

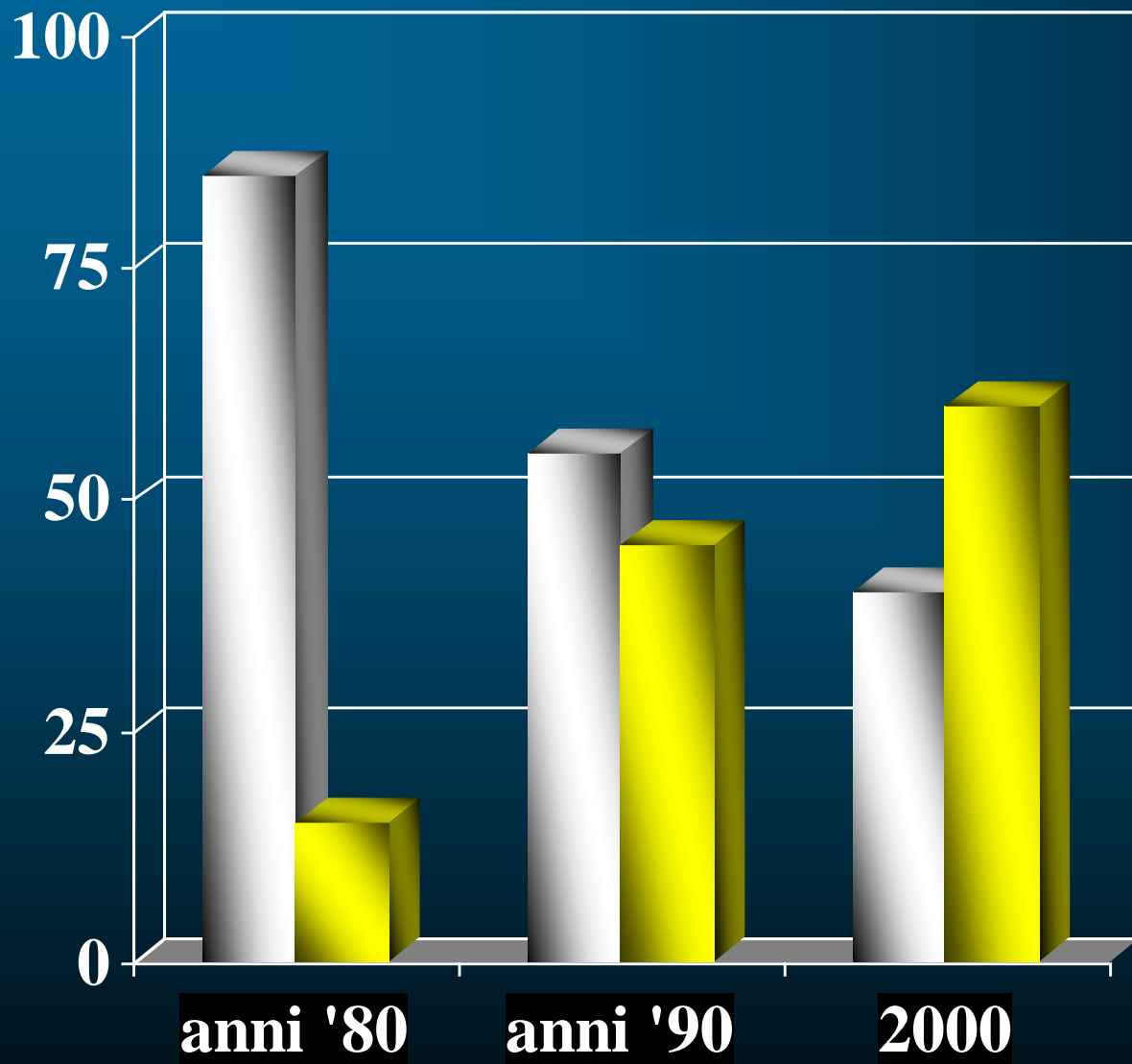
*Cardiac Catheterization
in
Congenital Heart Disease*

*Giuseppe Santoro, MD
Paediatric Cardiology and G.U.C.H. Unit
II University of Naples - ITALY*

Introduzione

Il cateterismo cardiaco in età pediatrica costituisce una metodica invasiva con finalità diagnostiche e terapeutiche la cui indicazione è andata profondamente modificandosi nel corso degli anni a seguito dell'avvento delle tecniche diagnostiche non invasive (ecocardiografia, CT, MRI, ecc.).

Infatti, mentre negli anni '80 la totalità dei pazienti pediatrici con cardiopatia congenita veniva sottoposta a cateterismo cardiaco (nel 90% dei casi con finalità diagnostica), oggi questo esame viene eseguito in circa la metà dei pazienti ed è nel 40-50% dei casi di tipo interventistico



■ Diagnostica
■ Interventistica



Indicazione al cateterismo cardiaco

- Valutazione emodinamico-angiografica di cardiopatie complesse da sottoporre a chirurgia correttiva/palliativa
- Chiarimento di quadri anatomo-funzionali dubbi all'esame ecocardiografico
- Valutazione anatomica di malformazioni vascolari periferiche (fistole AV, angiomi, stenosi, ecc.)
- Trattamento interventistico di difetti cardiaci congeniti o di aritmie

Caratteristiche del paziente

- Età >1 mese (se non indispensabile)
- Buona funzionalità epatica, renale, tiroidea
- Normale stato di idratazione
- Assenza di patologia con iperosmolarità/acidosi
- Aormale stato coagulativo/emostatico

Valutazione pre-cateterismo

- Anamnesi familiare
- Anamnesi patologica pre- e post-natale
- Esame clinico completo
- Esami ematochimici
- Esami cardiologici non invasivi

Durata della procedura

- 60-240 min. (CHB, 1984)
- 25% per la preparazione e l'accesso vascolare
- 50% per la procedura
- 25% per l'emostasi e la medicazione

Tappe del cateterismo cardiaco

- Preparazione del paziente (assistenza infermieristica ed anestesiologicala)
- Accesso vascolare
- Valutazione emodinamico/angiografica
- Valutazione elettrofisiologica
- Procedura interventistica (eventuale)

Assistenza anestesiológica

- Pre-anestesia
- Inserimento di VVP
- Infusione di anestetici/miorilassanti
- Intubazione endo-tracheale o sedazione
- Ventilazione meccanica
- Stabilizzazione emogasanalitica ed emodinamica

Accesso vascolare (percutaneo o chirurgico)

➤ Venoso

- vena femorale
- vena giugulare int.
- vena succlavia
- vena ascellare
- vena ombelicale

➤ Arterioso

- art. femorale
- art. carotide
- art. ascellare
- art. brachiale
- art. ombelicale



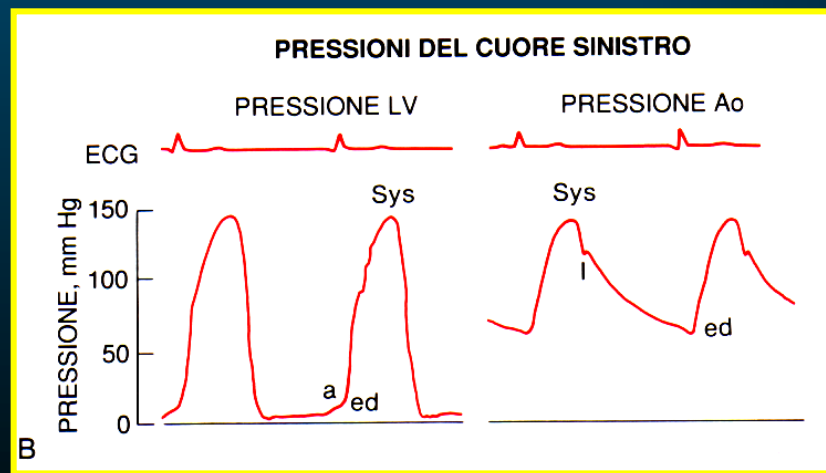
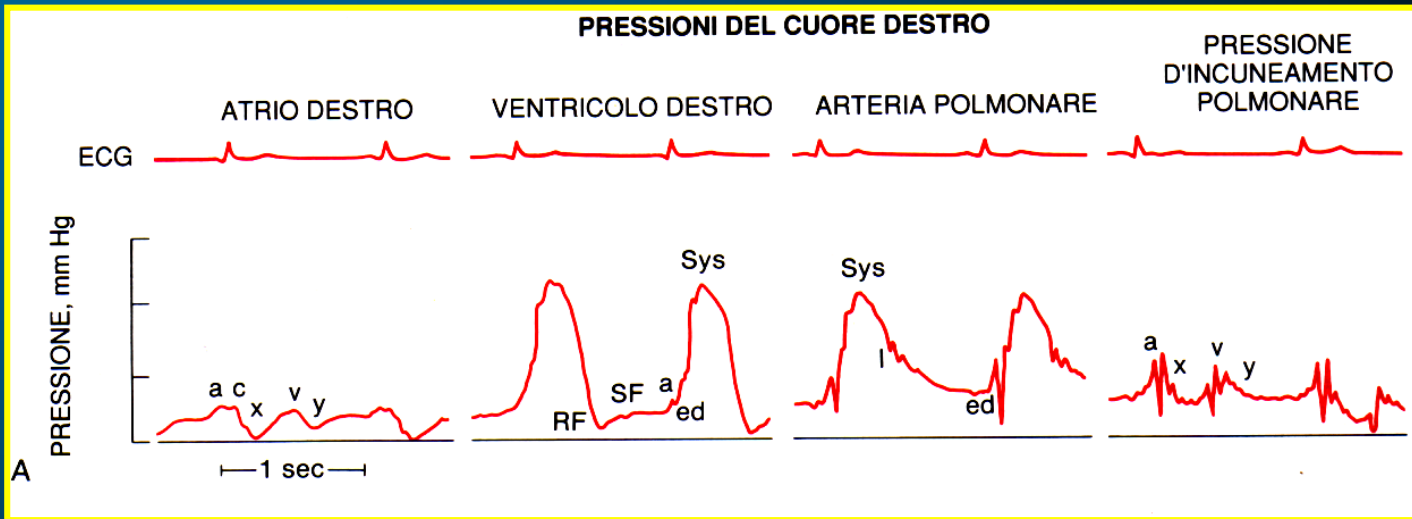
Cateterismo Cardiaco Diagnostico

- **Valutazione emodinamica**
- **Valutazione angiografica**

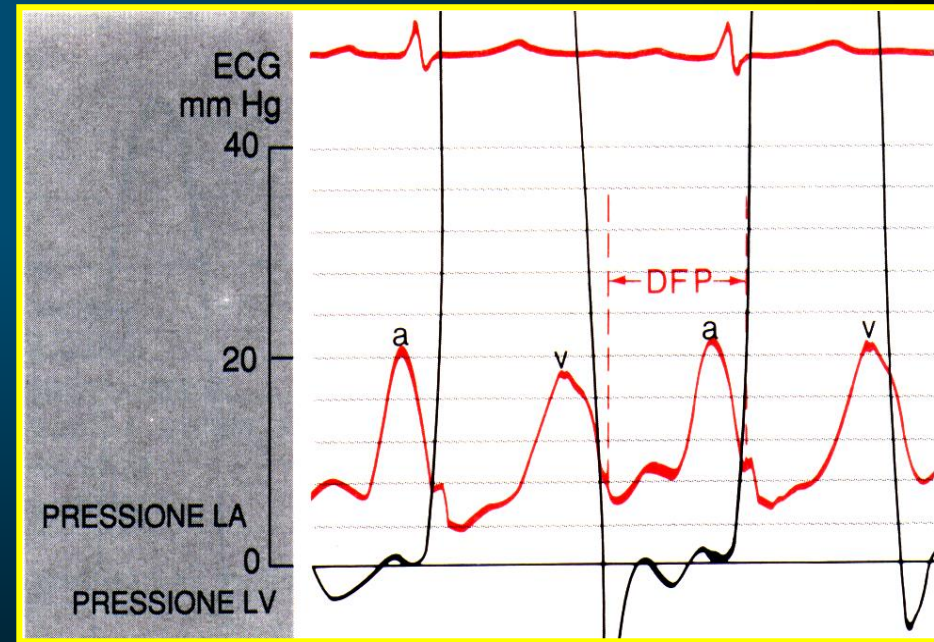
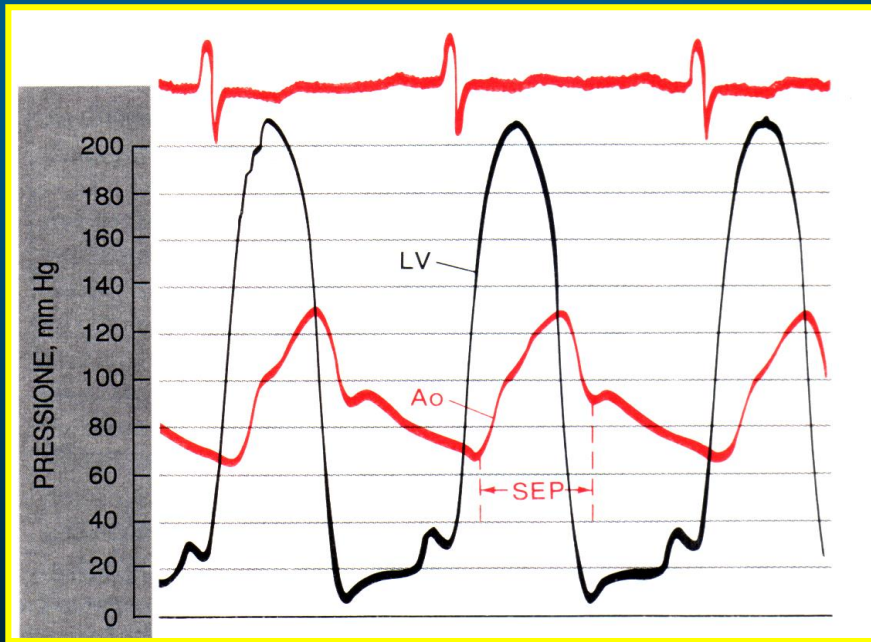
Valutazione emodinamica

- Pressioni nelle camere cardiache/grandi vasi
- Gradienti transvalvolari/transvascolari
- Calcolo della portata cardiaca sistemica e polmonare (metodo di Fick o termodiluizione)
- Valutazione della sede ed entità di uno shunt (Q_p/Q_s)
- Calcolo dell'area valvolare

Curve Pressorie



Gradienti di pressione



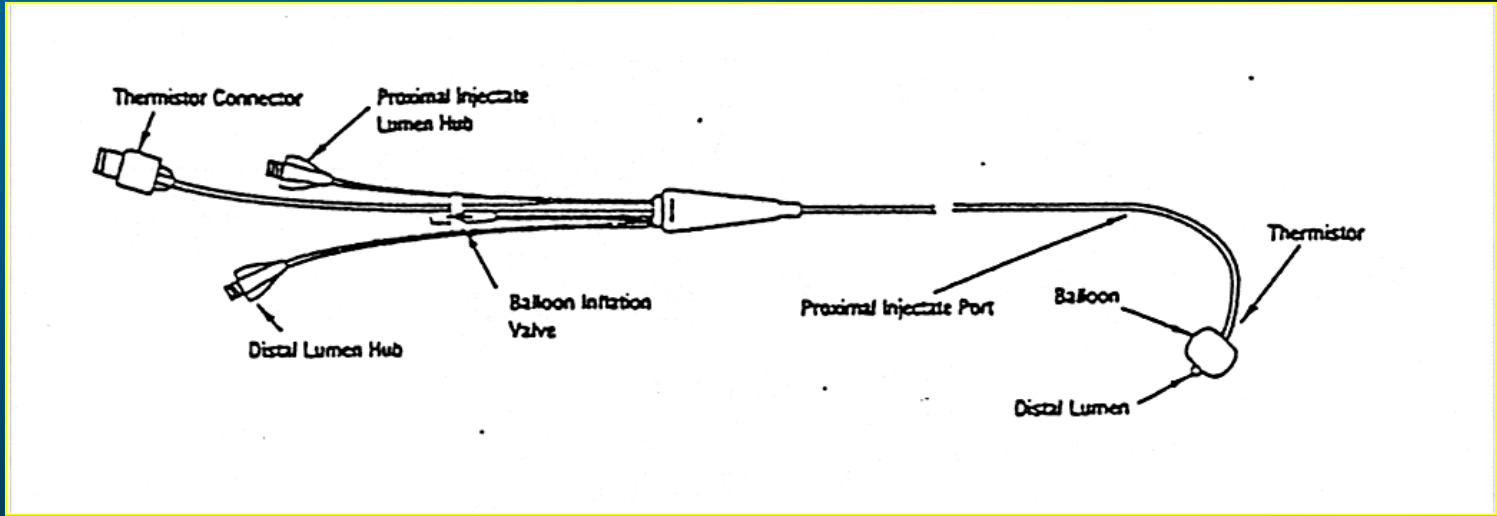
Portata Cardiaca

Quantità di sangue espulsa dal ventricolo per unità di tempo, generalmente l/min.

**Indice cardiaco (l/min/m²) = portata cardiaca
superficie corporea**

Tecniche di misurazione

- Metodo ossimetrico di Fick
- Metodo di diluizione di un indicatore (termodiluizione)
- Metodo angiografico (ventricolografia)



Catetere per termodiluizione

Principio di Fick

La quantità totale di una qualunque sostanza captata o rilasciata da un organo è uguale al prodotto del flusso ematico che perfonde l'organo per la differenza artero-venosa della concentrazione della sostanza stessa.

Nel polmone:

Consumo O_2 = Flusso x differenza artero-venosa O_2

$$\text{Flusso (Qp)} = \frac{\text{Consumo } O_2}{\text{differenza artero-venosa } O_2}$$

CALCOLO DELLA PORTATA CARDIACA

$$\text{Portata} = \frac{\text{Consumo O}_2}{\text{Contenuto O}_2 \text{ VP} - \text{Contenuto O}_2 \text{ AP}}$$

Consumo di O₂ = generalmente teorico (tabelle)

Contenuto di O₂ = Capacità ossiforica (di trasporto di O₂) x Sat. O₂

Capacità ossiforica = Hb (g/100 ml) x 1.36 (ml O₂/g Hb) x 10

ESEMPIO PRATICO

Parametri necessari:

- Consumo di O₂ (tabella o 160 x BSA) = 145 ml/min
- Saturazione arteriosa = 98%
- Saturazione venosa = 74%
- Hb = 12 g/100 ml
- Superficie corporea = 0.8 m²

Capacità ossiforica = 12 x 1.36 x 10 = 163 ml/l

Contenuto di O₂ arterioso = 163 x 98 / 100 = 160 ml/l

Contenuto di O₂ venoso = 163 x 74 / 100 = 121 ml/l

$$\text{Portata} = \frac{145}{160-121} = 3.7 \text{ l/min}$$

$$\text{CI} = \frac{3.7}{0.8} = 4.8 \text{ l/min/m}^2$$

Shunt Intracardiaco

- In condizioni normali $Q_P = Q_S$
- In caso di **Shunt Sin \longrightarrow Dx** :
 $Q_p > Q_s$ in quanto parte del sangue proveniente dal circolo polmonare passa dal cuore sinistro al destro
- In caso di **Shunt Dx \longrightarrow Sin** :
 $Q_p < Q_s$ poiché la quota di sangue che “shunta” si aggiunge a quella proveniente dal circolo polmonare

Shunt Sin \longrightarrow *Dx*

La localizzazione anatomica viene definita misurando la saturazione di ossigeno in varie sedi (valutazione della sede del salto ossimetrico).

Principio fondamentale del metodo ossimetrico è che uno shunt sin-dx determina un aumento della saturazione di O₂ nella camera cardiaca che riceve lo shunt, in maniera proporzionale alla grandezza dello shunt.

***LIVELLO DEL SALTO
OSSIMETRICO***

CAUSE

Atriale destro

**DIA, RVPAP, Fistola
Coronarica in AD**

Ventricolare destro

**DIV, Fistola
Coronarica in VD**

Arteria polmonare

**PDA, Finestra AP,
Fistola Coronarica in AP**

Shunt Dx → Sin

- La sede dello shunt può essere localizzata identificando in quale delle cavità del cuore sinistro inizia a comparire la desaturazione.
- Si eseguono prelievi di sangue in varie sedi:
 - vene polmonari
 - atrio sinistro
 - ventricolo sinistro
 - aorta

CALCOLO DEGLI SHUNT

Shunt $\sin \rightarrow dx = Q_p - Q_s$

Shunt $dx \rightarrow \sin = Q_s - Q_p$

$Q_p/Q_s = 1$ (in assenza di shunt)

$Q_p/Q_s > 1$ (shunt $\sin \rightarrow dx$)

$Q_p/Q_s < 1$ (shunt $dx \rightarrow \sin$)

Portata Polmonare (Qp)

$$Qp = \frac{\text{Consumo } O_2}{\text{Contenuto } O_2 \text{ VP} - \text{Contenuto } O_2 \text{ AP}}$$

Portata sistemica (Qs)

$$Qs = \frac{\text{Consumo } O_2}{\text{Cont. } O_2 \text{ arterioso} - \text{Cont. } O_2 \text{ venoso misto}}$$

$$\frac{Qp}{Qs} = \frac{(\text{Sat. } O_2 \text{ Ao} - \text{Sat. } O_2 \text{ venoso misto})}{(\text{Sat. } O_2 \text{ VP} - \text{Sat. } O_2 \text{ AP})}$$

Calcolo abbreviato del QP/QS

$$\frac{\text{satO2 AO} - \text{SatO2 VCS}}{\text{satO2 VP} - \text{SatO2 AP}}$$

Esempio: SatO2 Ao = 100%

SatO2 VCS = 70%

SatO2 VP = 100%

SatO2 AP = 85%

$$\text{QP/QS} = 30/15 = 2:1$$

Resistenze

Legge di Ohm $\Delta P = I \times R$

$$R. \text{ Vascolari Sistemiche} = \frac{A_{Om} - A_{Dm}}{Q_s} < 20 \text{ U. W.}$$

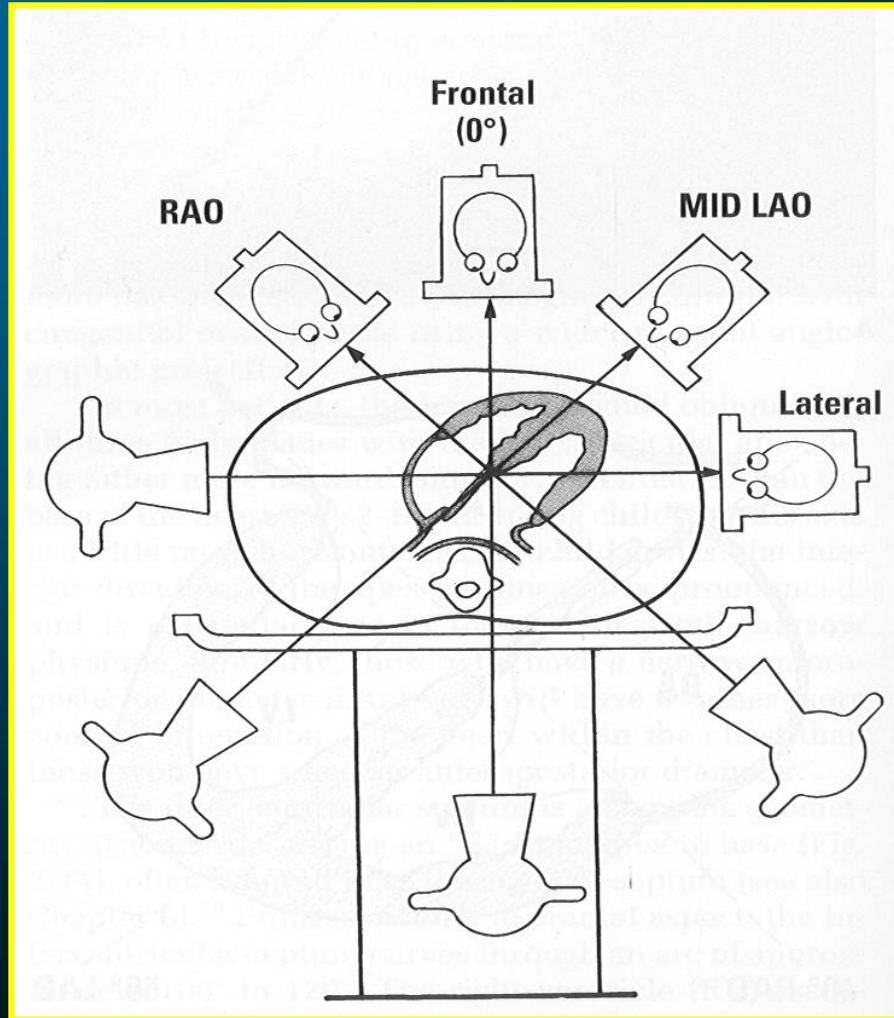
$$R. \text{ Polmonari Arteriolari} = \frac{A_{Pm} - A_{Sm}}{Q_p} < 2 \text{ U. W.}$$

$$\frac{RPA}{RVS} < 0.25$$

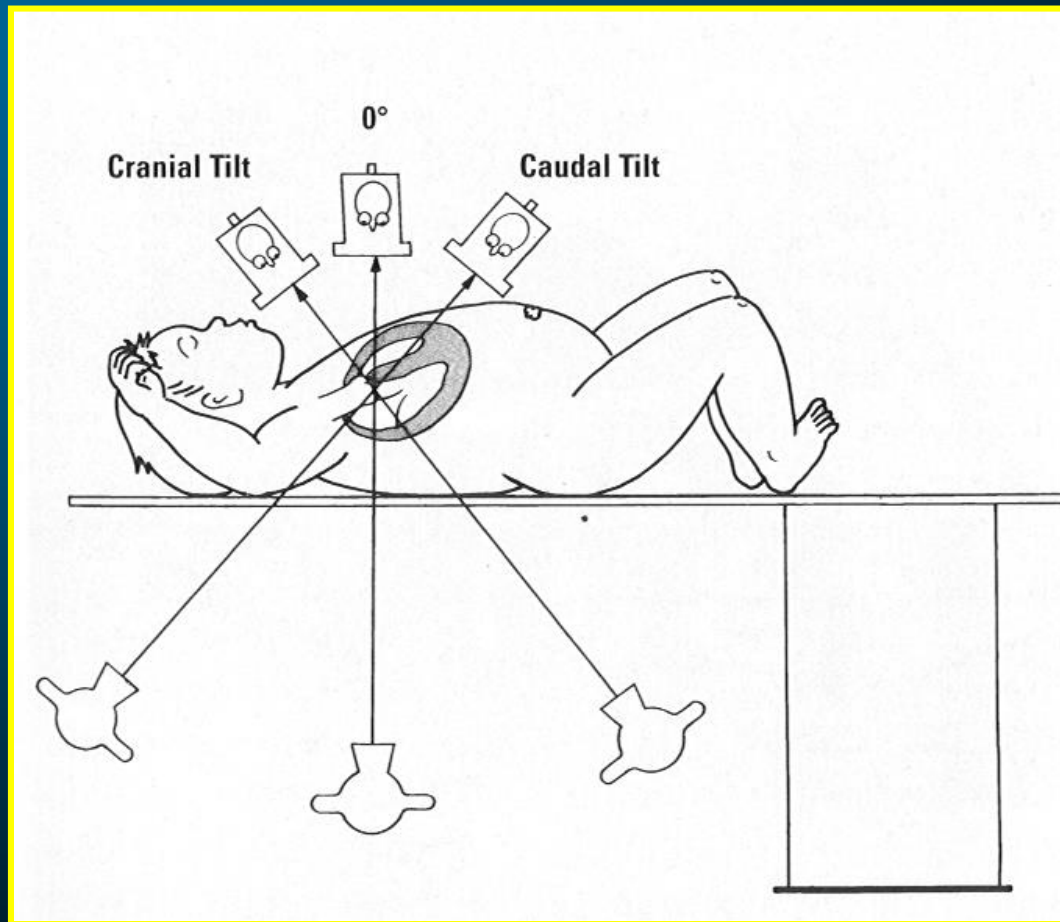
Valutazione angiografica

- Iniezione di m.d.c. nella camera cardiaca o a monte della struttura da visualizzare (1-2 ml/kg per iniezione; dose totale 2-5 ml/kg)
- Velocità di iniezione 0.5-1.5 secondi
- Proiezioni angiografiche specifiche per le sedi/difetti cardiaci da visualizzare

Proiezioni angiografiche I



Proiezioni angiografiche II



Principali proiezioni angiografiche

- Postero-anteriore (PA) 0°
- Laterale(LL) 90°
- Lungoassiale sin (LAO) 60° LAO/30° Cran
- 4-camere 40° LAO/30° Cran
- Lungoassiale dx (RAO) 30° RAO/30° Cran
- "Sitting-up" 0°-15° LAO/20° Cran
- "Laid-back" 20° LAO/20° Caud

Proiezioni angiografiche delle principali strutture cardiache

- *VCS/VCI: PA/laterale*
- *VVPP: PA/4-camere*
- *Setto interatriale: 4-camere*
- *Setto interventricolare:*
 - *posteriore: 4-camere*
 - *apicale: 4-camere/laterale*
 - *perimembranoso: LAO*
 - *sotto-polmonare: RAO*

- *Atri: 4-camere*
- *Ventricolo dx: PA/LL*
- *Ventricolo sx: LAO/RAO*
- *Valvola tricuspide: 4-camere/RAO*
- *Valvola mitrale: 4-camere/RAO*
- *Valvola polmonare: PA/laterale*
- *Valvola aortica: LAO/RAO*

➤ *Aorta:*

- *ascendente: LAO craniale*
- *arco trasverso: LAO*
- *istmo aortico: PA/LAO caudale*
- *aorta toracica: PA/laterale*

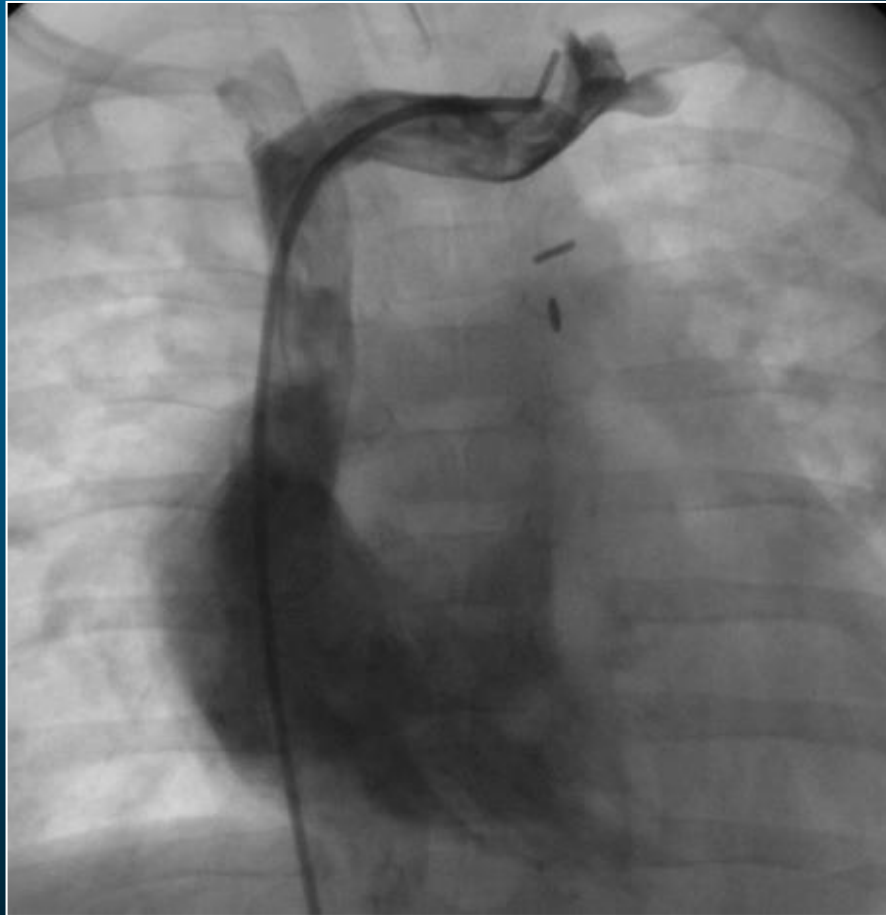
➤ *Arteria polmonare:*

- *tronco: PA craniale/LL*
- *biforcazione: sitting-up/LL caudale*
- *AP dx: RAO craniale*
- *AP sx: LAO craniale*
- *rami periferici: varie (ortognonali)*

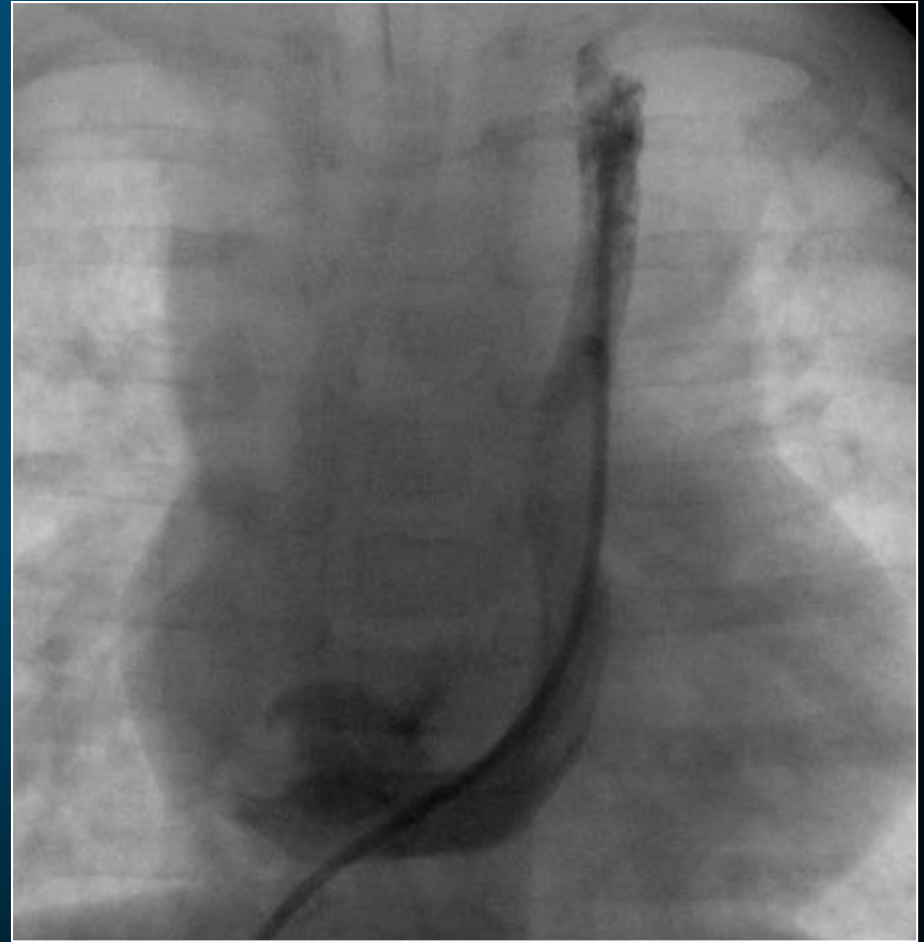
- *Dotto Arterioso: RAO/LAO/LL*
- *Strutture inusuali (CC complesse):*
 - *proiezioni ortogonali multiple (partendo da PA/LL) privilegiando la struttura più importante da profilare (ad es. SIV, camera accessoria, collettori SP, ecc.)*



Quadri Angiografici



Vena Cava Superiore dx



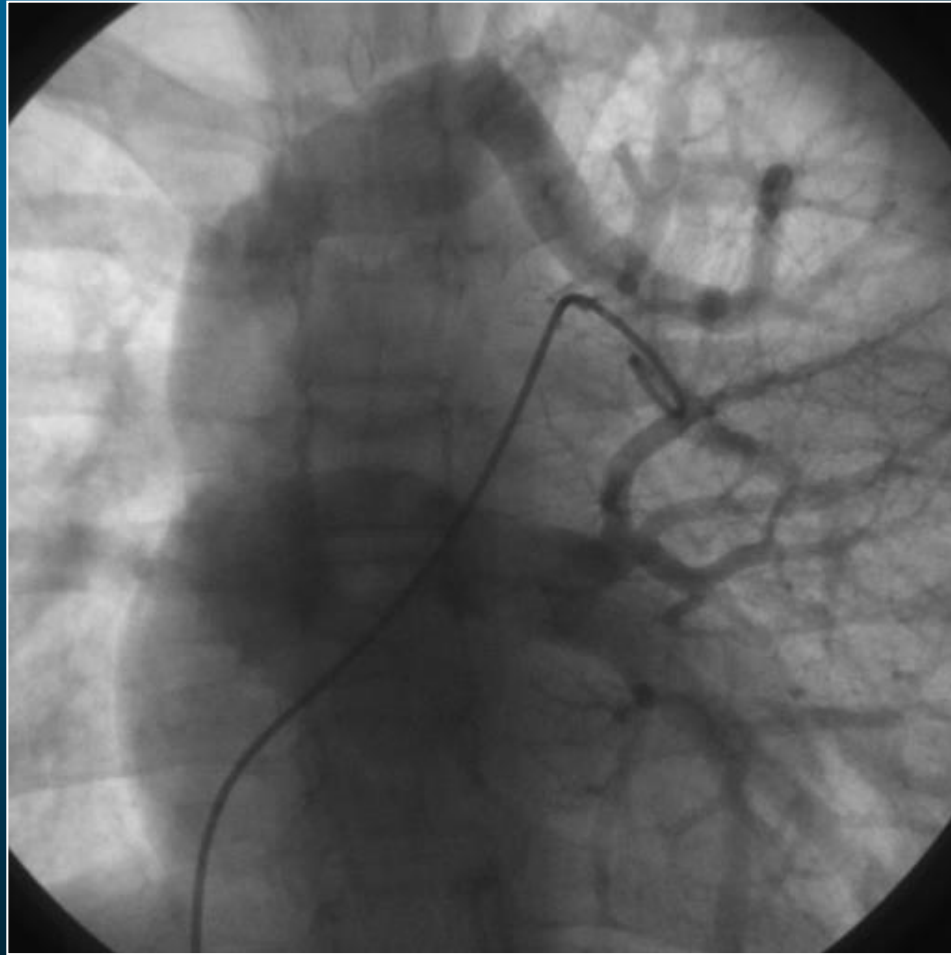
Vena Cava Superiore sx



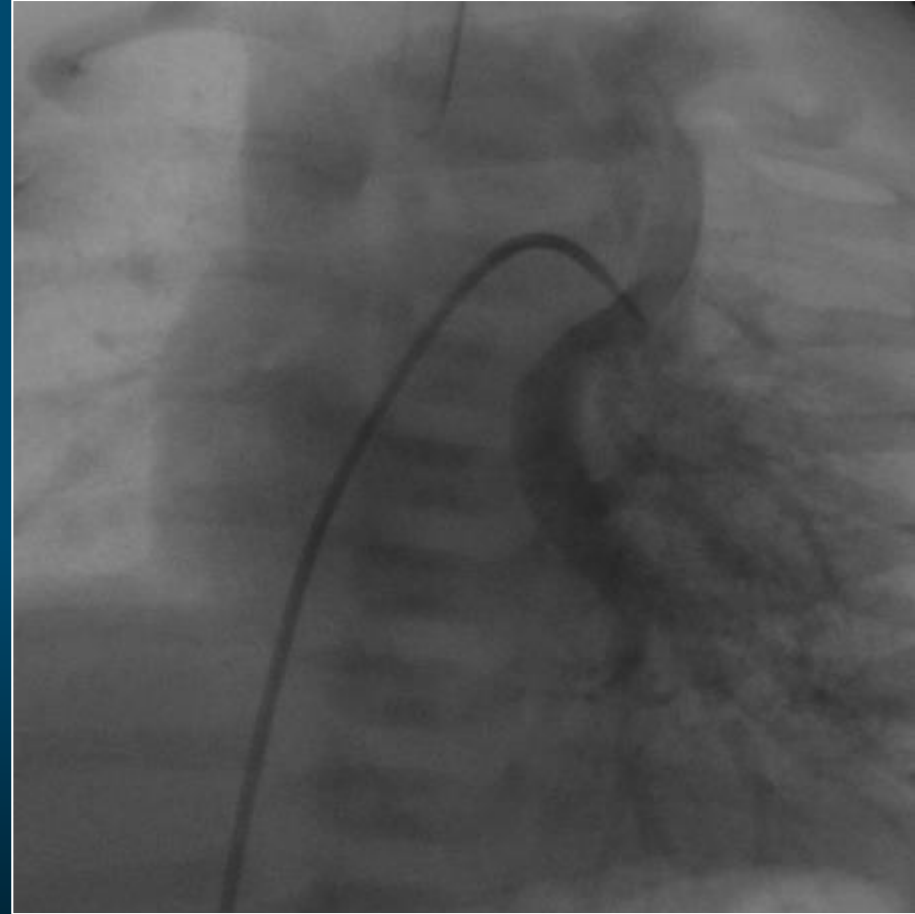
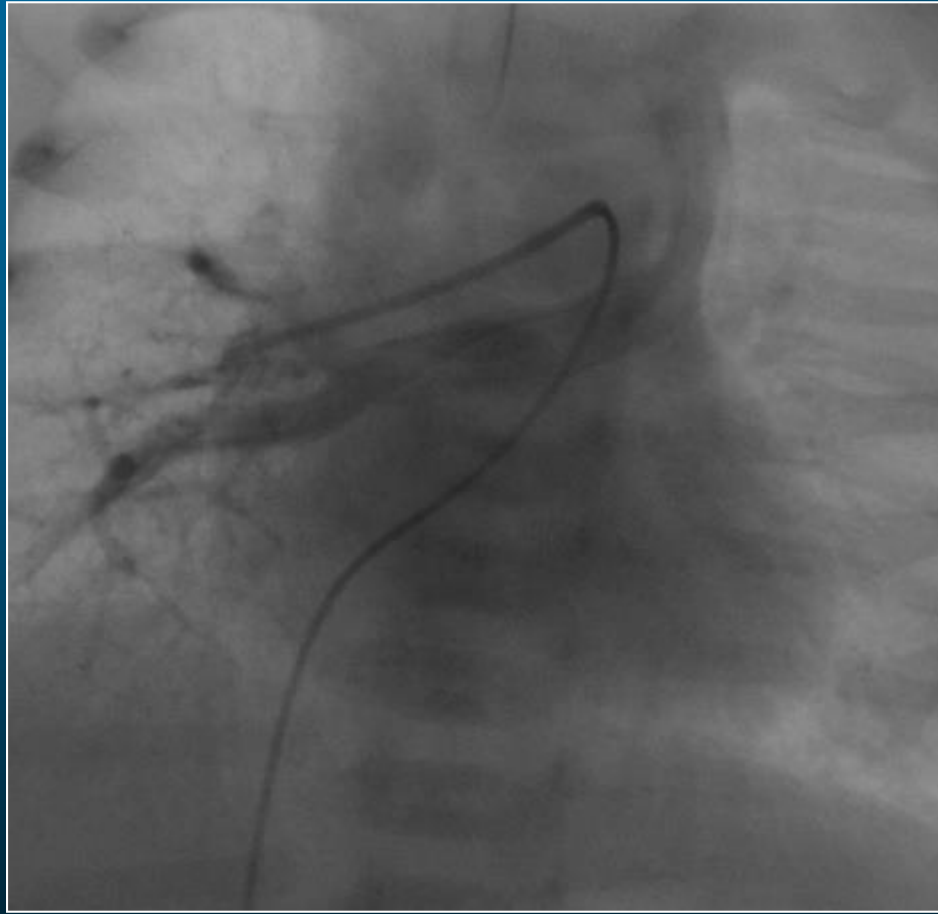
Azygos continuation



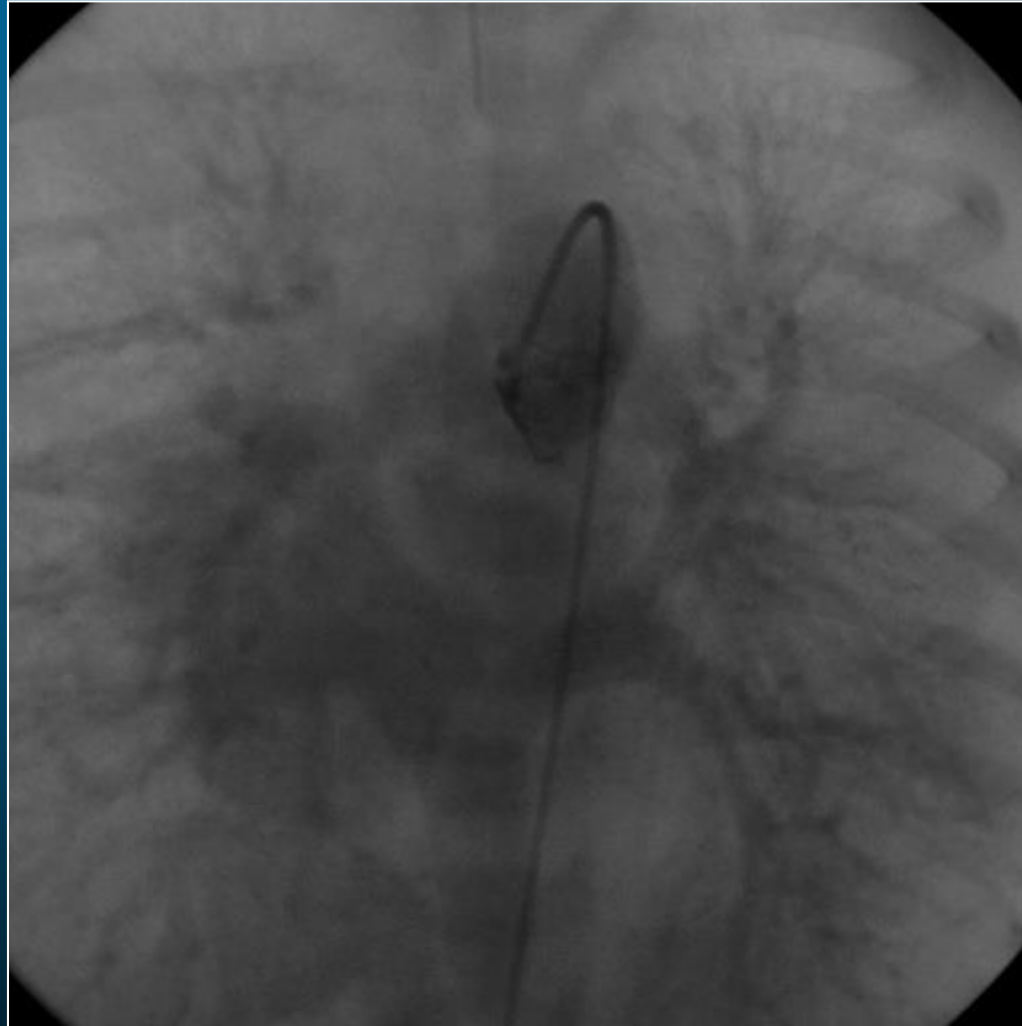
Difetto Interatriale OS



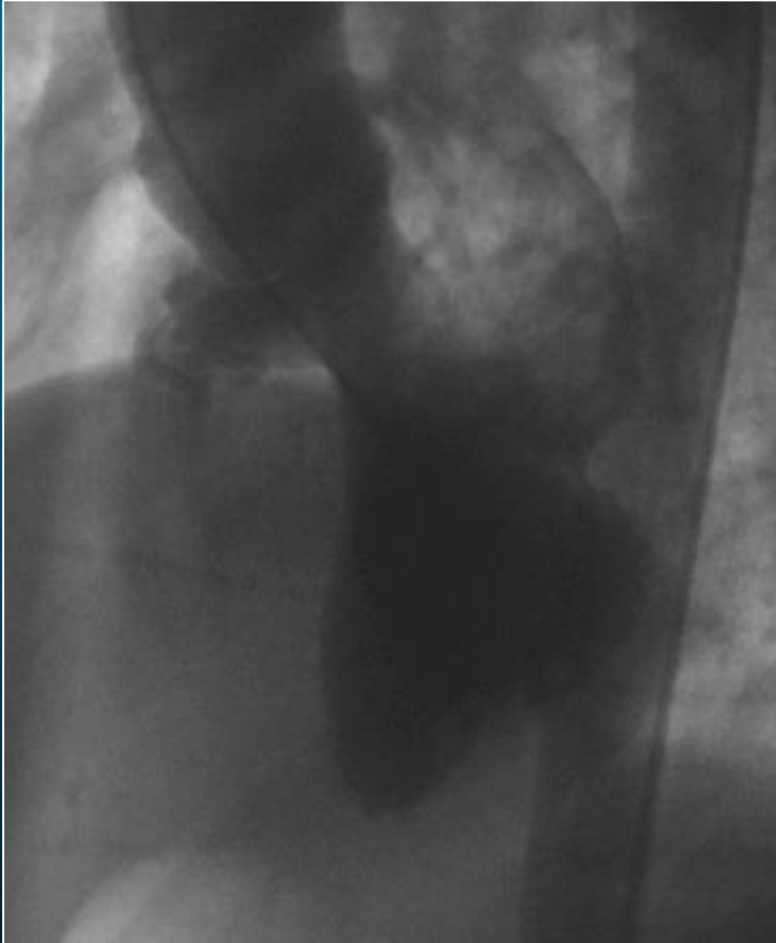
Ritorno venoso polmonare anomalo parziale



Ritorno venoso polmonare anomalo totale



Ritorno venoso polmonare anomalo totale



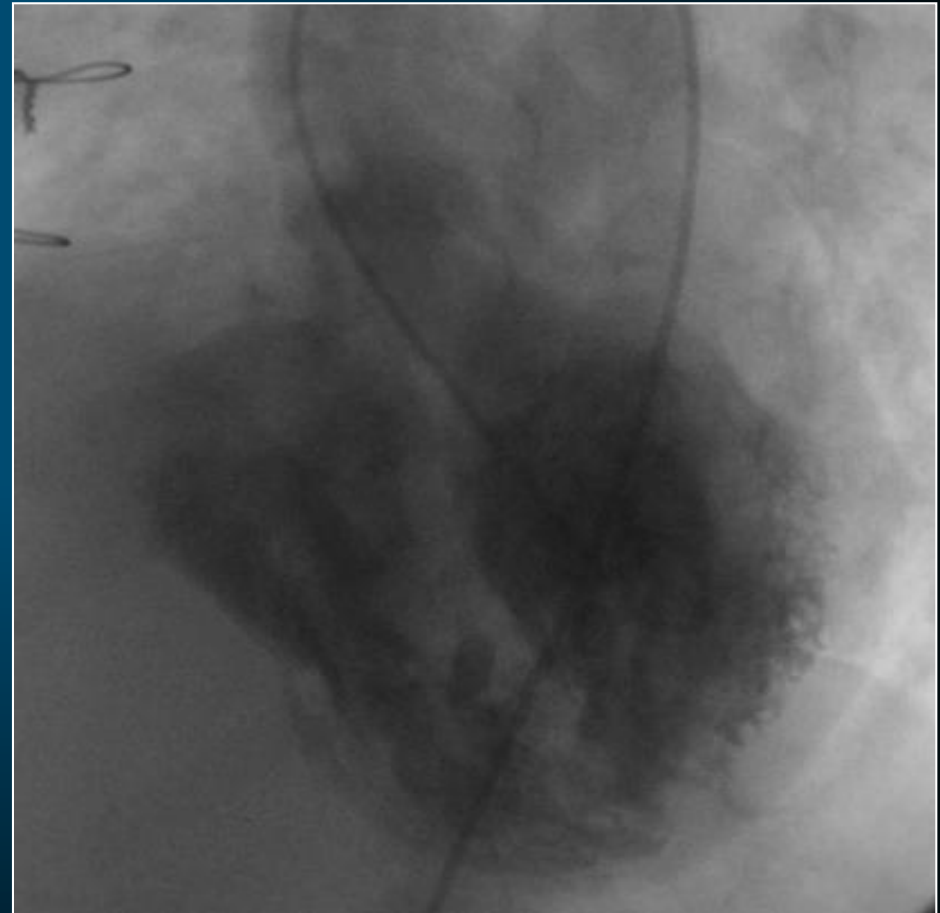
DIV sottoaortico lieve



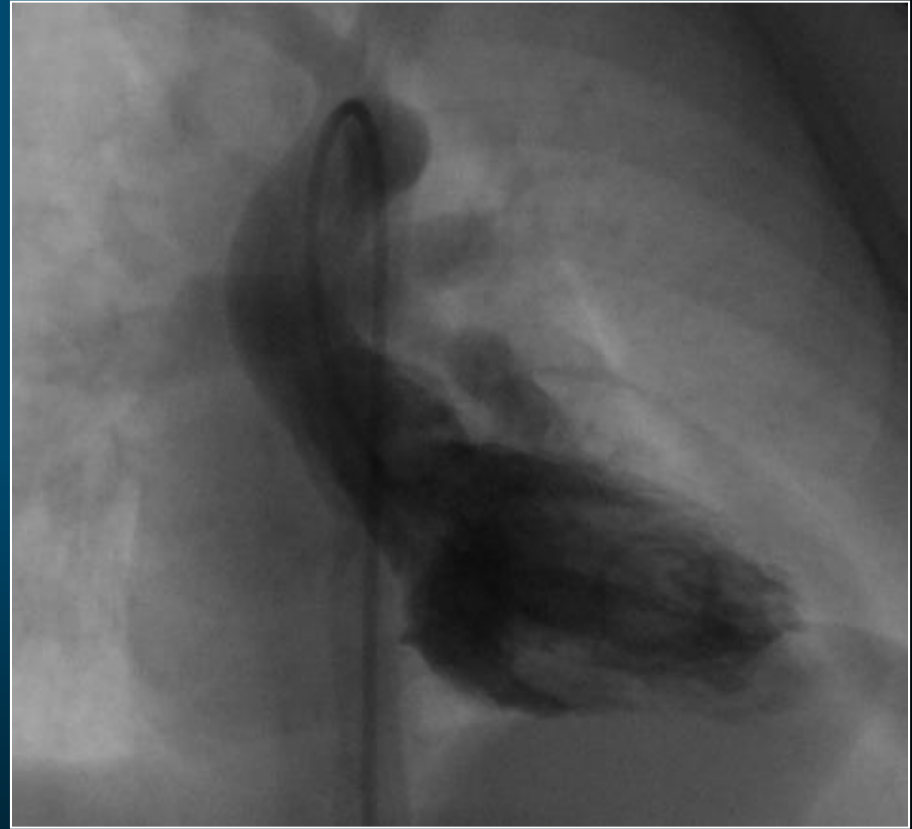
DIV sottoaortico ampio



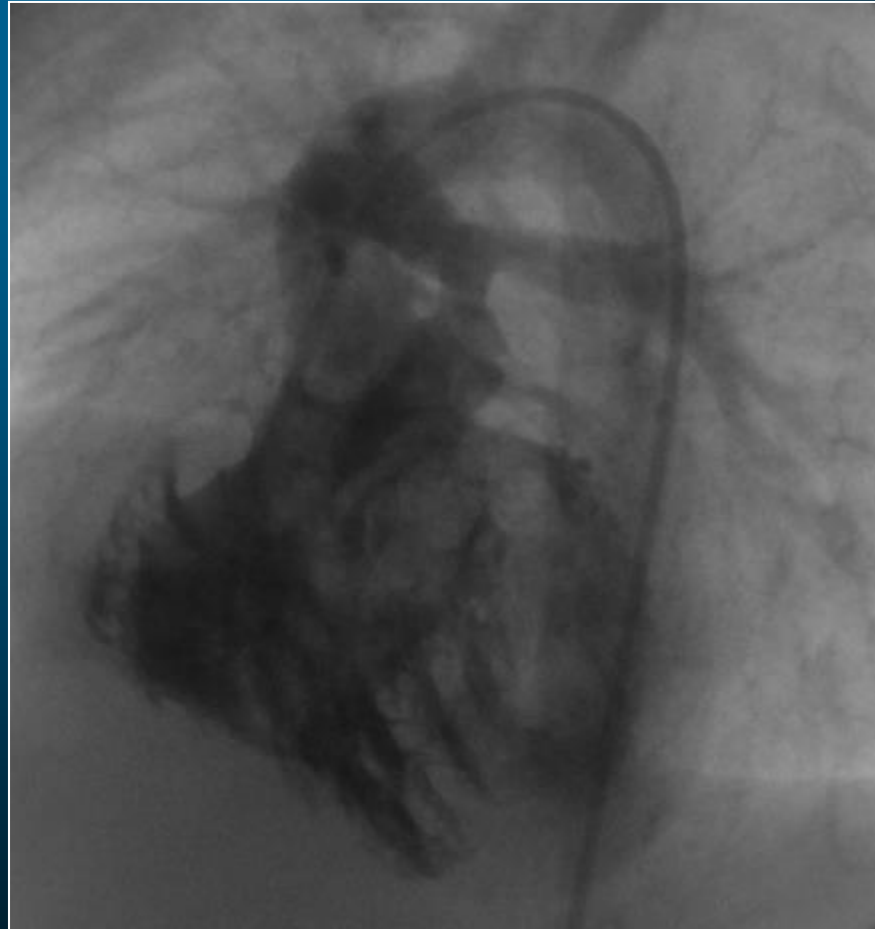
DIV medio-muscolare



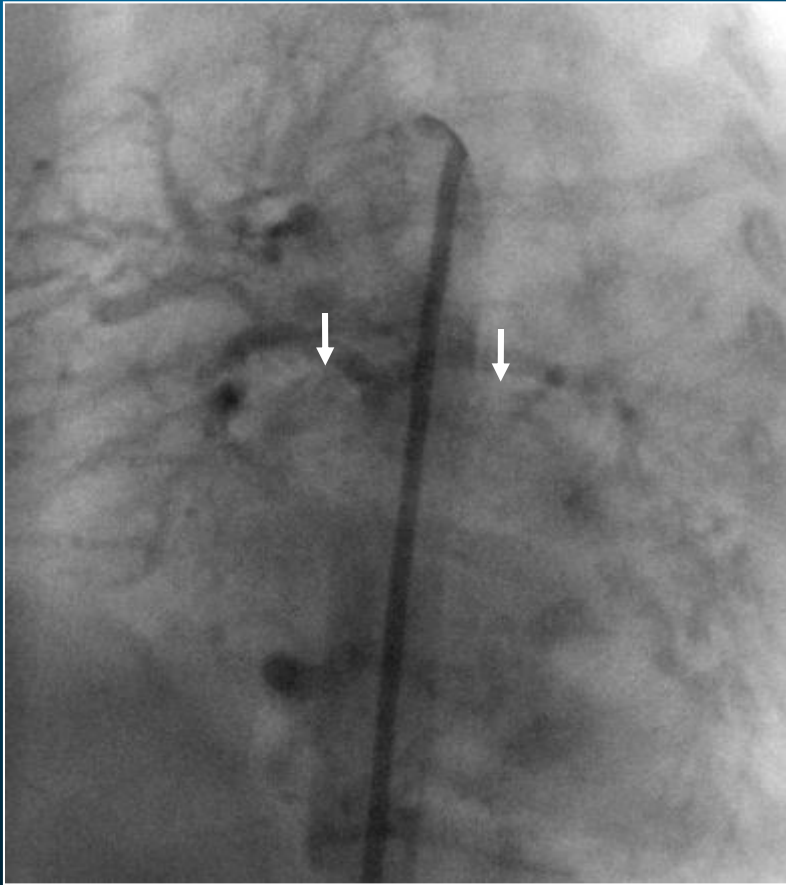
DIV apicale



Tetralogia di Fallot



Arterie Polmonari in ToF



Atresia Polmonare con DIV



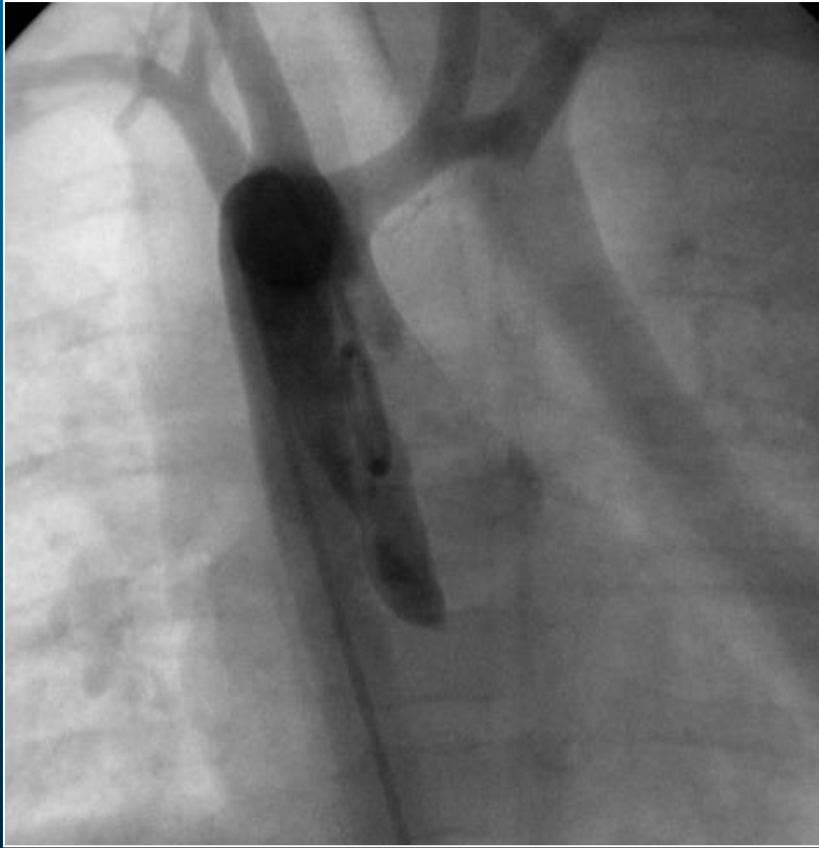
Stenosi valvolare polmonare



Stenosi sopravalvolare polmonare



Stenosi valvolare aortica critica



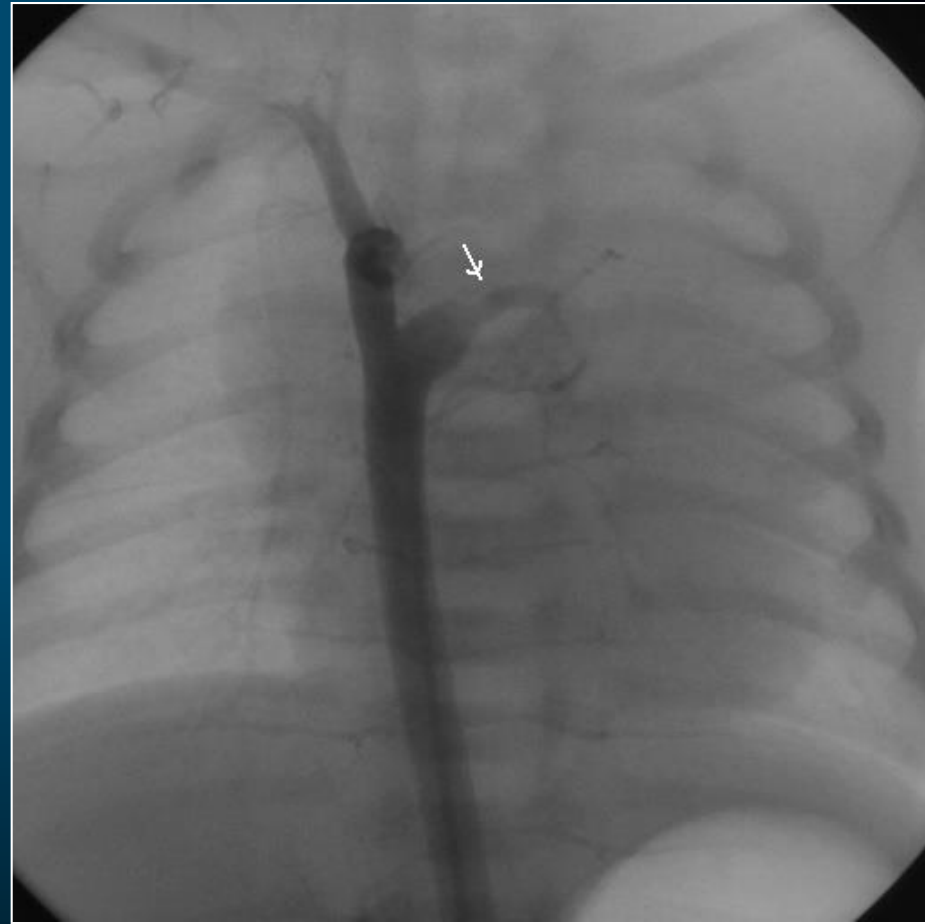
Arco aortico destro



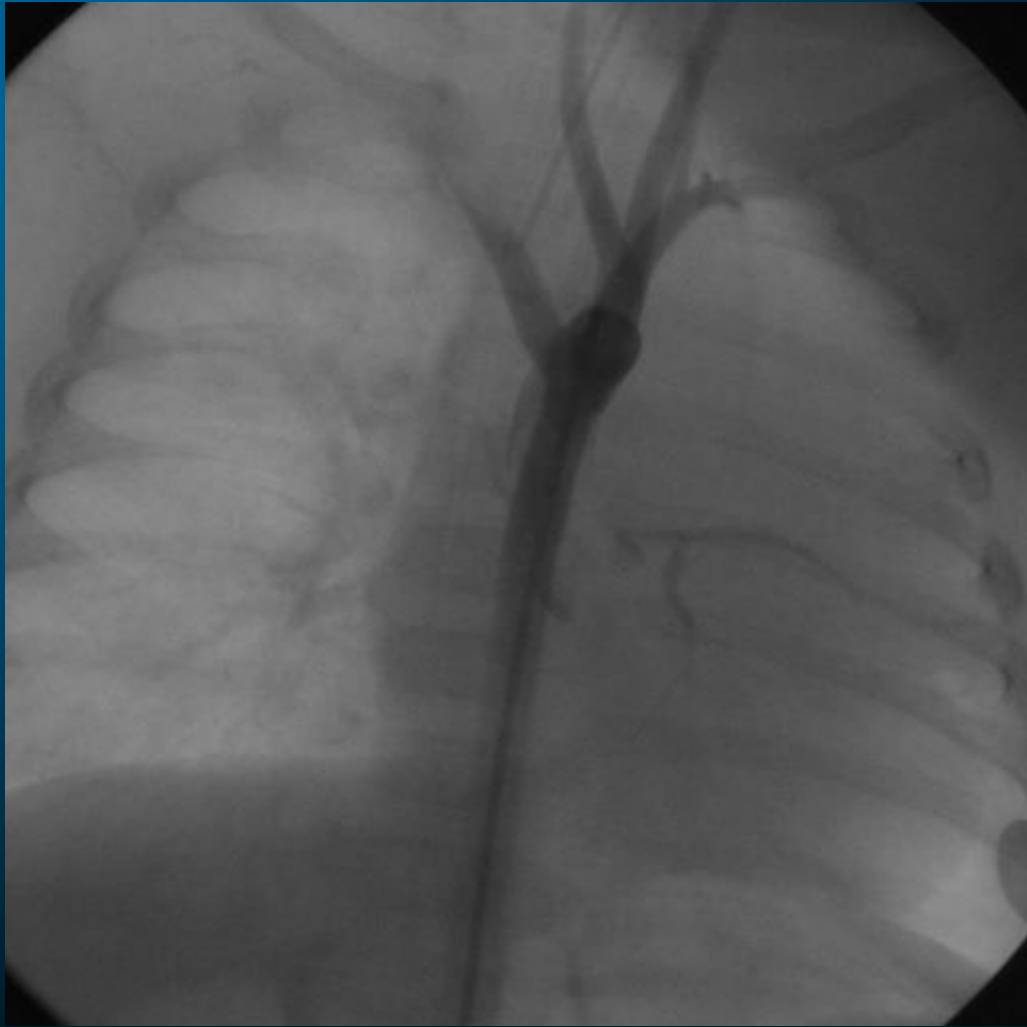
Arco aortico sinistro



Doppio arco aortico

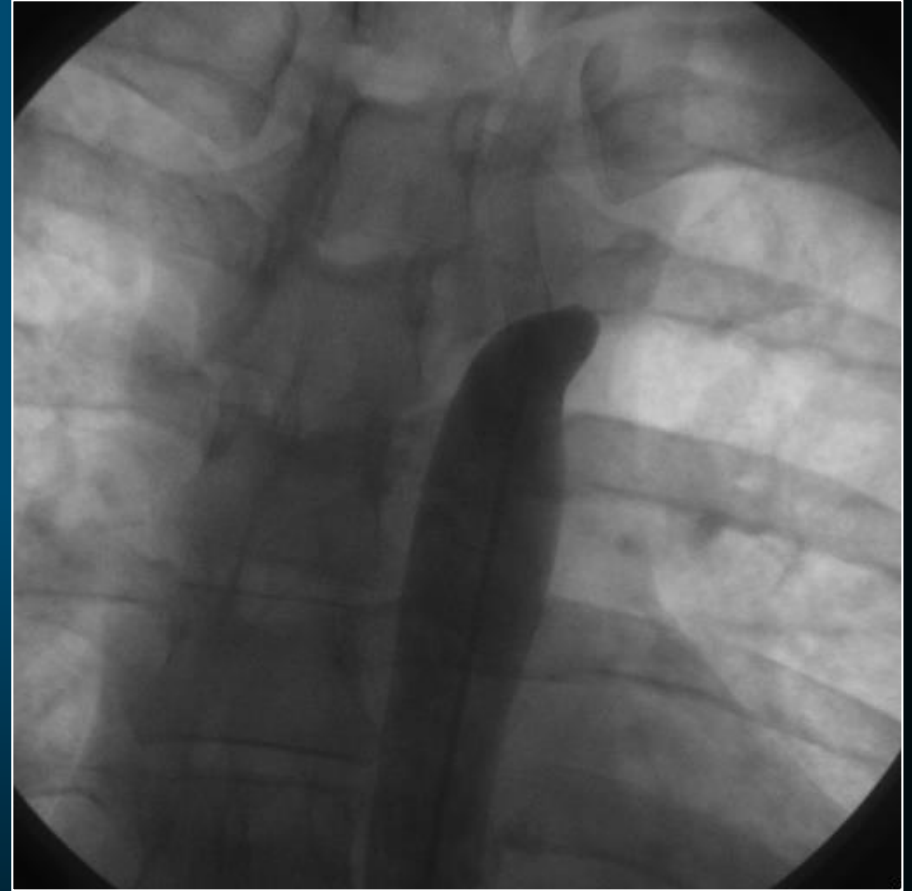


Diverticolo di Kommerell

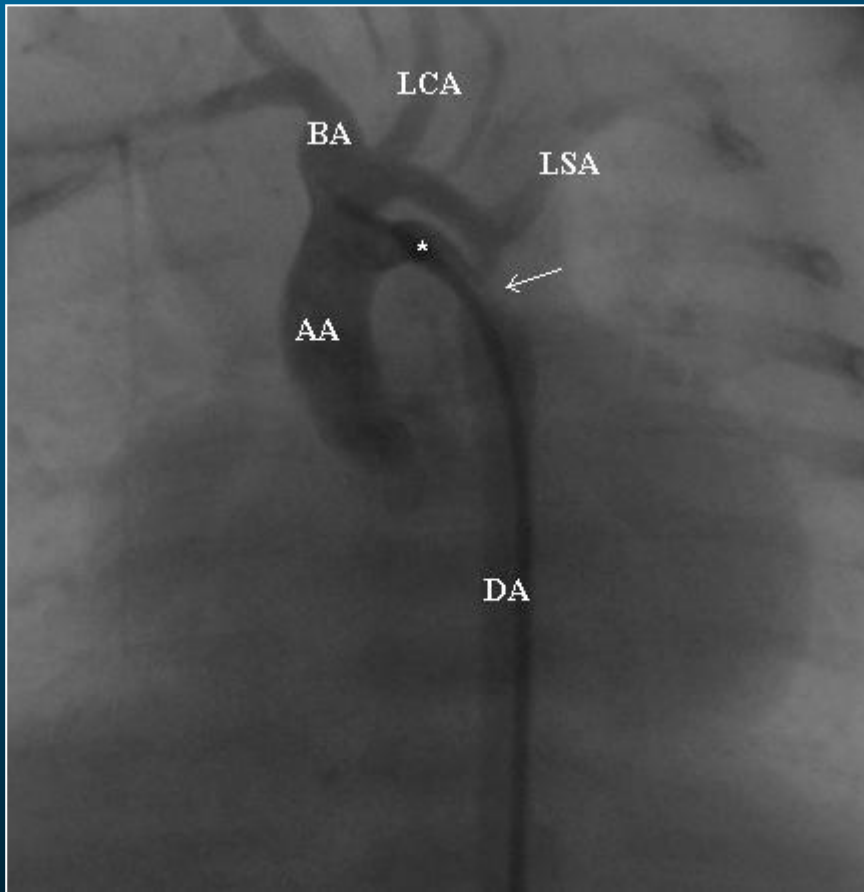




Coartazione Aortica



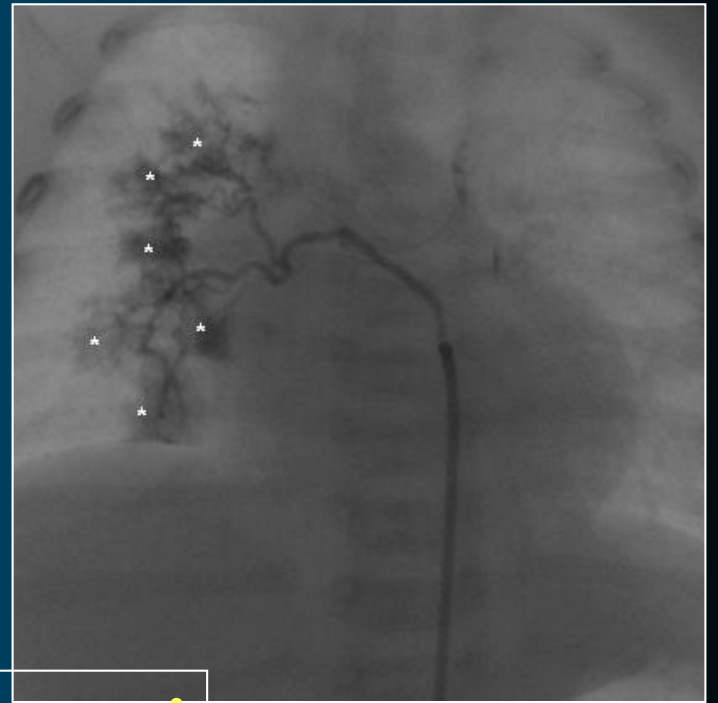
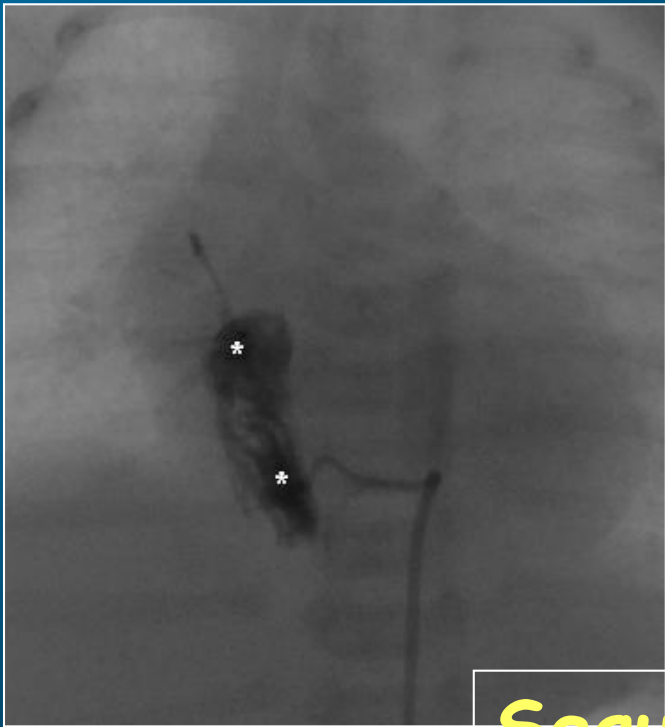
Interruzione dell'Arco Aortico



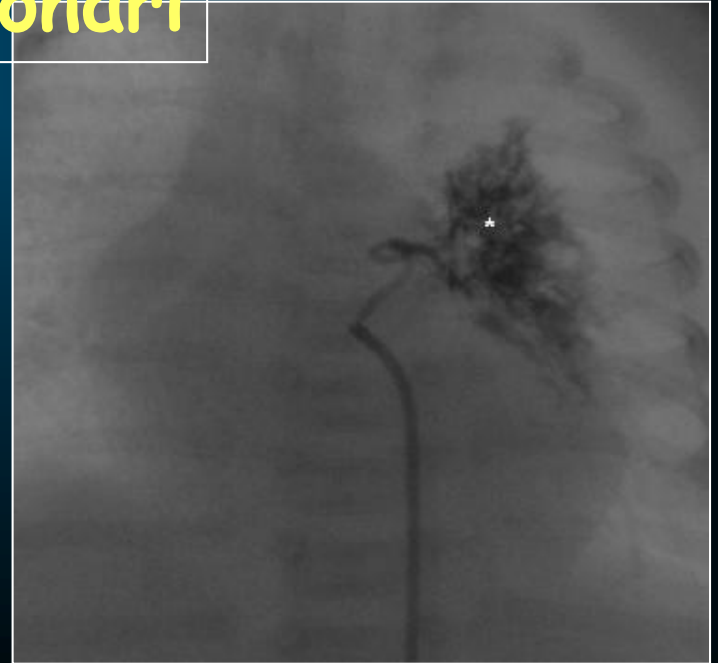
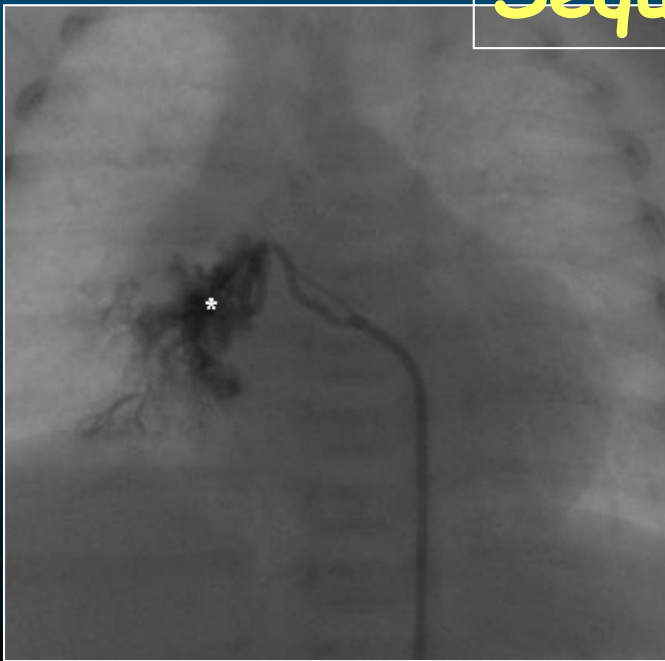
Persistenza di V Arco Aortico



Stenosi AAPP periferiche

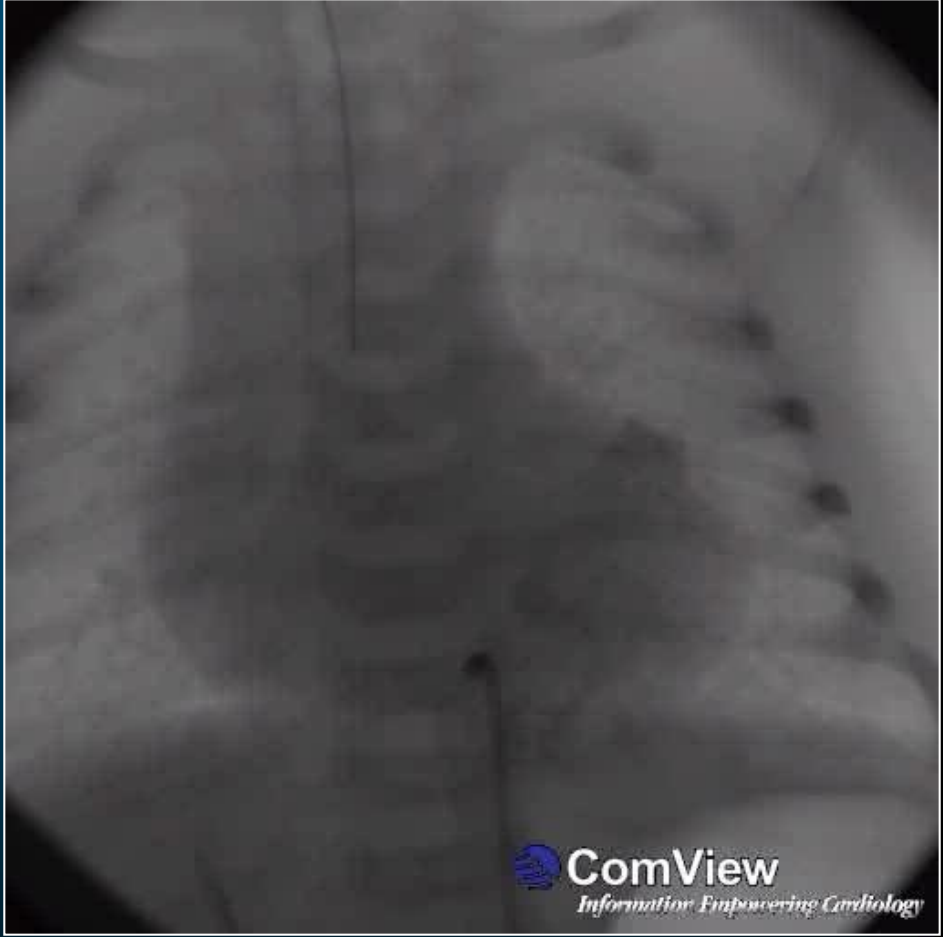
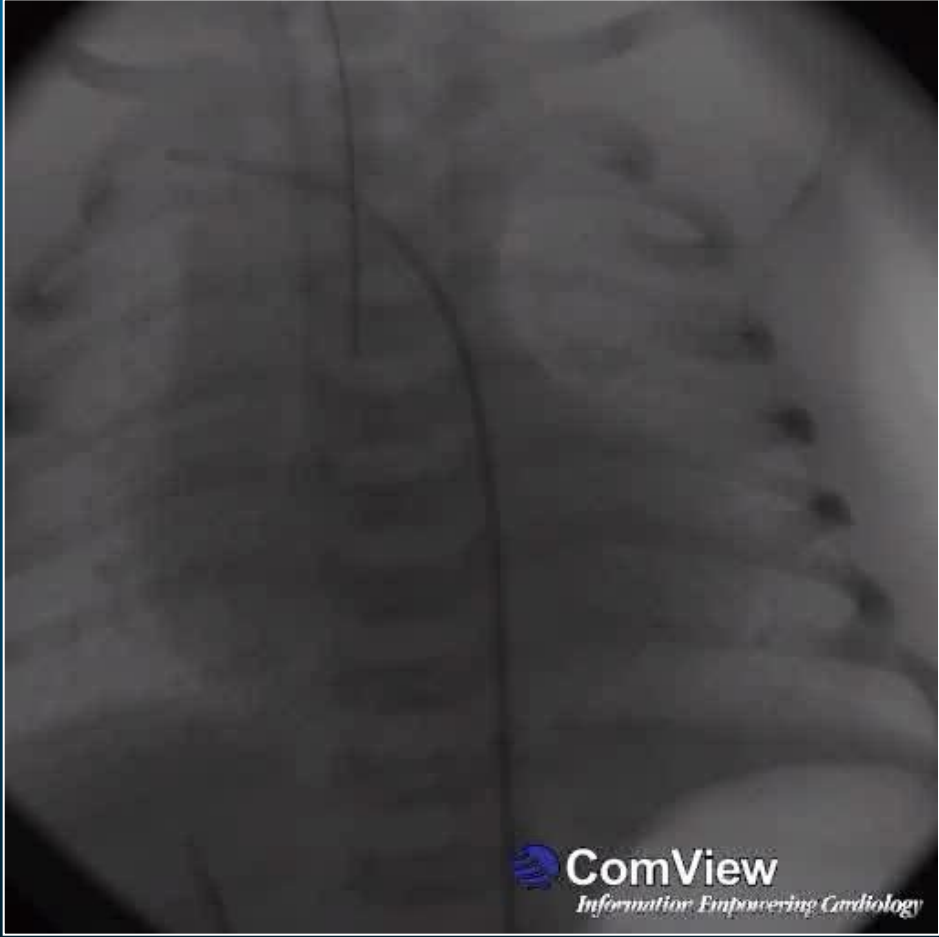


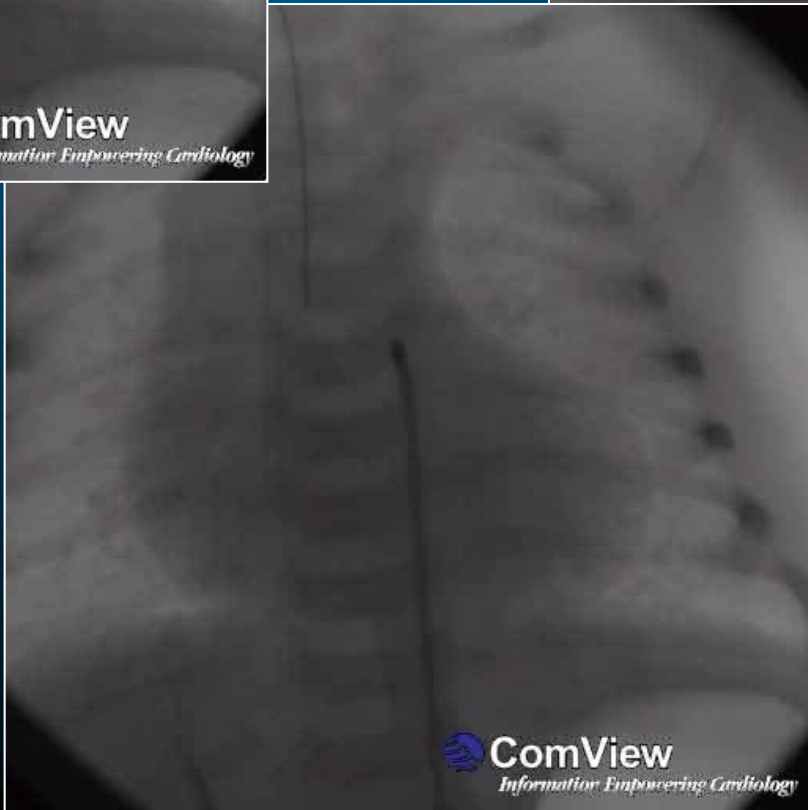
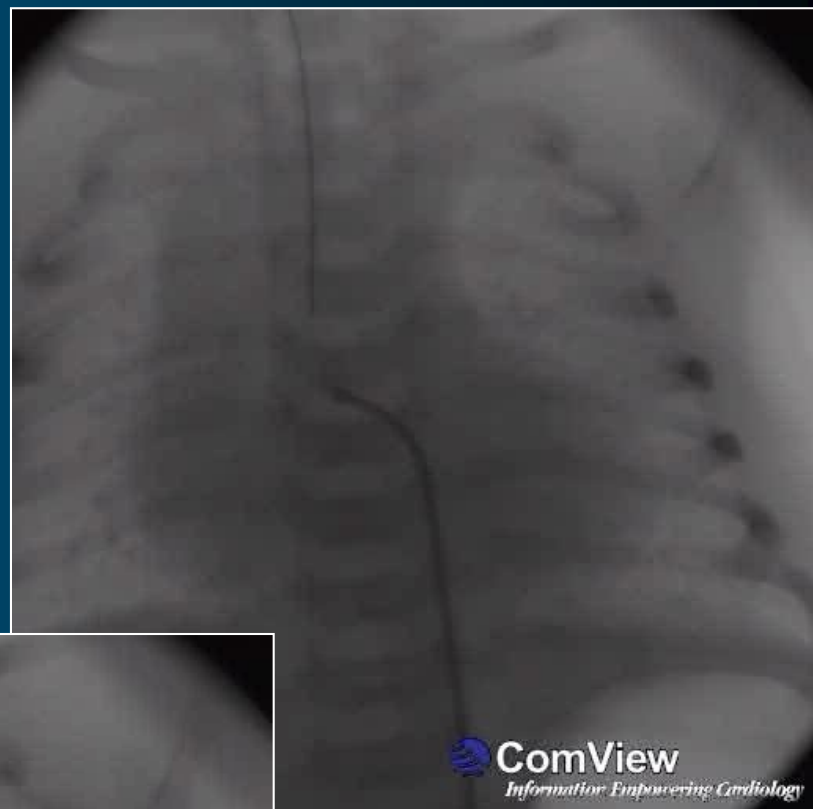
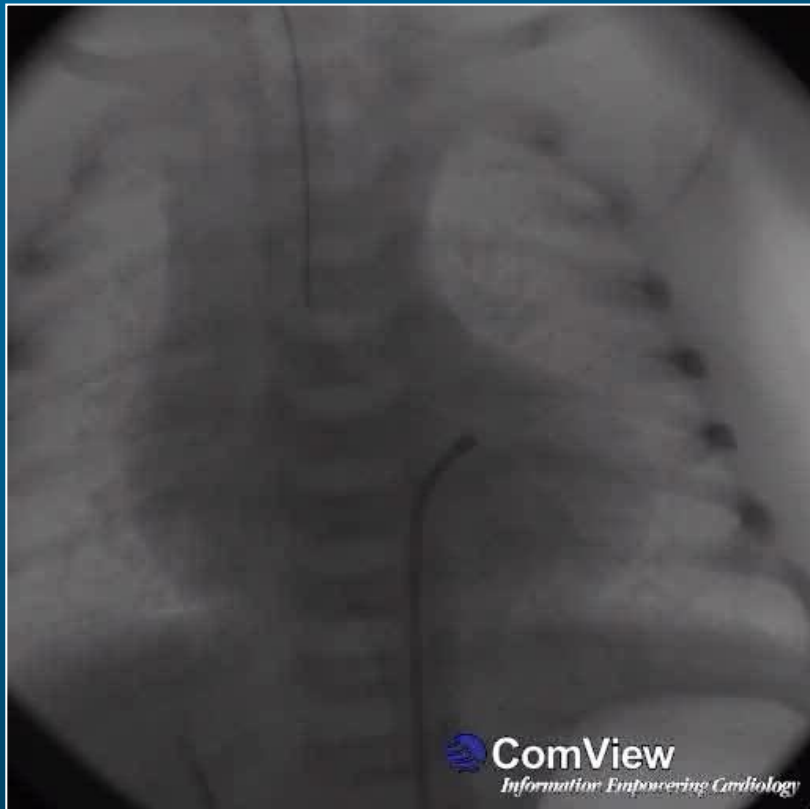
Sequestri polmonari

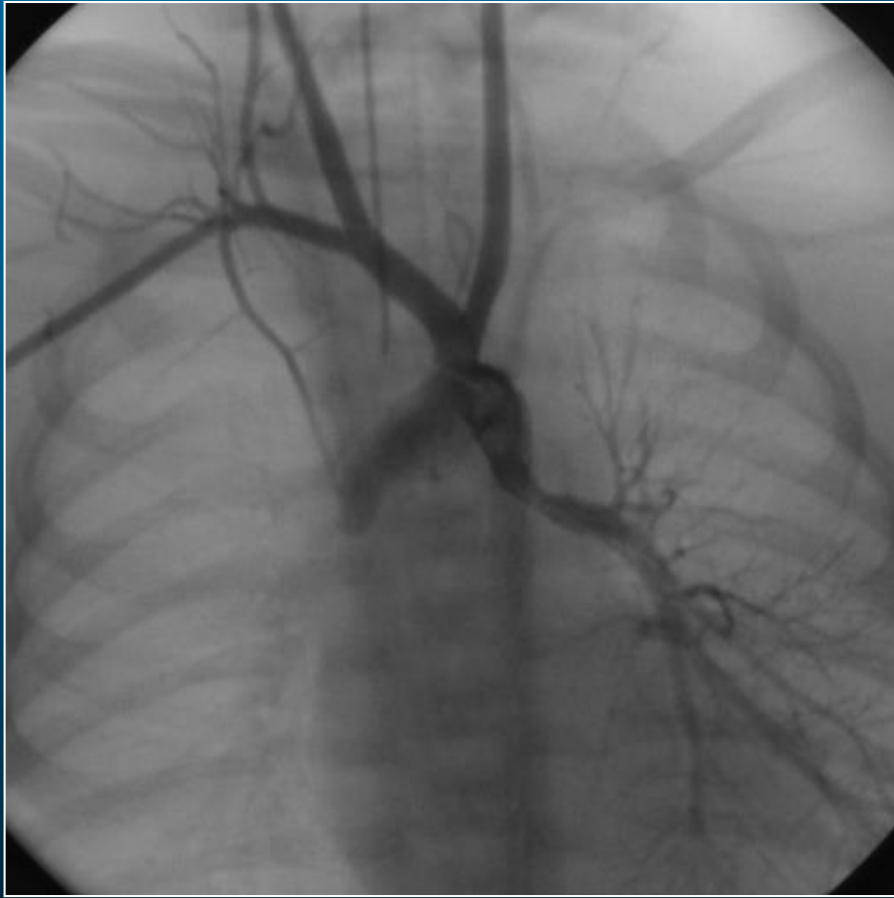




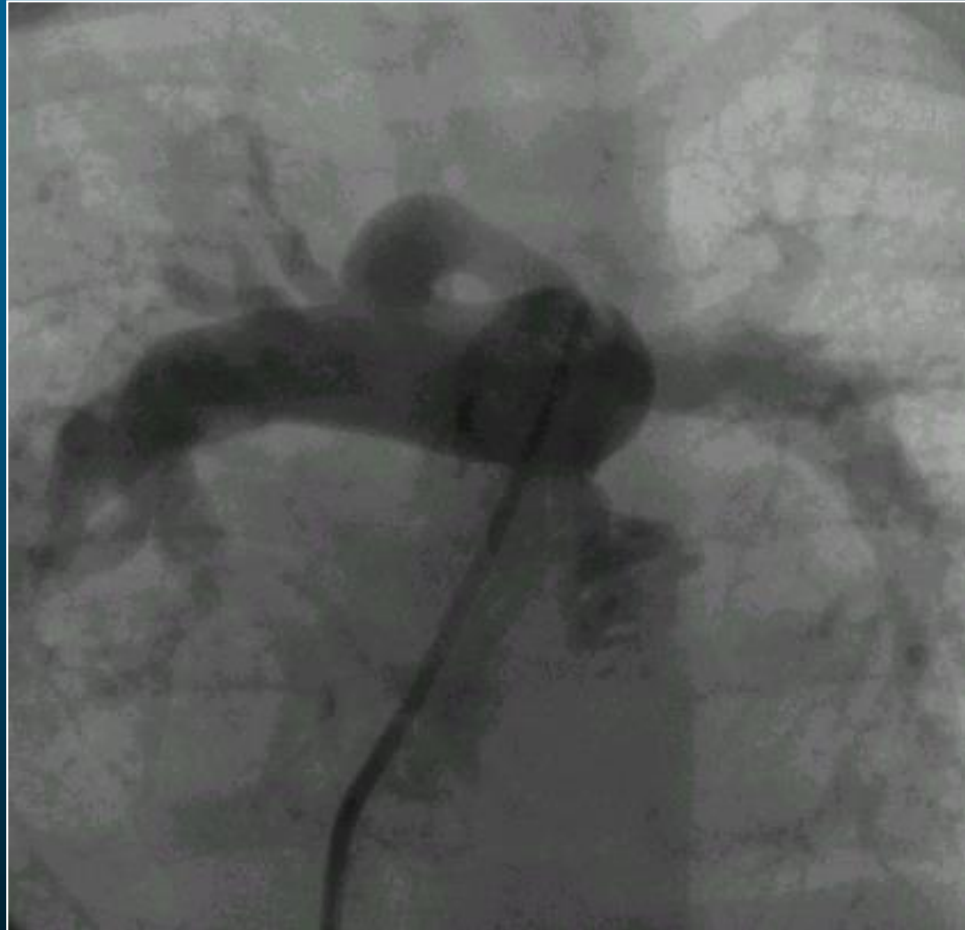
Collettori sistemico-polmonari







PDA con discontinuità delle AAPP



Sling arteria polmonare



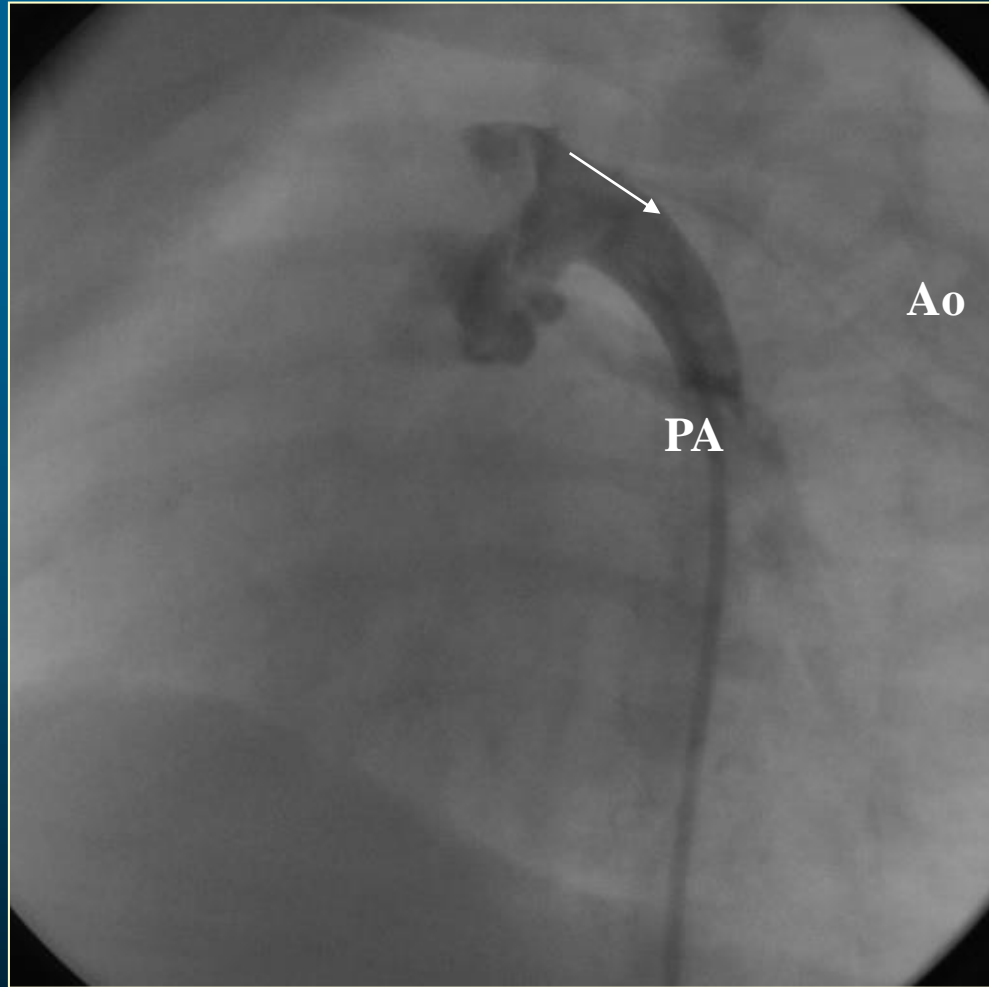
PDA conico



PDA tubulare



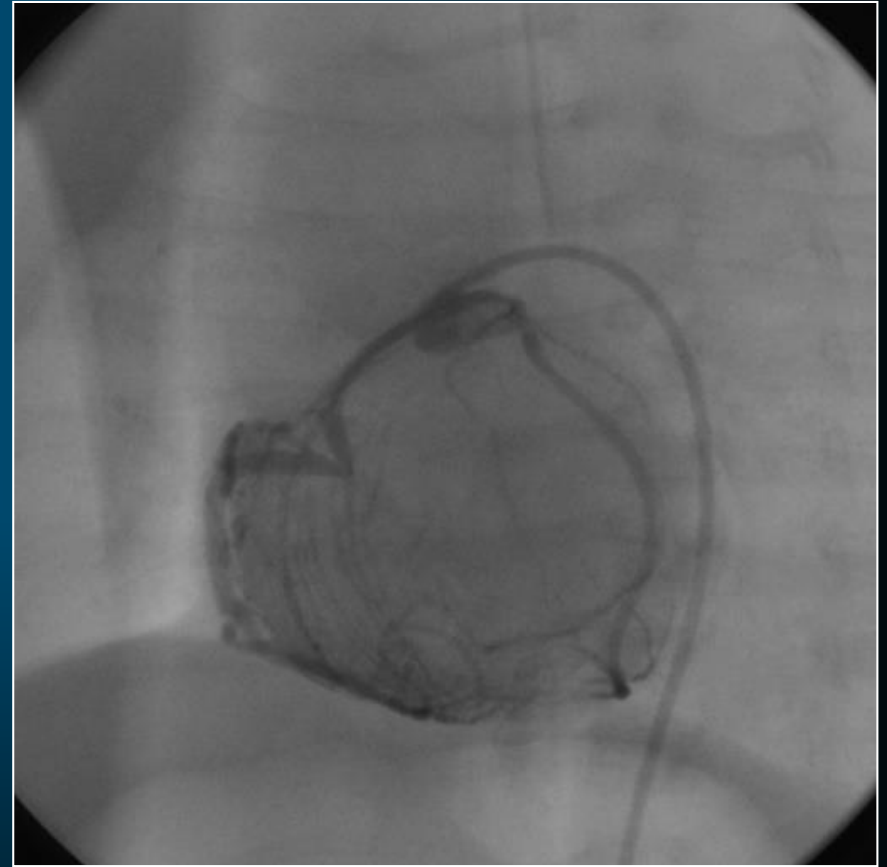
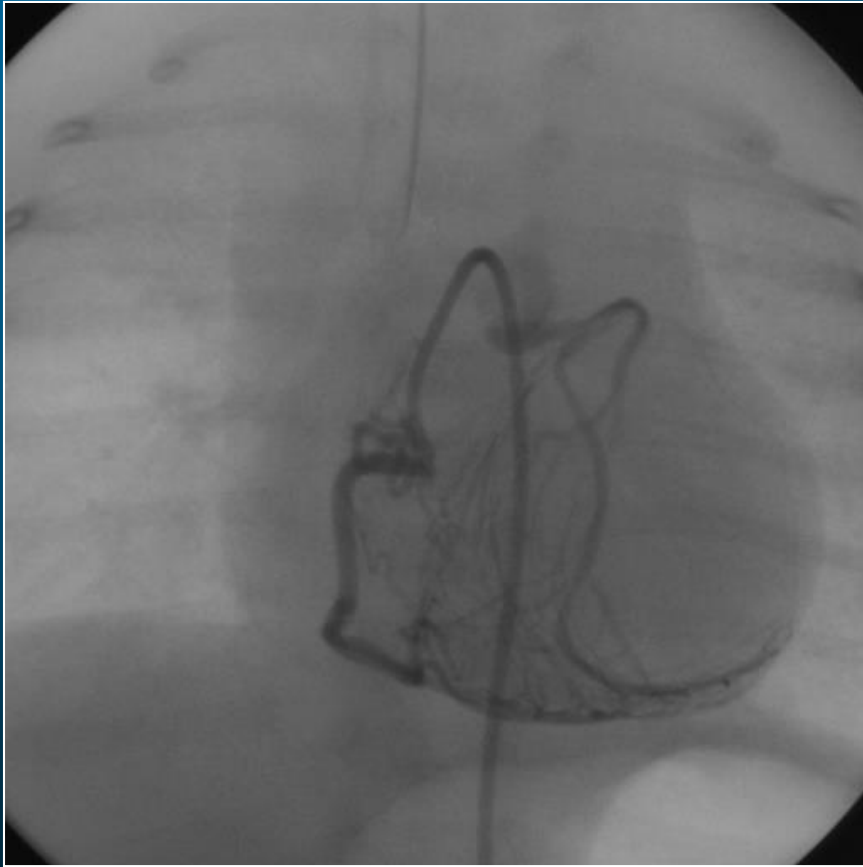
PDA aneurismatico



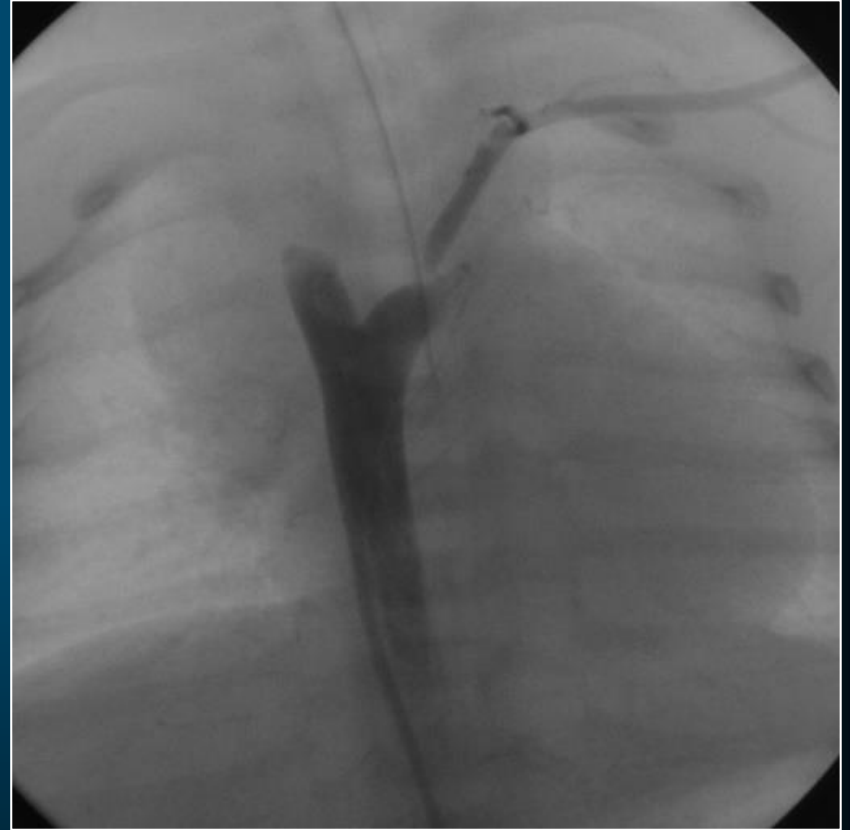
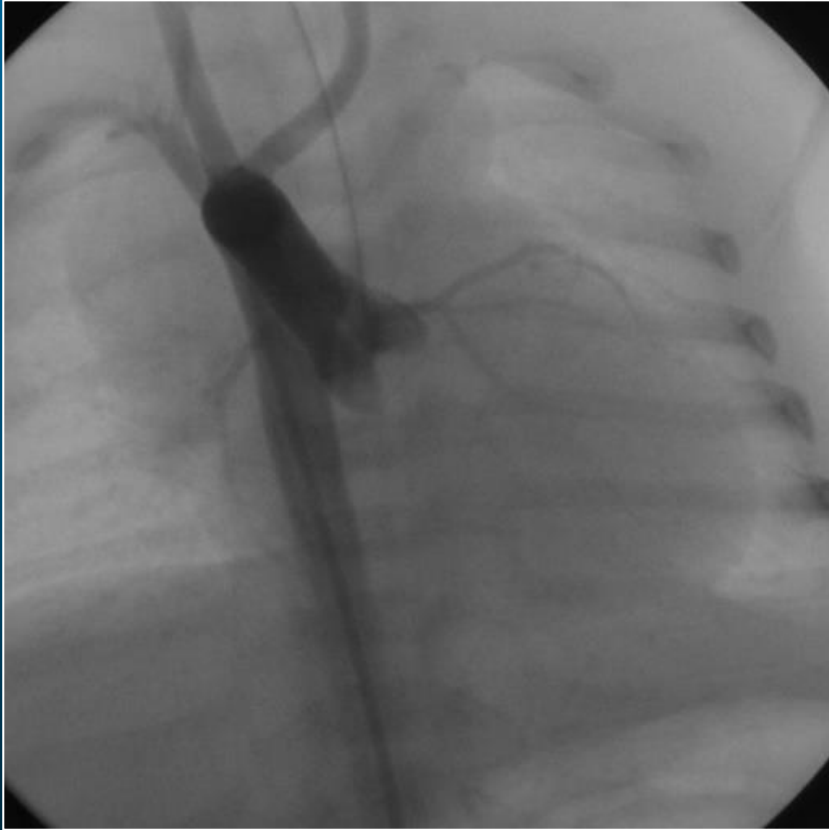
PDA tipo finestra Ao-P



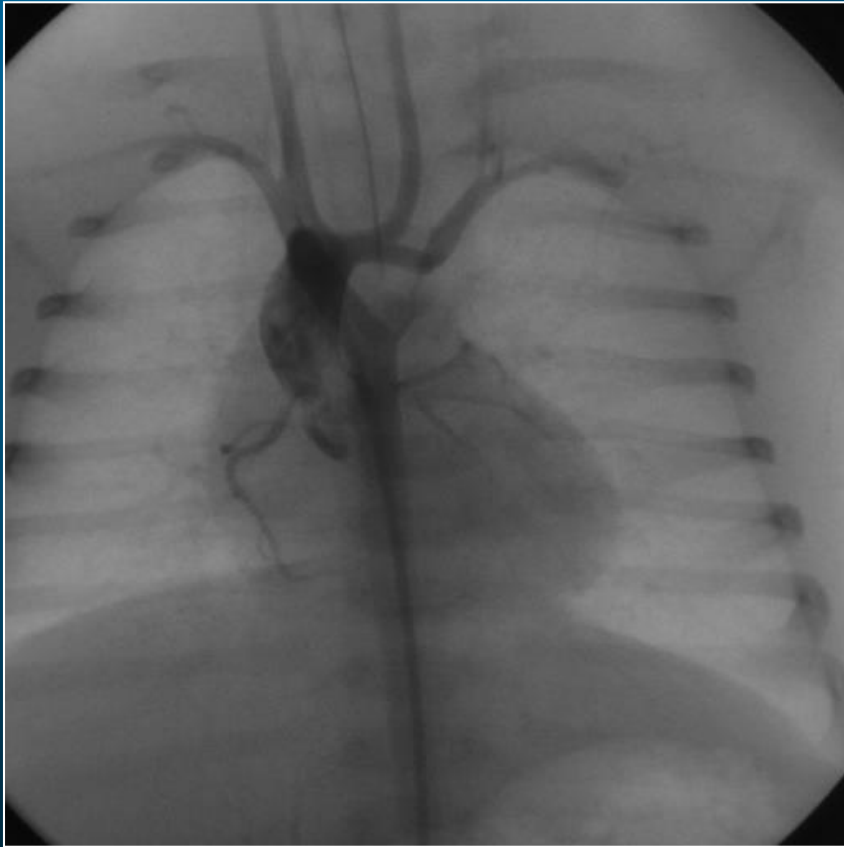
PDA tortuoso



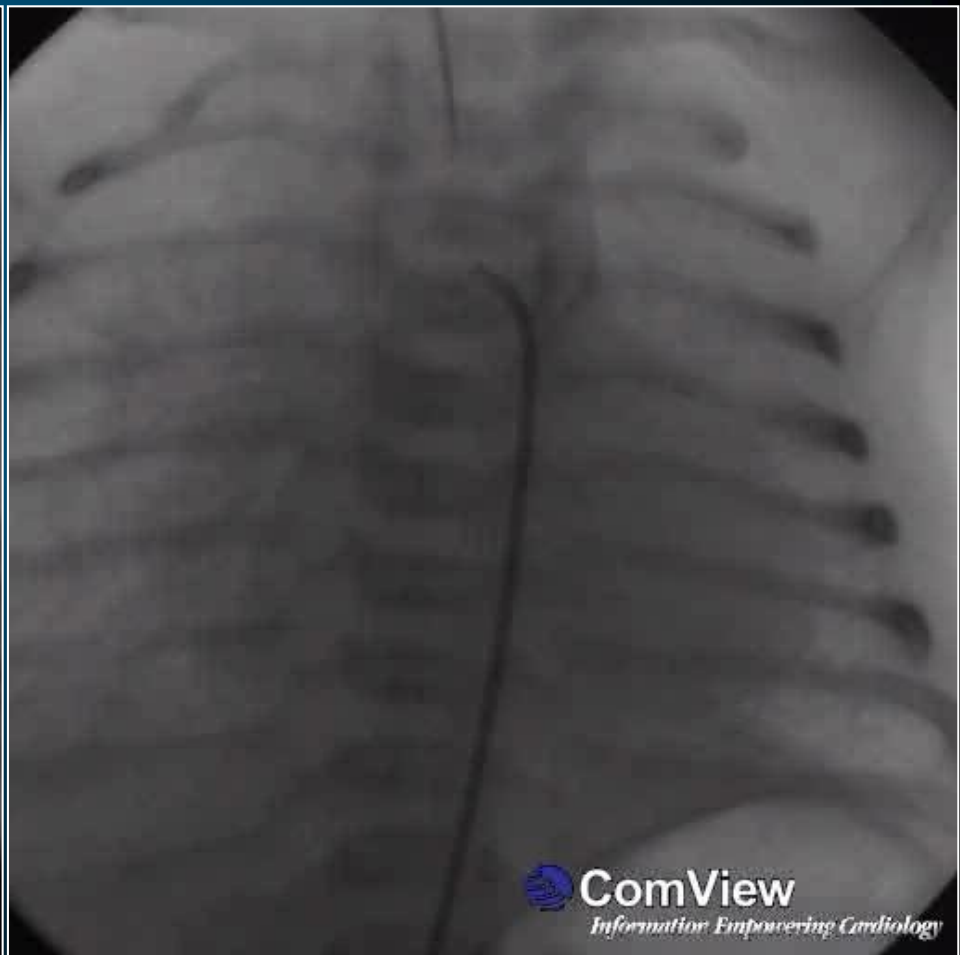
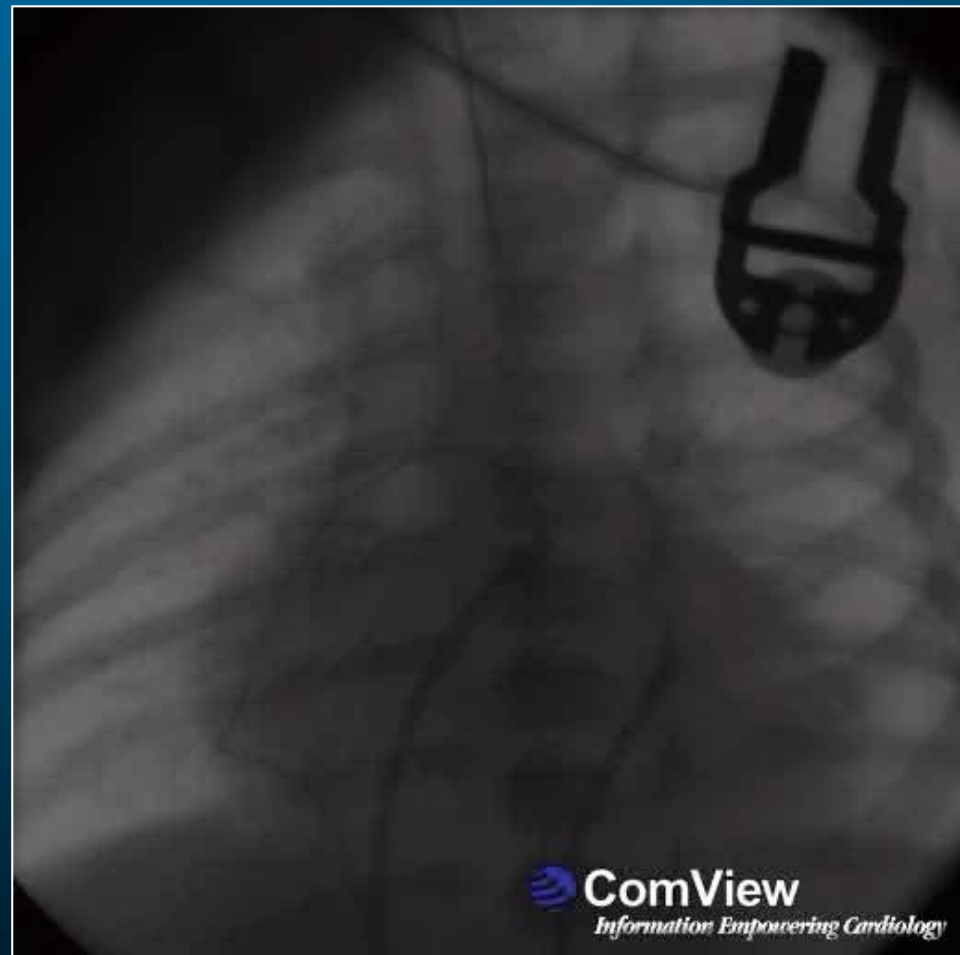
Origine anomala coronaria sx



Anomalia arco aortico



Anomalia arco aortico

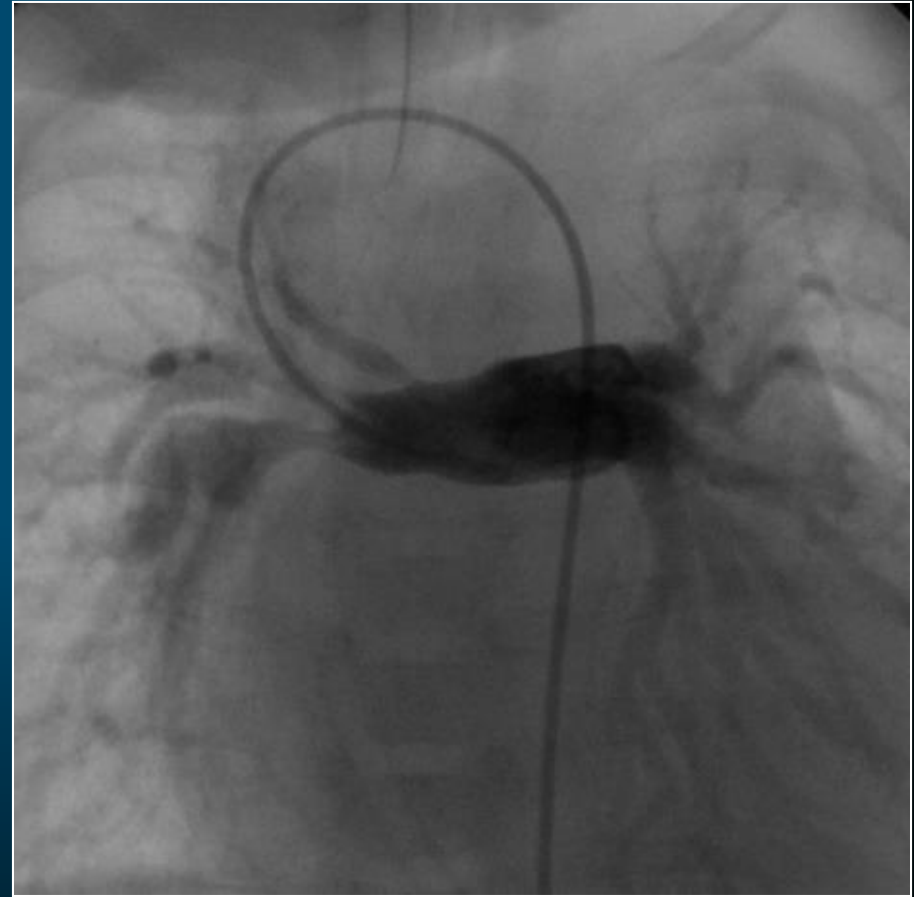
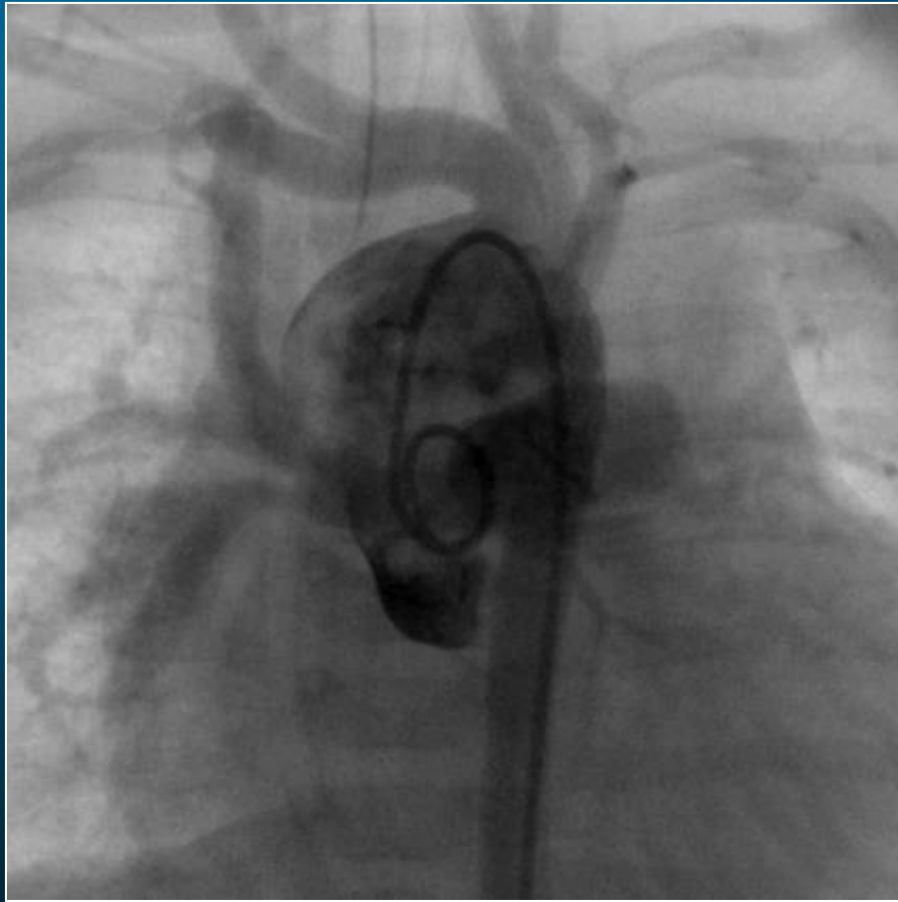




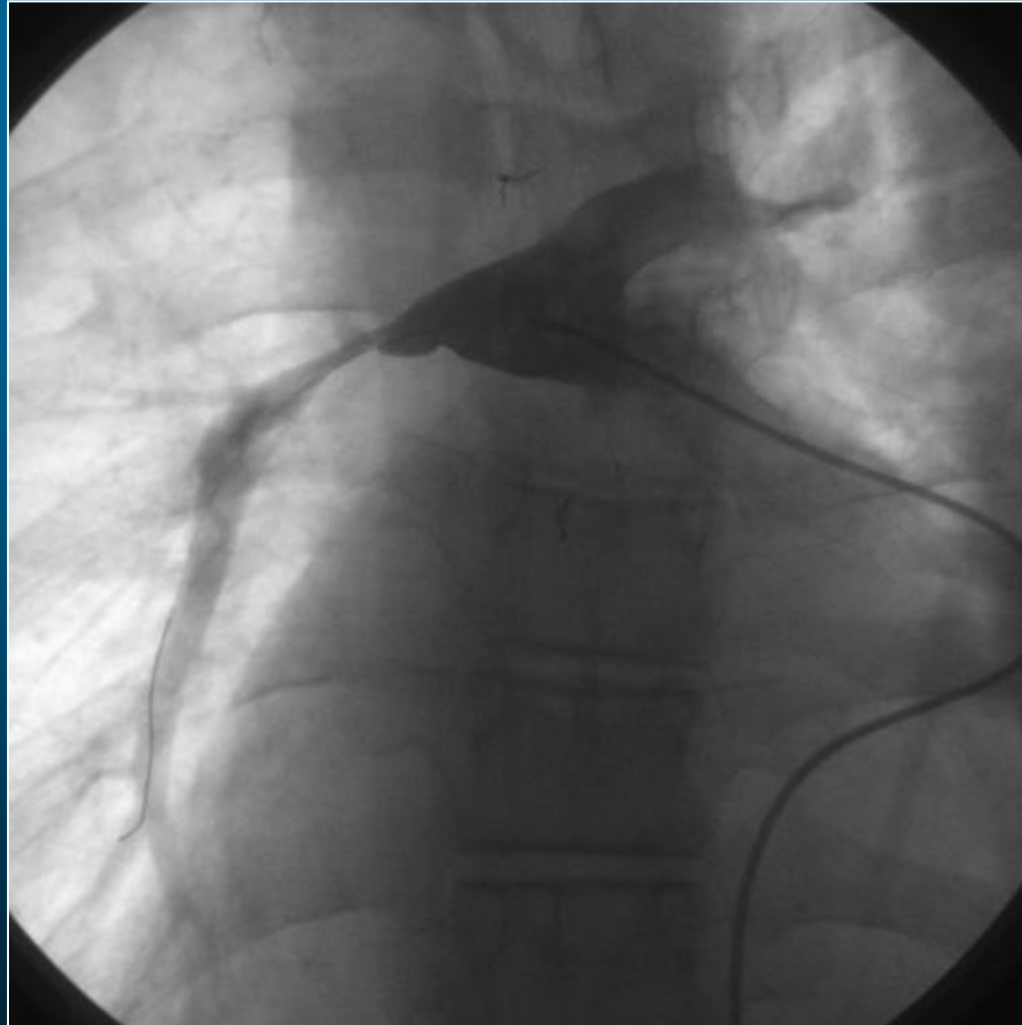
Quadri Angiografici post-chirurgici



Bendaggio arteria polmonare



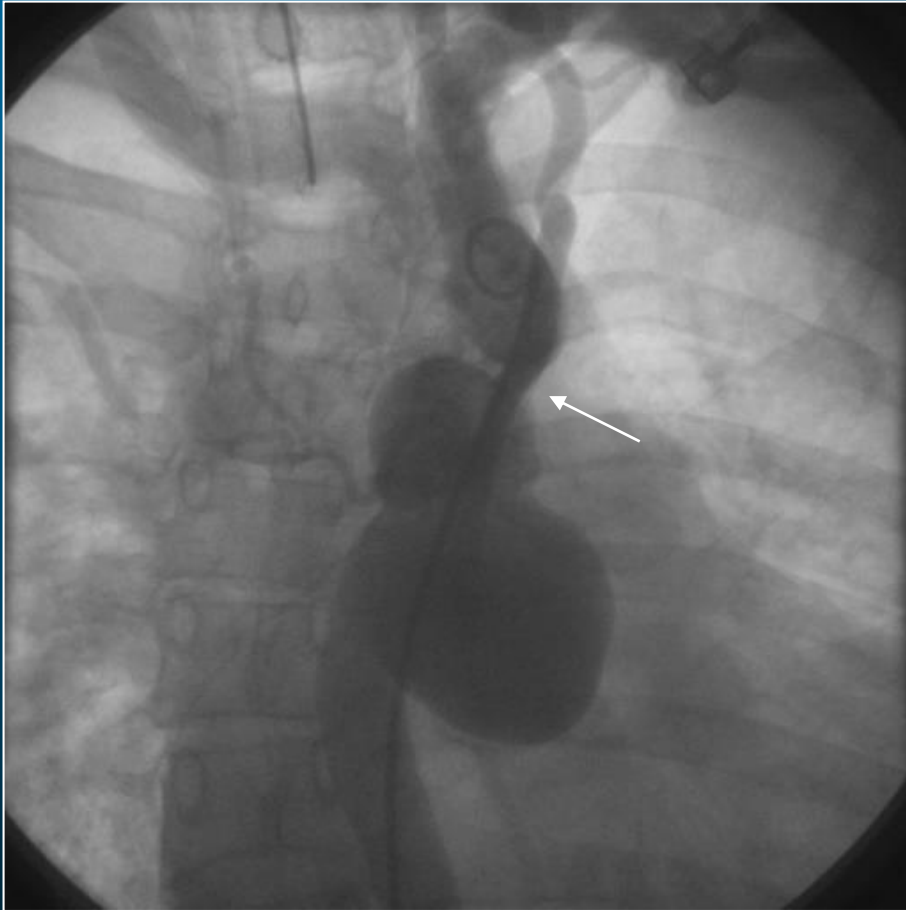
s/p shunt sistemico-polmonare



Stenosi/ipoplasia AP dx



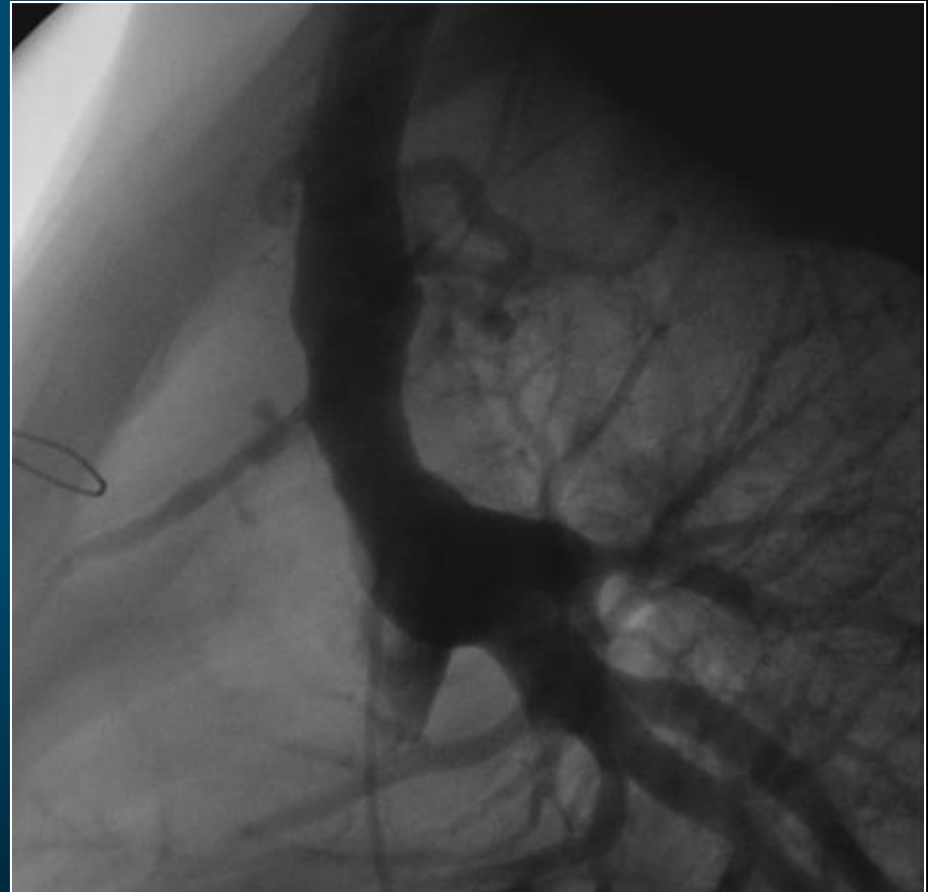
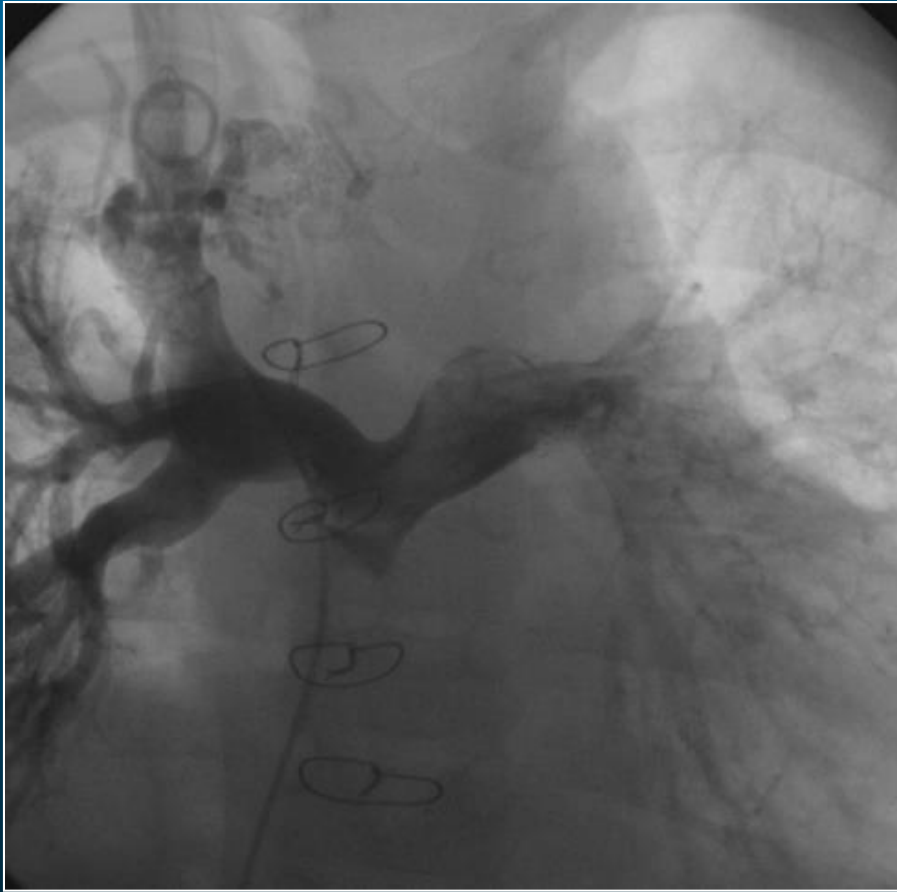
Re-coartazione



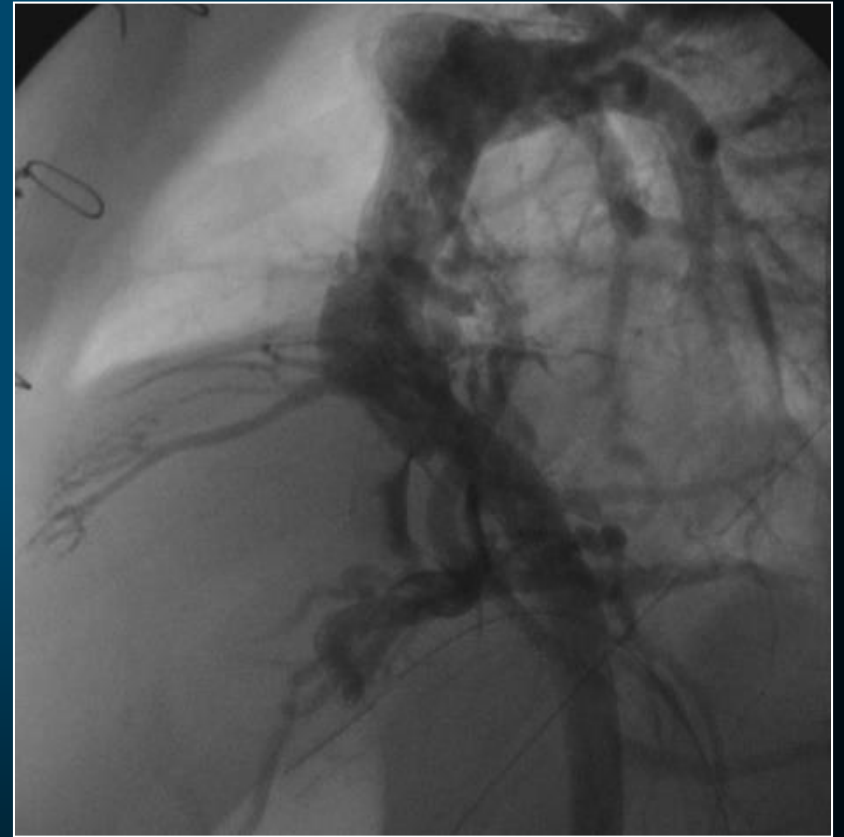
Re-coartazione



**S/P Intervento di BCPA
(Intervento di Glenn)**



s/p Intervento di Fontan



s/p Intervento di Fontan



Difetto interatriale

- *Angiografie: Atrio sx*
- *Pressioni: AO, AP, VD, AD*
- *Sat. O₂: VCS, VCI, AD, AP, AO*
- *QP/QS, RVS, RPT, RVP*

Difetto interventricolare

- *Angiografie:* Vena cava superiore (PA)
Ventricolografia sin (LAO/RAO)
Aortografia (PA/LAO)
- *Pressioni:* VS, AO, PW, AP, VD, AD
- *Sat. O₂:* VCS, VCI, AD, AP, AO
- *QP/QS, RVS, RPT, RVP*

Tetralogia di Fallot

- *Angiografie:* Vena Cava Superiore
Ventricologr. dx (RAO/sitting-up)
Ventricologr. sin (LAO/RAO)
Aortografia (PA/LAO)
- *Pressioni:* VS, AO, VD, AD
- *Sat. O₂:* AO