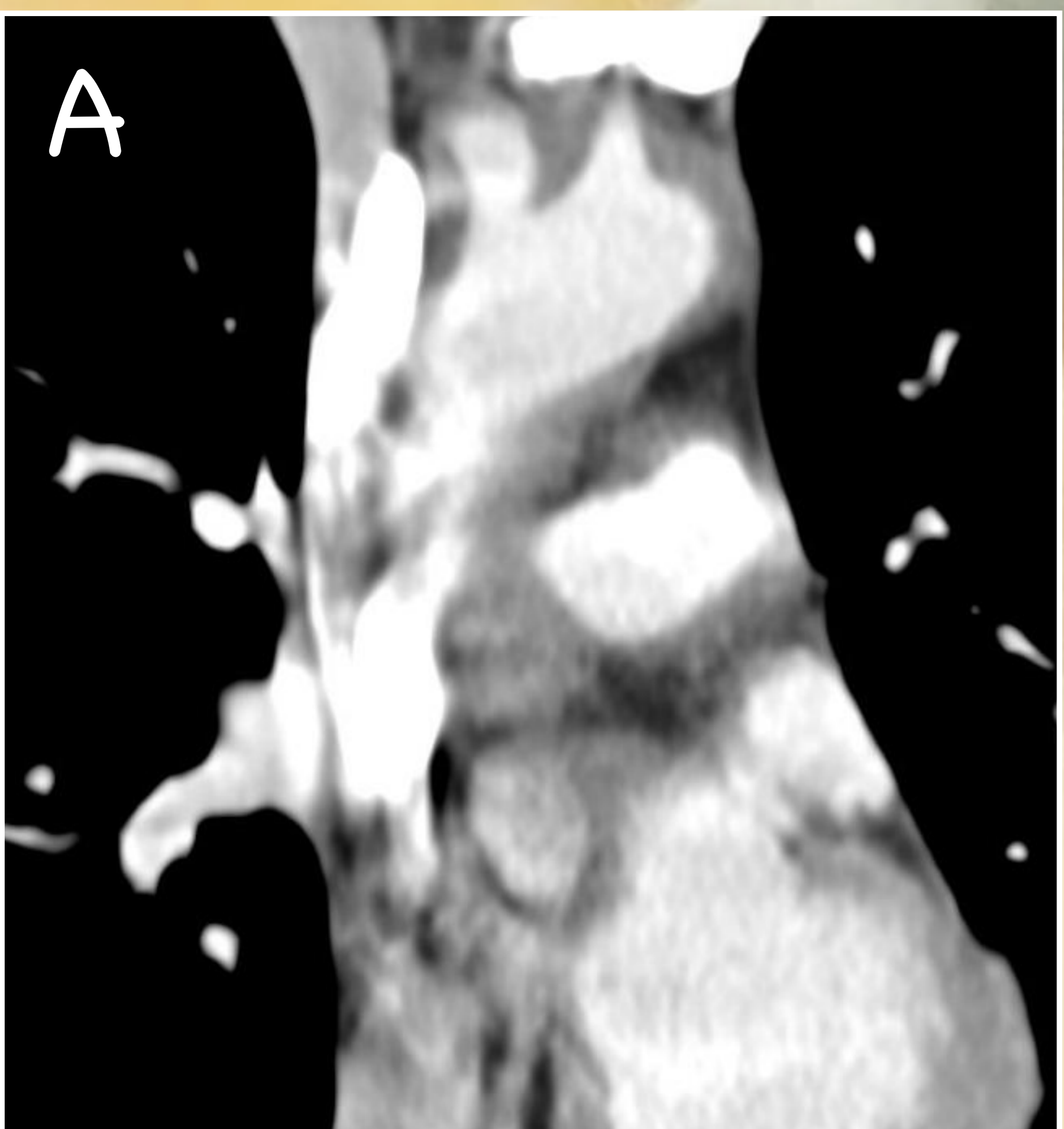
VASCULITIS

ARTERITIS DE TAKAYASU

Es una vasculitis granulomatosa de grandes vasos afectando predominantemente a la aorta y sus ramas principales. También puede afectar las arterias pulmonares. Predominio femenino 9 a 1, más frecuente en jóvenes <50 años.



Corte axial de TC de tórax con contraste (A) con engrosamiento mural de los vasos supraaórticos y su correlación con un corte de PET-TC (B) y representación esquemática (C) de estos hallazgos.

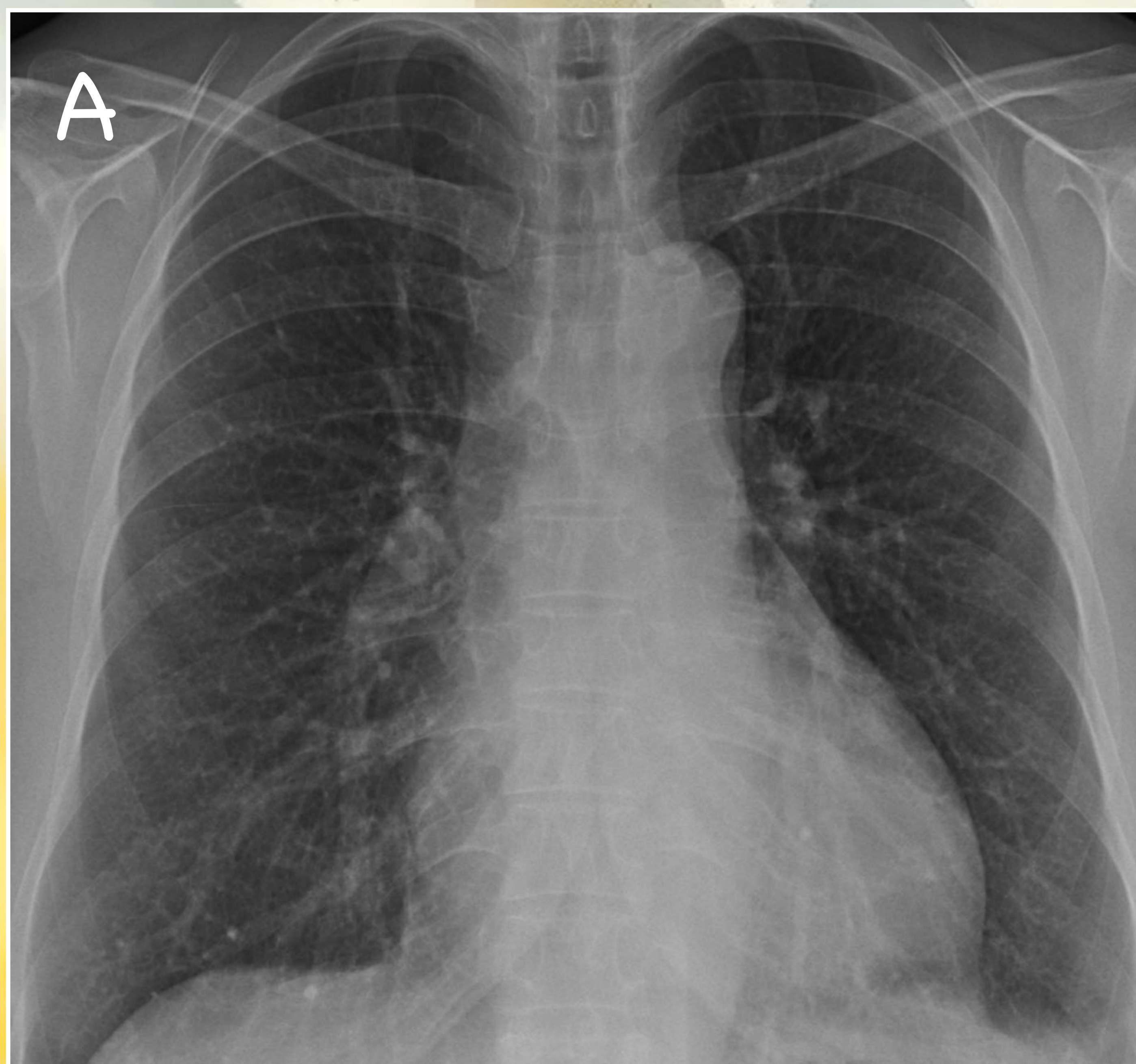


Corte coronal de TC de tórax con contraste (A), corte axial (B) con engrosamiento mural de la aorta y de los vasos supraaórticos y su correlación con la PET-TC (C).

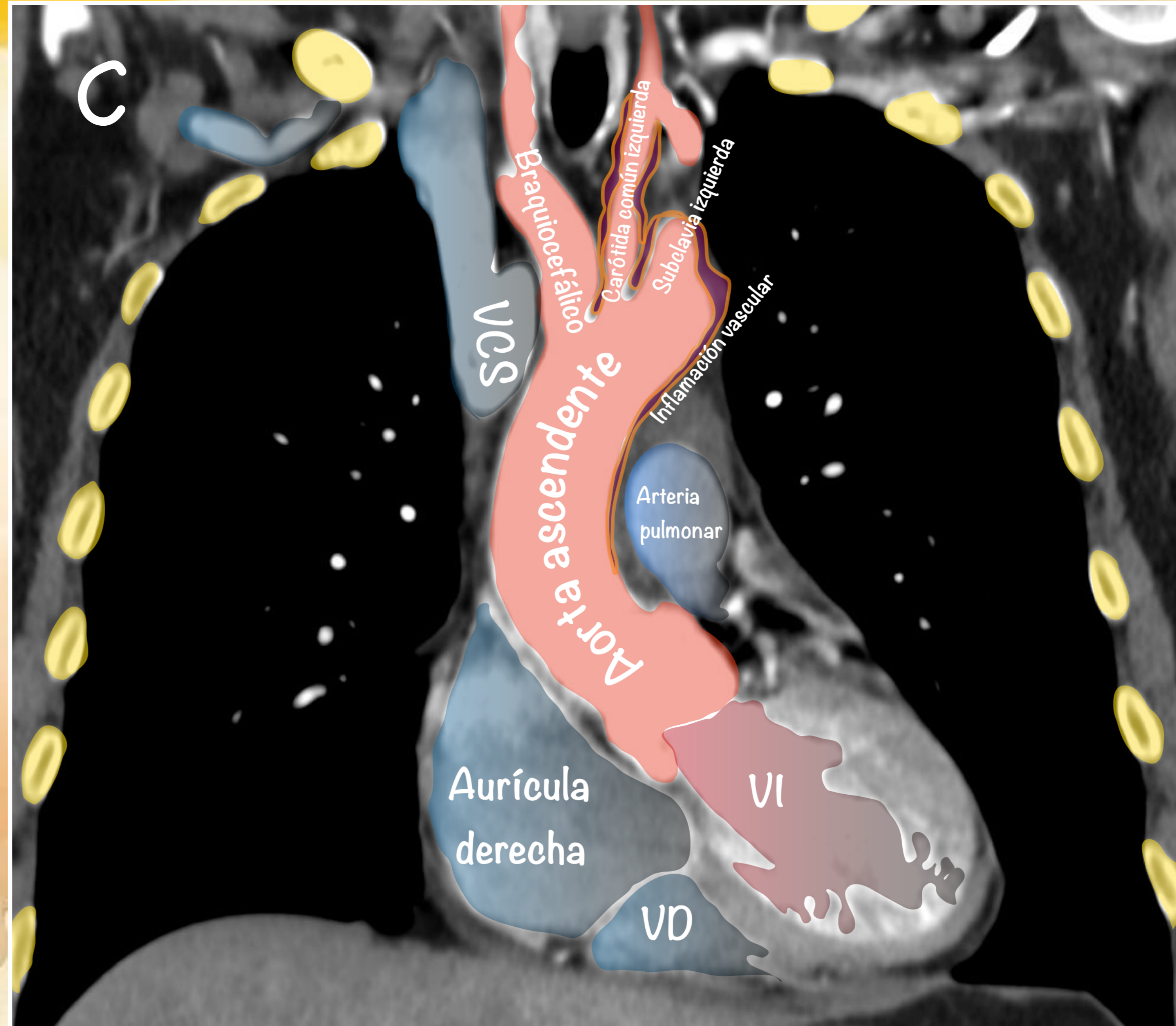
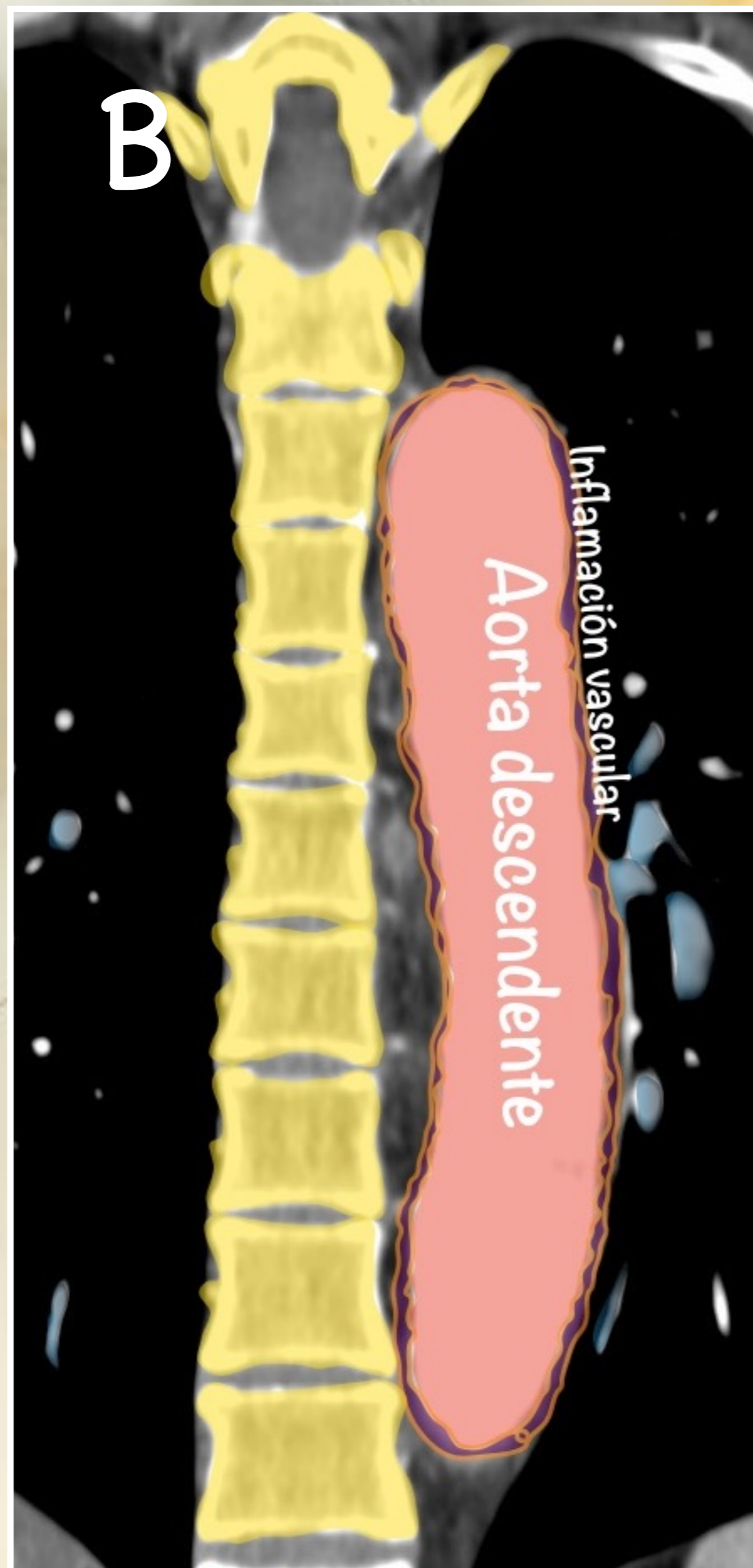
La PET-TC es más sensible que la TC, tanto en el diagnóstico como en el seguimiento del paciente.

ARTERITIS DE CÉLULAS GIGANTES

Es una vasculitis granulomatosa que afecta a arterias de tamaño mediano a grande. También se la conoce como arteritis temporal o arteritis craneal, dada su propensión a afectar a las ramas extracraneales de la arteria carótida externa como la arteria temporal superficial. Afecta a personas mayores de 50 años.



Rx de tórax (A) normal y TC de tórax con contraste (B) engrosamiento mural de las paredes del arco aórtico y los vasos principales

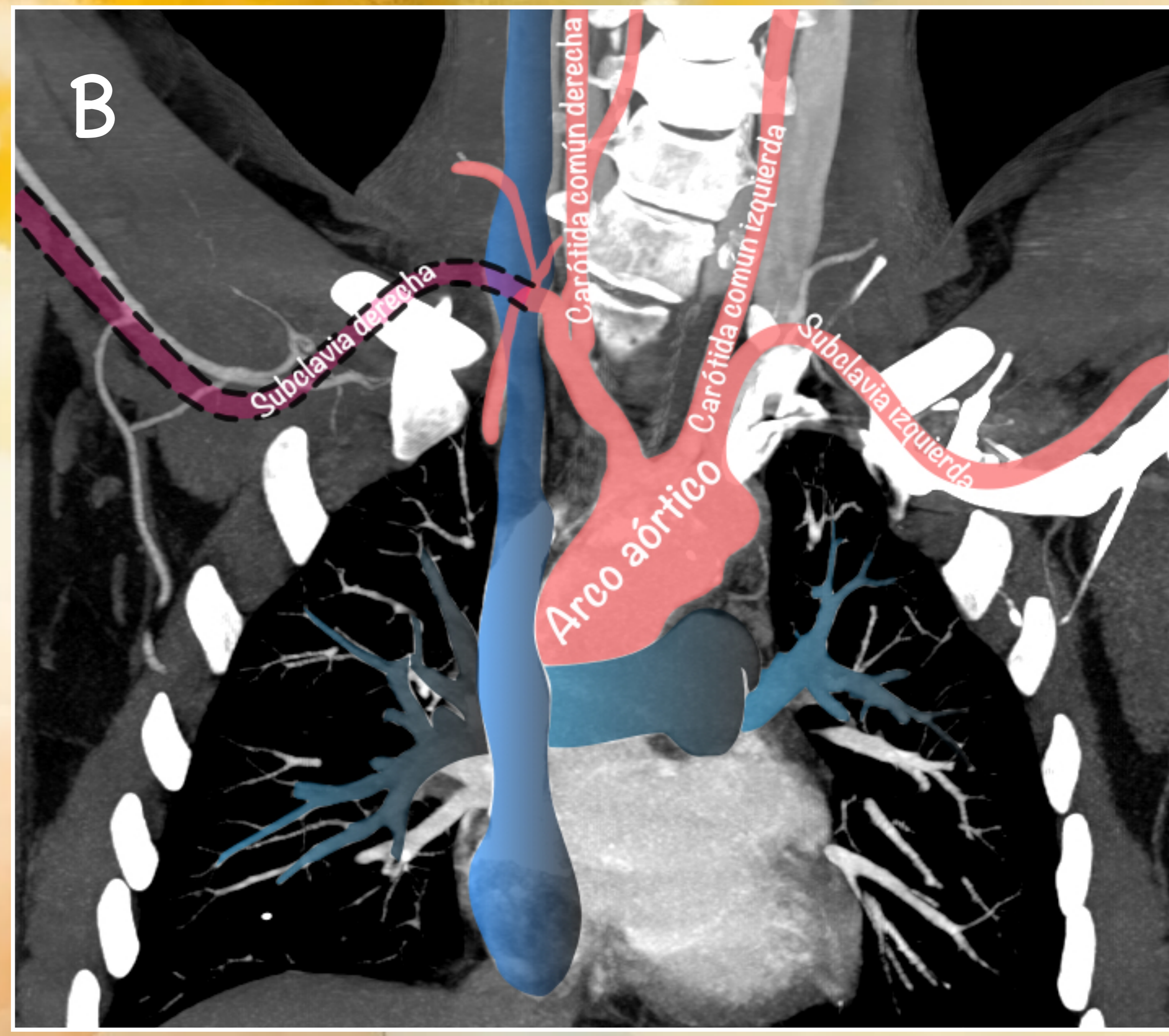
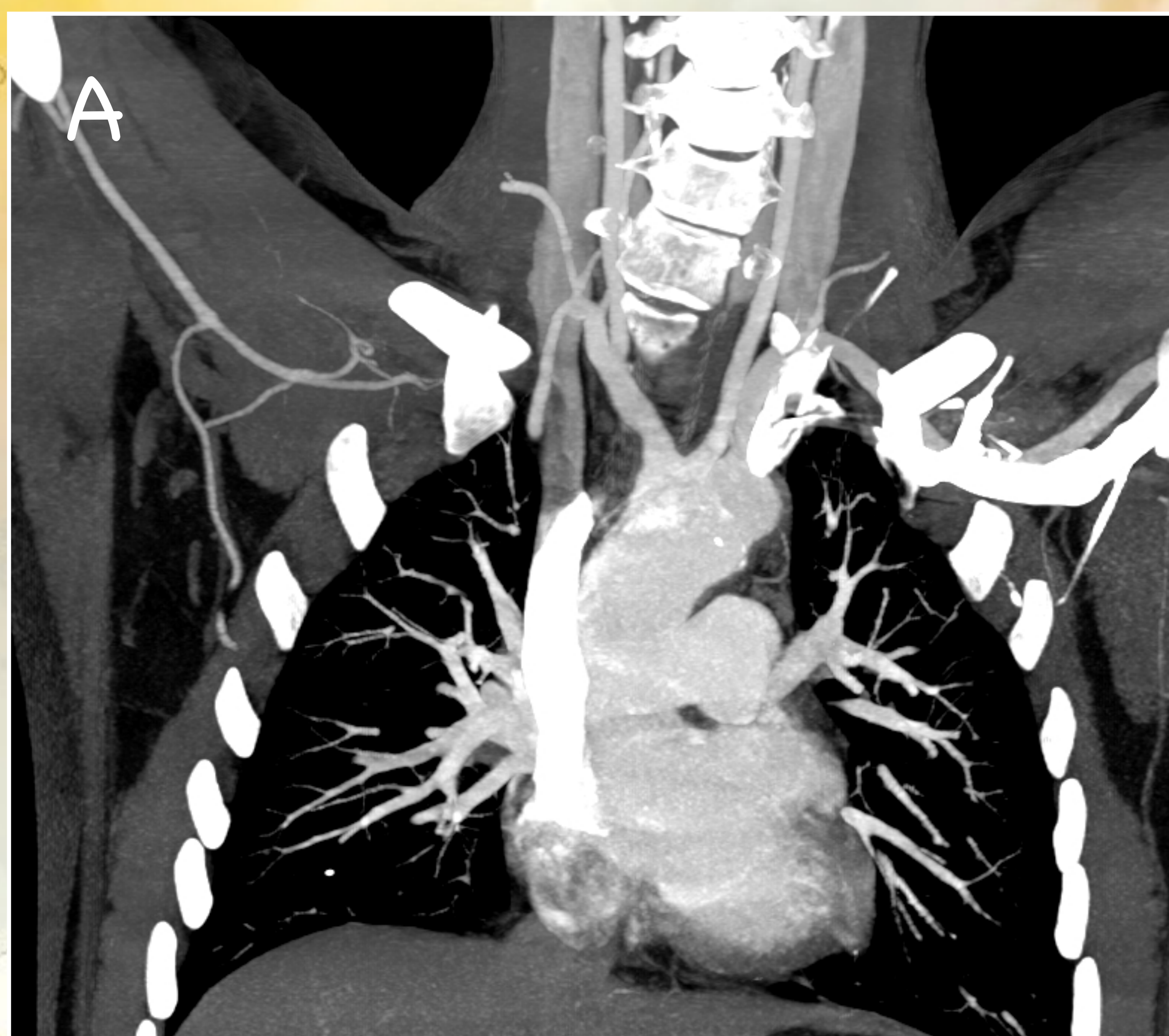


Corte coronal de TC de tórax con contraste (A), representación esquemática (B) y (C) engrosamiento mural circunferencial de la aorta descendente

TROMBOSIS DE LA ARTERIA SUBCLAVIA



Corte axial de TC de tórax con contraste (A) con engrosamiento mural de los vasos supraaórticos en un paciente con arteritis de Takayasu y (B) defecto de repleción en el origen de la a. subclavia derecha.

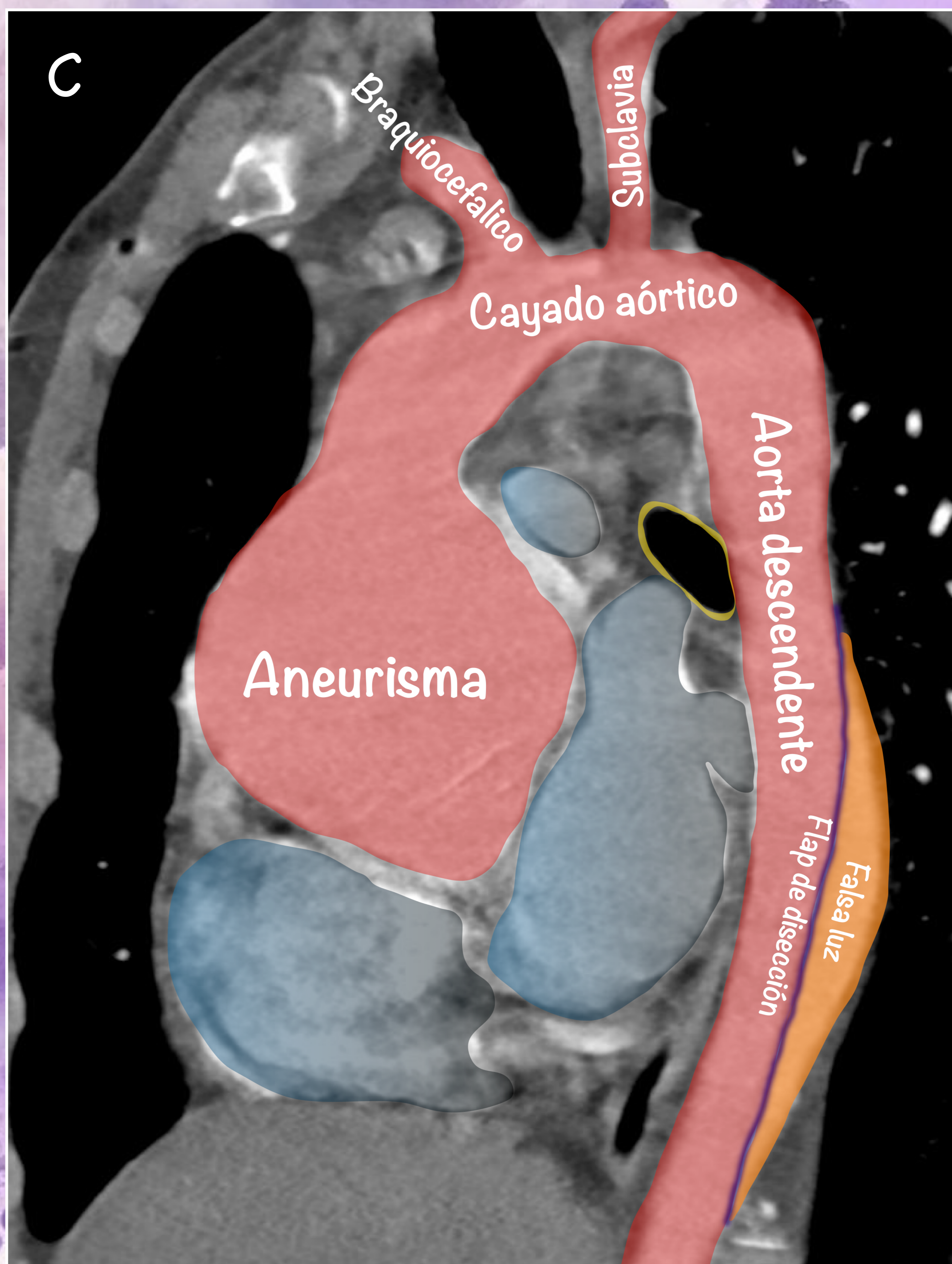
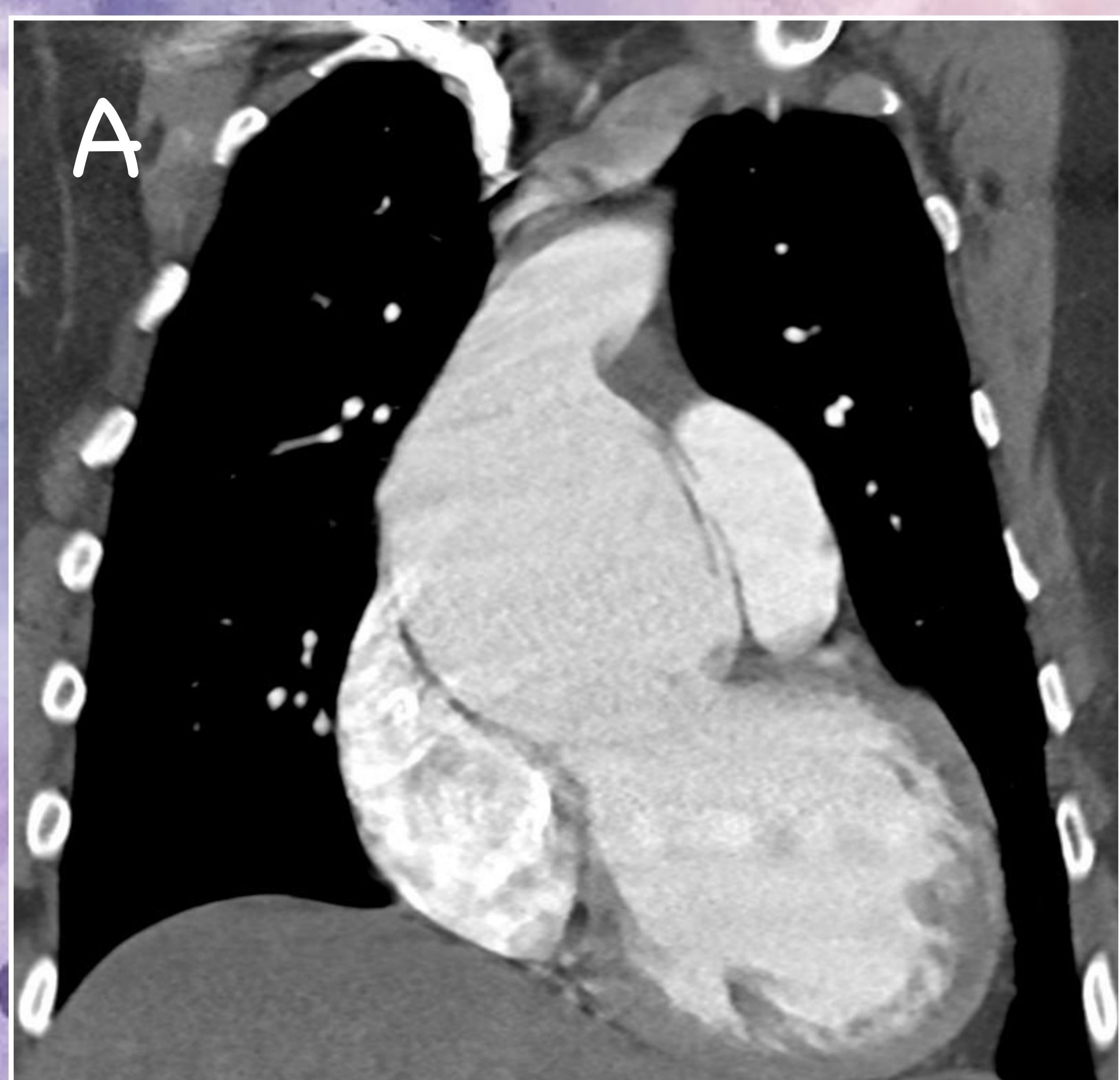


Corte coronal de TC de tórax con contraste con reconstrucción MIP (A), donde se aprecia obliteración completa de la arteria subclavia derecha en un paciente diagnosticado de vasculitis de Takayasu y representación esquemática (B).

TRANSTORNOS DEL TEJIDO CONECTIVO

SÍNDROME DE MARFAN

Es una enfermedad multisistémica del tejido conectivo causada por un defecto en la proteína fibrilina 1, codificada por el gen FBN1. La complicación más temida de la enfermedad es la afectación cardiovascular con dilatación y disección de la raíz aórtica.



Corte coronal de TC de tórax con contraste (A) donde se observa aneurisma de aorta ascendente y dilatación del ventrículo izquierdo por insuficiencia valvular aórtica, corte coronal (B) con disección de la aorta descendente y representación esquemática (C)

TRANSTORNOS DEL TEJIDO CONECTIVO

SÍNDROME DE EHLERS-DANLOS

Comprende un grupo heterogéneo de trastornos del colágeno (enfermedad hereditaria del tejido conectivo). Se manifiesta clínicamente con:

- * Hiperelasticidad y fragilidad de la piel
- * Hiper movilidad articular
- * Fragilidad de los vasos sanguíneos con diátesis hemorrágica
- * Mala cicatrización del tejido con cicatrización retardada con cicatrices similares al papel de seda

SÍNDROME DE LOEYS-DIETZ

Trastorno del tejido conectivo autosómico dominante que tiene muchas características similares al síndrome de Marfan.

La tríada clásica del síndrome de Loeys-Dietz se describe como:

- * Tortuosidad arterial y aneurismas.
- * Hipertelorismo
- * Úvula bífida o paladar hendido

SÍNDROME DE TORTUOSIDAD ARTERIAL

Es una enfermedad autosómica recesiva del tejido conectivo muy poco frecuente. Es similar al síndrome de Ehlers-Danlos (EDS) , siendo el principal diferenciador la naturaleza tortuosa general de las arterias más grandes.

CONCLUSIONES

El conocimiento de las enfermedades de la aorta puede tener implicaciones importantes para el pronóstico y el manejo, incluidas las intervenciones quirúrgicas y percutáneas.

REFERENCIAS

1. Alexander S, Rubin G. Imágenes de la aorta torácica: anatomía, consideraciones técnicas y traumatismos. Semin Roentgenol. Enero de 2009;44(1):8-15. doi: 10.1053/j.ro.2008.10.007.
2. Hanneman K, Newman B, Chan F. Congenital Variants and Anomalies of the Aortic Arch. Radiographics. 2017 Jan-Feb;37(1):32-51. doi: 10.1148/rg.2017160033. Epub 2016 Nov 18.
3. Jones C, Verde F, Johnson P, Fishman EK. Anomalías no traumáticas de la arteria subclavia: espectro de hallazgos de la TCMD. AJR Am J Roentgenol. Agosto de 2016;207(2):434-41. doi: 10.2214/AJR.15.15685. Publicación electrónica del 17 de mayo de 2016.