



PERSISTANCE DU CANAL ARTÉRIEL

Mathilde Méot

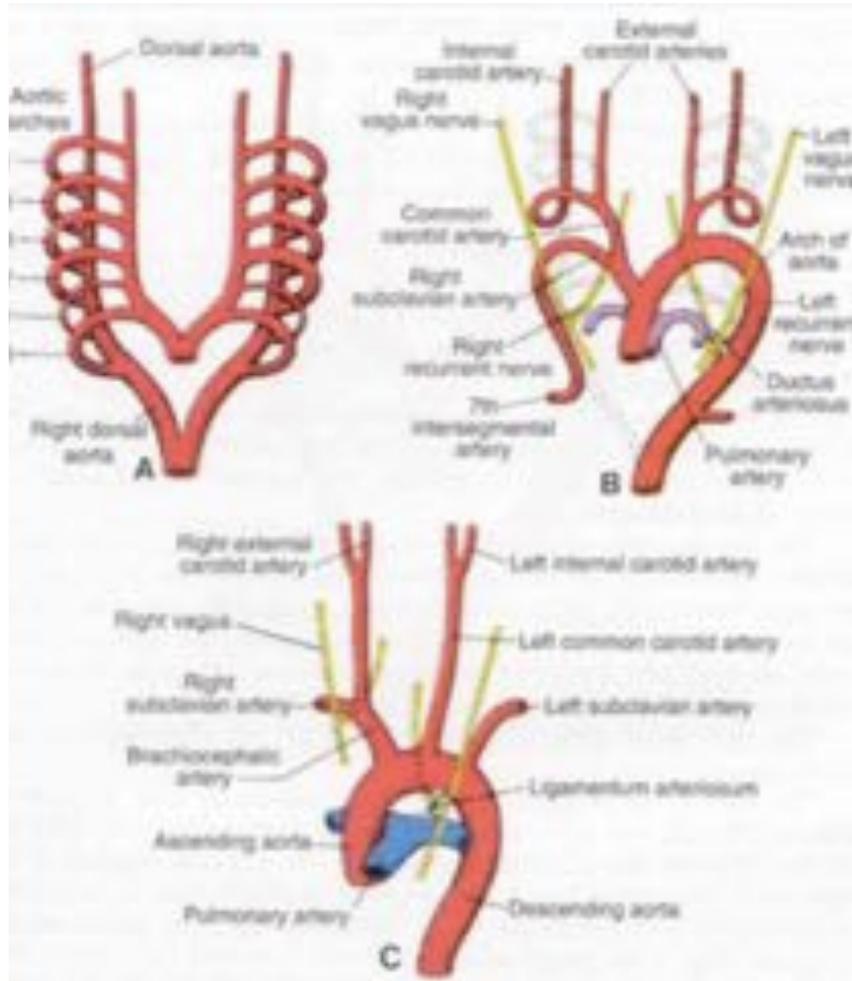
CCA Cardiologie pédiatrique Necker Enfants Malades
DU de cardiologie pédiatrique et congénitale 2018-2019



Épidémiologie

- 5 à 10 % des cardiopathies congénitales
- 2 à 3 femmes/1 homme
- Rubéole congénitale, syndrome CHARGE, Char, Moat-Wilson, Loeys-Dietz, Holt Oram, Di George, Noonan
- Fermeture normale dans les premiers jours de vie
- Persistance si > 1 mois

Embryologie



- Le canal artériel (CA) dérive de la partie distale du sixième arc aortique gauche dont la partie proximale forme l'origine de l'artère pulmonaire gauche.
- Au cours du développement foetal, il migre de la portion horizontale de la crosse aortique vers la région isthmique

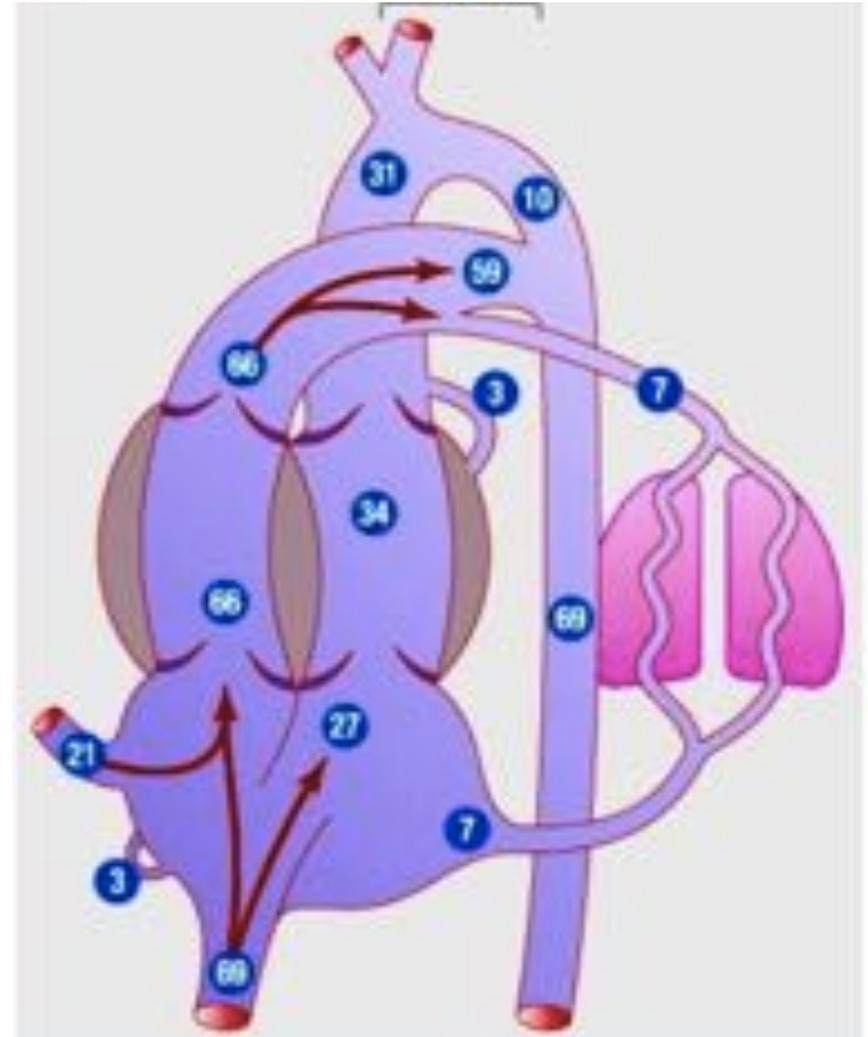
Histologie

- Forme tubulaire de calibre comparable à celui de l'aorte ascendante
- Au cours de la vie fœtale, le CA est le siège d'une maturation histologique progressive
- Intima plus épaisse que celle de l'aorte, riche en substances mucoïdes
- Apparition de coussins intimaux dès la fin du deuxième trimestre de gestation qui font saillie dans la lumière artérielle
- Media : couche épaisse de fibres musculaires lisses disposées en hélice autour du canal et orientées dans des directions opposées
- Différenciation précoce des fibres musculaires lisses au niveau du CA
- Vasodilatation active avant la naissance (prostaglandines, NO)

Physiopathologie

Pendant la vie foetale

- Les shunts et la circulation en parallèle :
 - Le placenta et le Ductus Veinosus
 - Le Ductus Arteriosus qui court-circuite la circulation pulmonaire
 - Le Foramen Ovale qui permet d'alimenter le cœur gauche
- Pour l'oxygénation le cœur est quasiment en série
 - PI->VO->PFO->OG->VG->AoA->VCS->OD->VD->AP->AoD->AO->PI
 - Le sang oxygéné va en priorité au cerveau
 - Flux peu oxygéné dans l'aorte descendante favorisant l'hématose par le placenta



Fermeture anténatale du canal artériel

- Souvent favorisée par la prise d'AINS mais peut survenir spontanément
- Il y a un autre shunt intra-cardiaque → augmentation du débit sanguin à travers le foramen ovale et diminution du flux sanguin droit
- Modification de la post-charge du VD
- Hypertrophie et dilatation VD, fuite tricuspide
- +/- Défaillance ventriculaire droite
- Hypertension artérielle pulmonaire par remodelage vasculaire

Fermeture anténatale du canal artériel

- Traitement symptomatique :
 - En anténatal : surveillance échographique régulière et extraction foetale en fonction de la tolérance foetale et du terme,
 - En post-natal : O₂ et NO +/- support ventilatoire +/- inotropes
- Régression spontanée en quelques jours à mois après la naissance

Adaptation postnatale

Le premier cri...



la ligature du cordon.....



Physiopathologie

A la naissance

Facteurs favorisant la persistance du CA

- PaO₂ basses
- Prostaglandines (PGE₂)
- Hausse de la pression artérielle ductale
- NO
- Adénosine

Facteurs favorisant la fermeture du CA

- PaO₂ haute
- Inhibition de la cyclooxygénase nécessaire à la synthèse des prostaglandines
- Baisse de la pression artérielle ductale (diminution du flux sanguin transductal)
- Endothéline 1 (puissant vasoC)
- Noradrénaline
- Bradykinine
- Acétylcholine

Fermeture post-natale

- Augmentation des RVS et diminution des RVP → inversion du sens du shunt par le CA → augmentation de la pression partielle en O₂
- Ligature du cordon ombilical et ouverture de la circulation pulmonaire → chute du taux de prostaglandines

Fermeture post-natale

- La contraction des fibres musculaires lisses entraîne une fermeture fonctionnelle au cours des premières heures de vie
- Puis oblitération permanente liée à une destruction de l'endothélium et une prolifération de la sous-intima avec formation de tissu conjonctif
- Modification histologique du CA persistant : remplacement des cellules musculaires lisses par des fibres de collagène et fibres élastiques.

Clinique

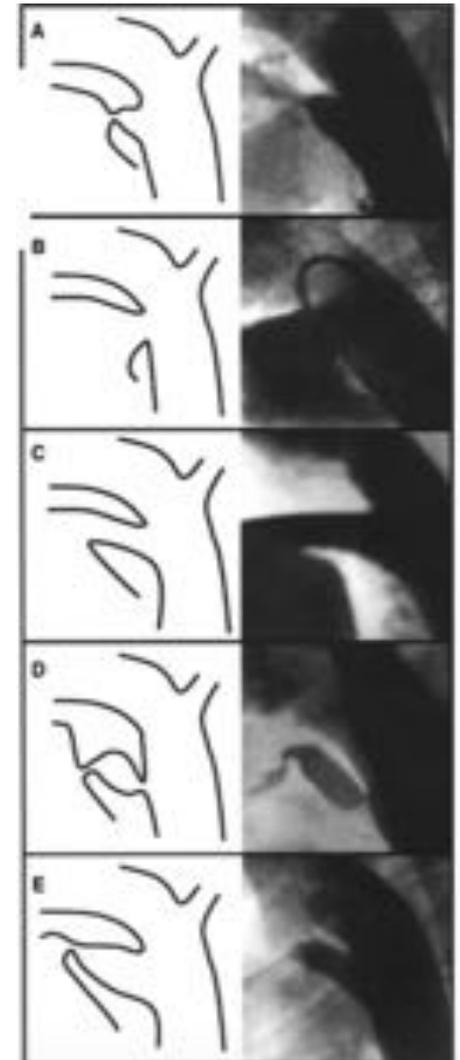
- Souffle continu à renforcement télésystolique chez un enfant asymptomatique
- Signes clinique d'hyperdébit pulmonaire et de vol diastolique
- Cadre nosologique :
 - Petit CA silencieux
 - CA restrictif soufflant
 - Large CA symptomatique
 - CA avec RVP élevées
 - CA du prématuré

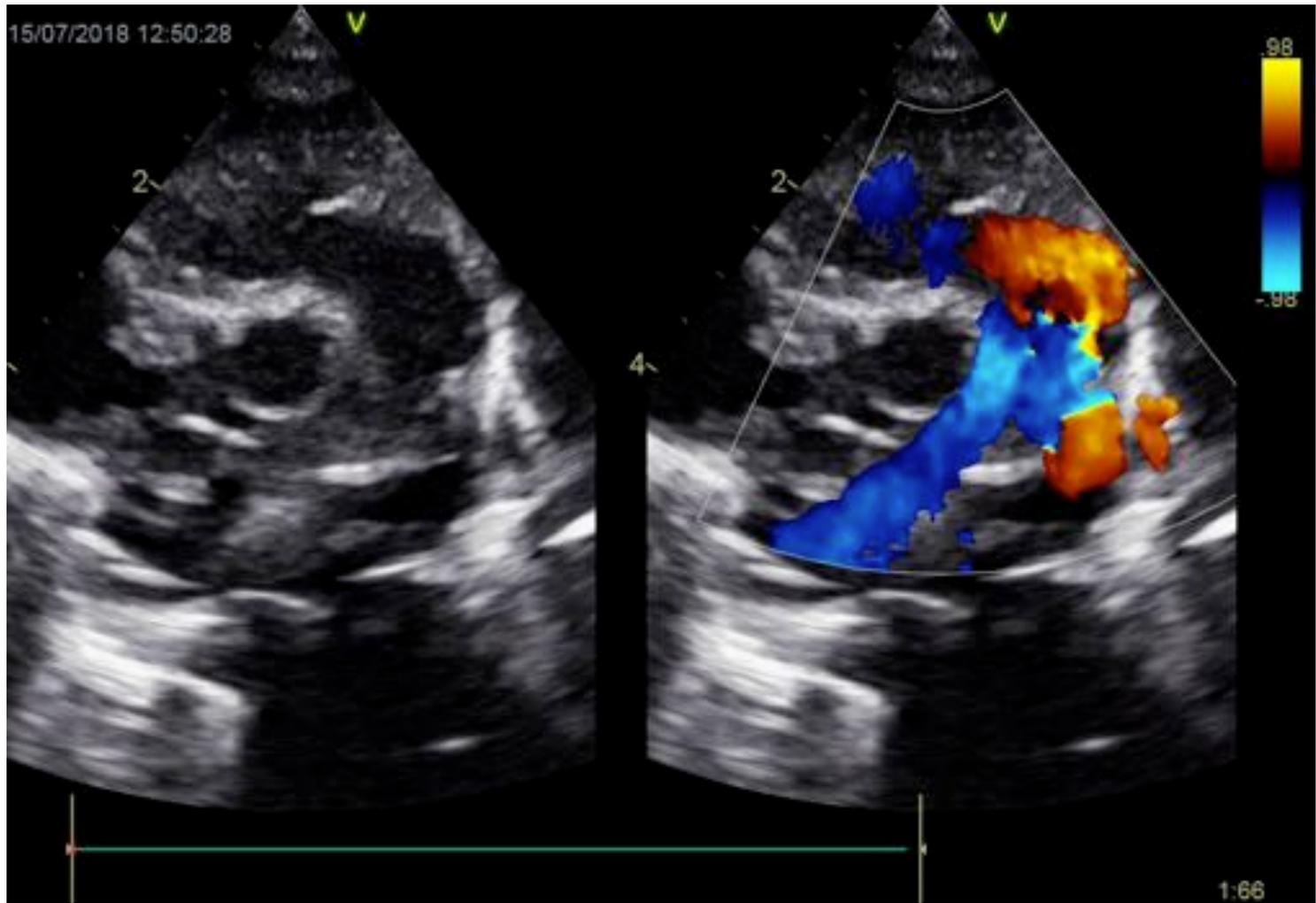
Evaluation échographique

- L'importance du shunt dépend
 - De la taille du canal
 - Du rapport des résistances vasculaires systémiques et pulmonaires.
- Sens du shunt
- Vitesse du shunt
- Taille des cavités gauches ? Surcharge volumique
- Taille du canal ? Canal large = égalisation des pressions
- Flux nul ou vol en diastole dans l'aorte abdominale ou l'artère cérébrale moyenne
- Morphologie ? En vue de la fermeture percutanée

Evaluation échographique

- Classification en fonction de la taille :
 - Petit < 2 mm
 - Moyen : 2 à 5 mm
 - Large > 5 mm
- Dilatation des cavités gauches > 2DS
- Morphologie
- Eliminer autre anomalie anatomique nécessitant chirurgie (CoAo +++)

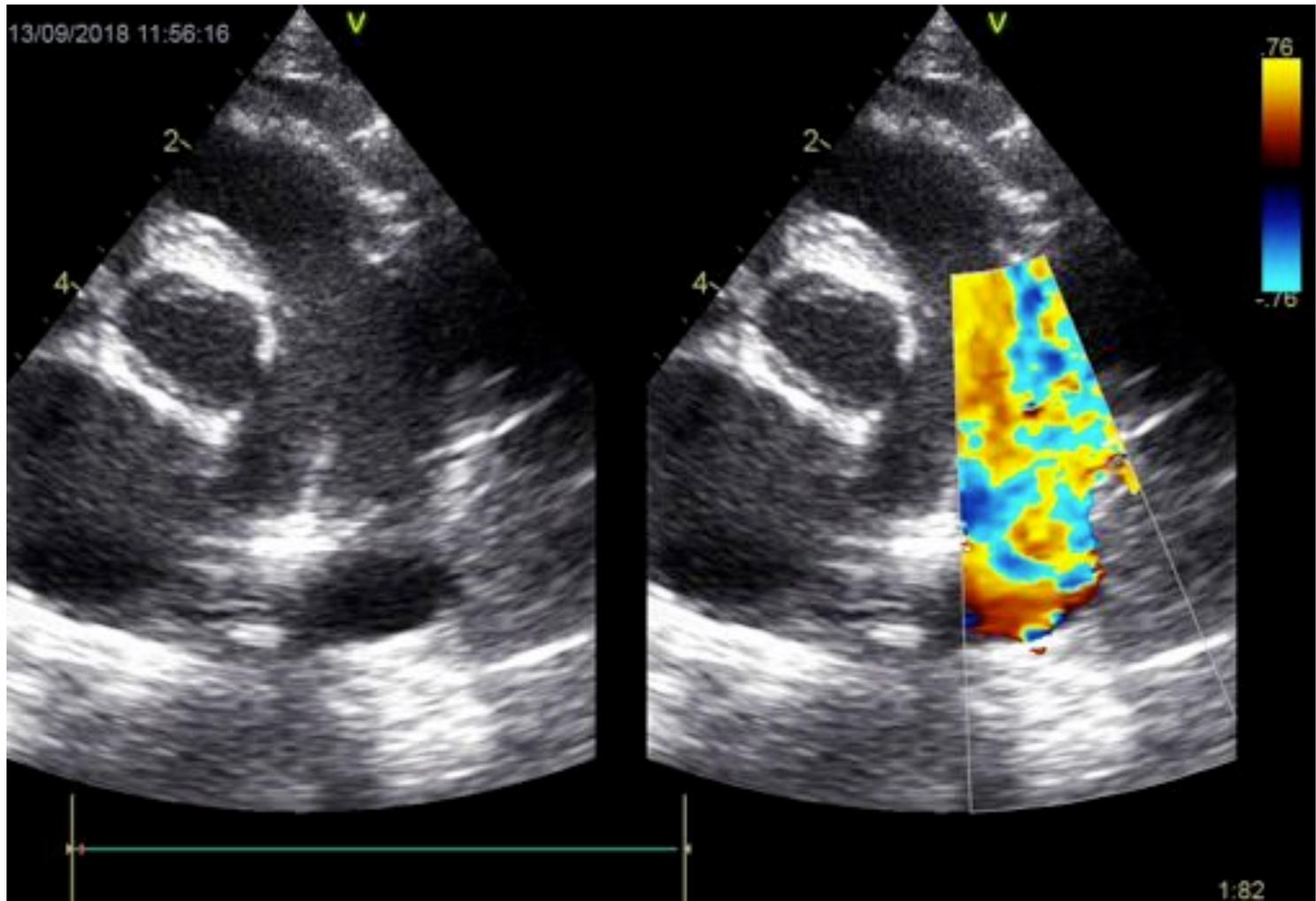




15/07/2018 12:50:57



1:58



13/09/2018 11:52:35



1:224

S12-4
121Hz
4.0cm

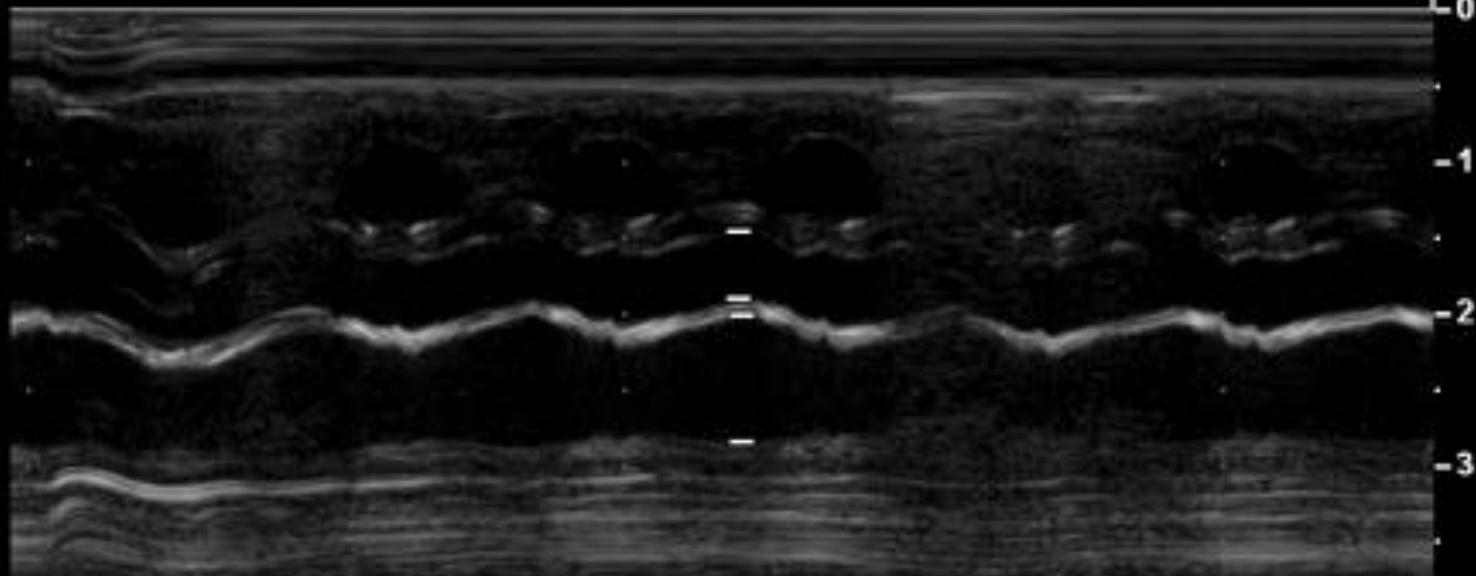
2D / TM

79% 79%
C 52
P Arrêt
Gén

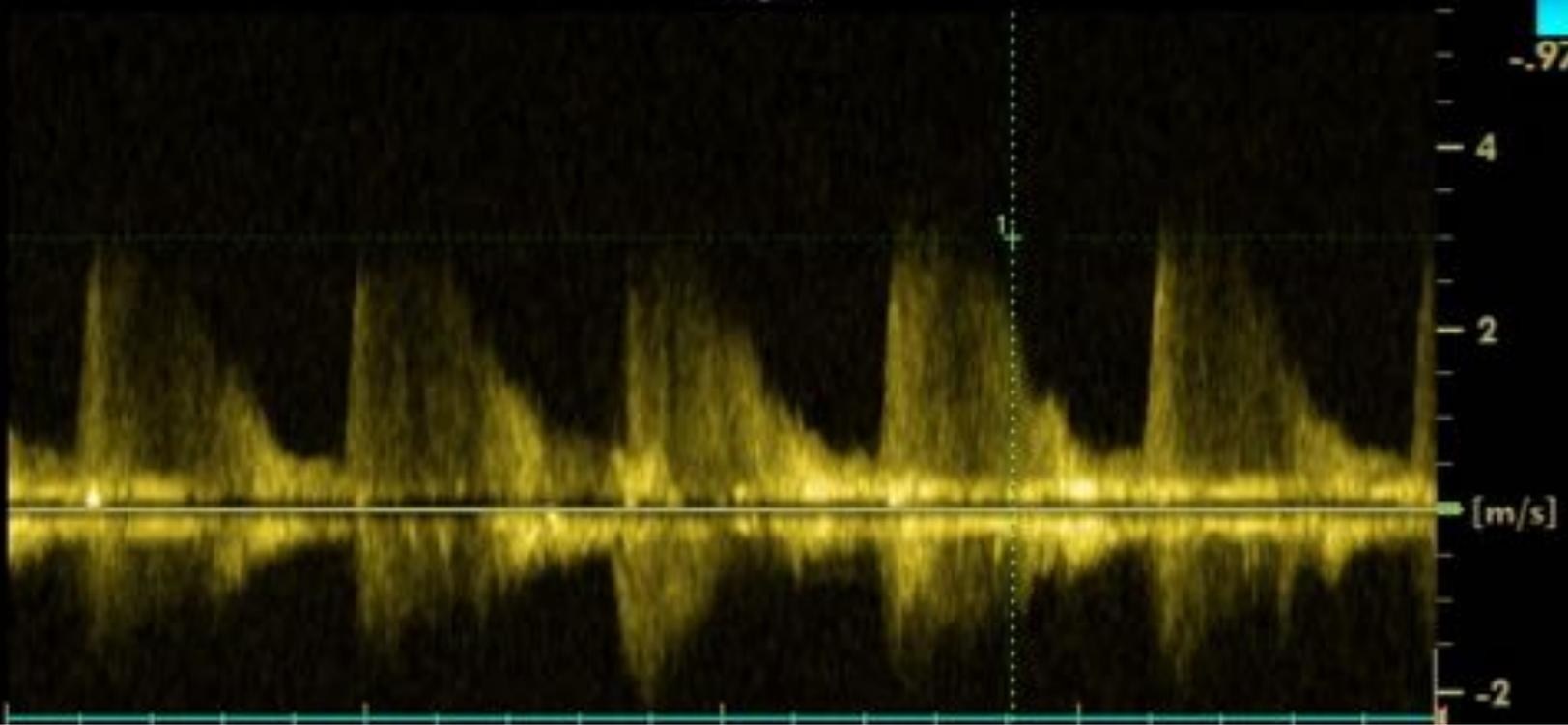
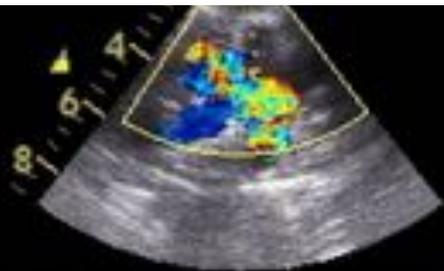


M4

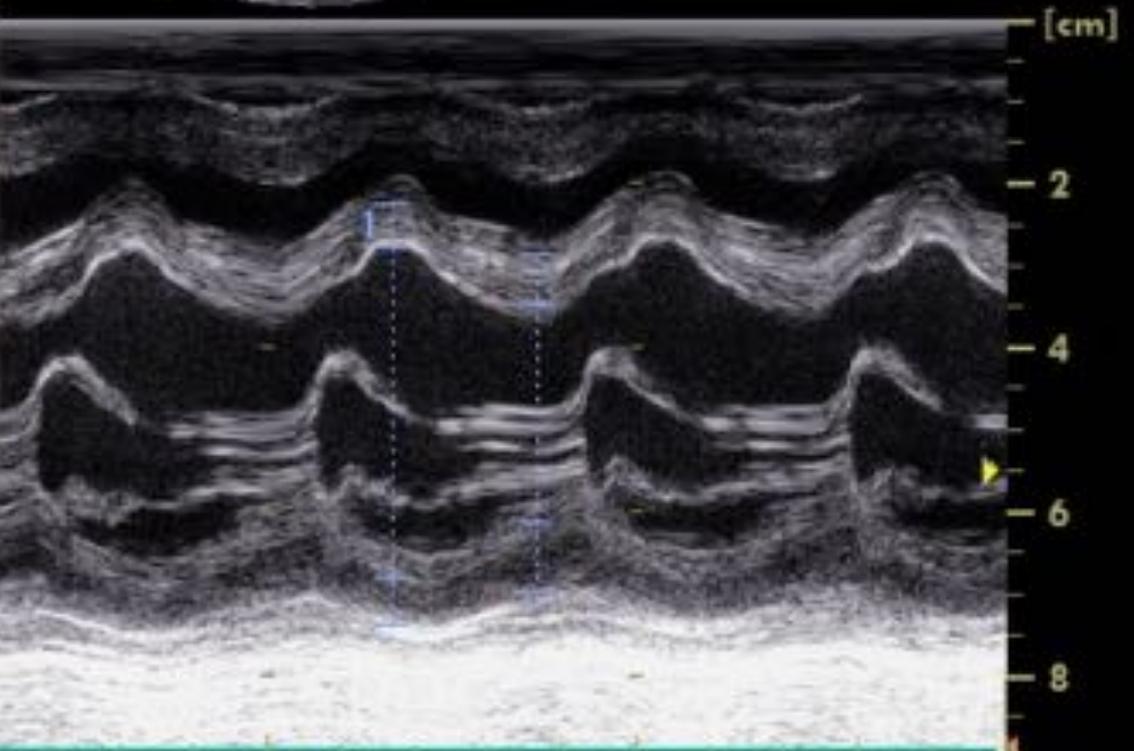
- Dimens OG 0.8 cm
- Diam racine Ao 0.4 cm
OG/Ao (TM) 2.00



1 Temps 0.00 ms



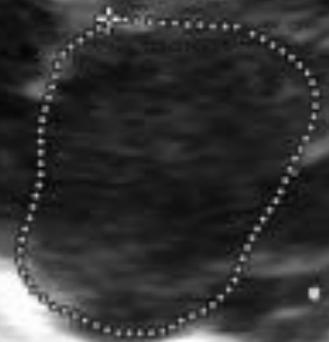
1 SIVd	0.53 cm
VGd	4.04 cm
PPVGd	0.56 cm
SIVs	0.59 cm
VGs	2.66 cm
PPVGs	0.85 cm
Vol.Téléd(Teich)	71.68 ml
Vol.Télés.(Teich)	26.05 ml
FE(Teich)	63.66 %
FR%	34.15 %
Vol.Eject.(teich)	45.63 ml
Mas. VGd(ASE)	57.67 g
h/r	0.268



S12-4
54Hz
4.0cm

2D
73%
C 52
P Arrêt
Gén

M4

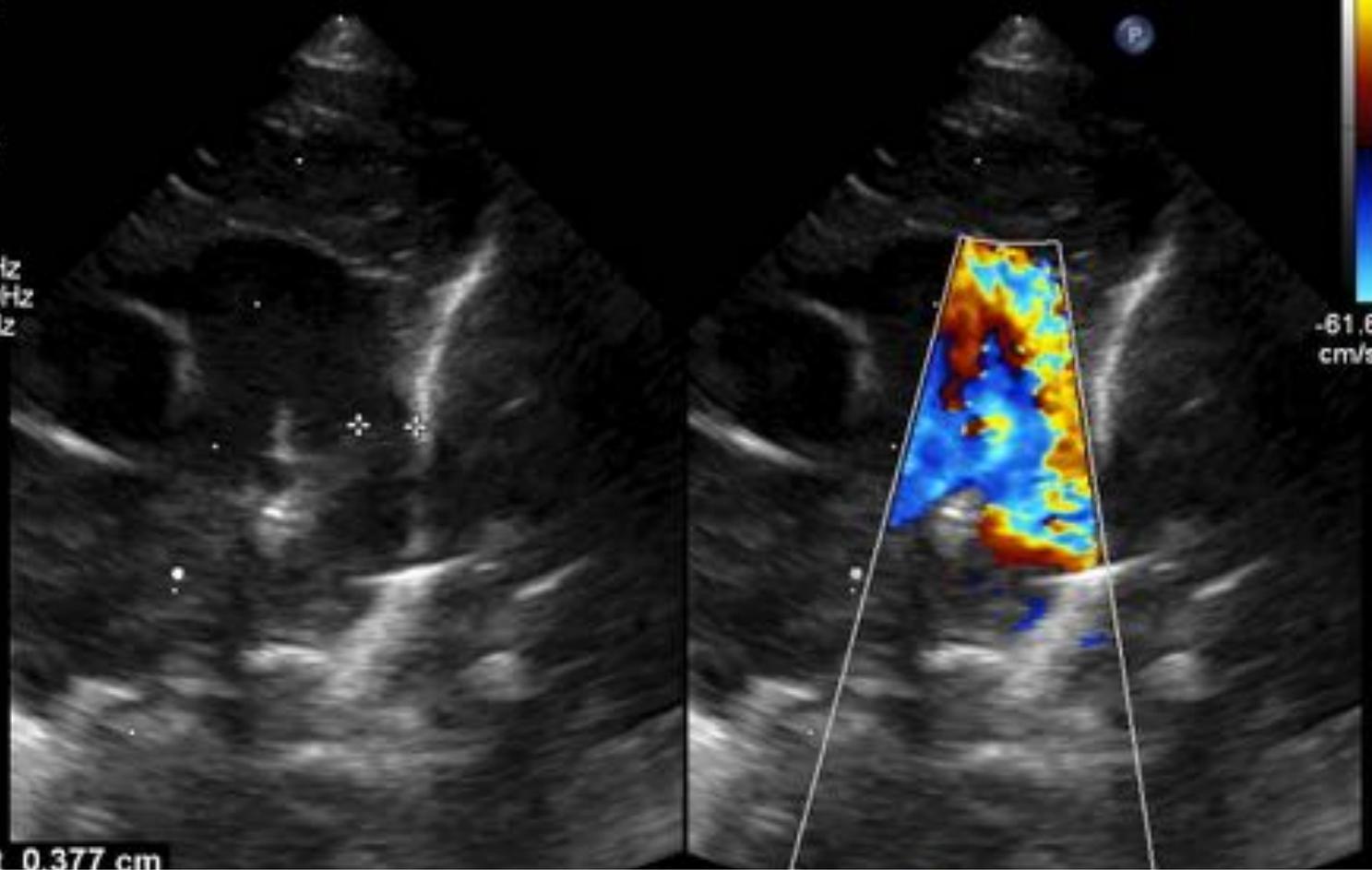


Surf 1.19 cm²

S12-4
26Hz
6.0cm

2D
79%
C 52
P Arrêt
Gén
Coul
65%
7110Hz
FP 639Hz
4.4MHz

M4
+61.6
-61.6
cm/s



Dist 0.377 cm

Indications de fermeture

Indications :

- CA symptomatique/Large CA avec HTP/CA restrictif avec hyperdébit (dilatation des cavités gauches)
- CA petit shunt G-D avec souffle, sans dilatation des cavités gauches
- Peut être envisagée :
 - CA petit shunt G-D sans souffle ni dilatation des cavités gauches ;
 - CA bidirectionnel avec HTP réversible après administration de vasodilatateurs pulmonaires.

Contre-indication : CA bidirectionnel ou D-G avec maladie hypertensive pulmonaire sévère ne répondant pas à l'administration de vasodilatateurs pulmonaires

Principales complications si laissé à son évolution naturelle :

- Insuffisance cardiaque
- Syndrome d'Eisenmenger
- Endocardite
- Anévrisme, dissection aortique

Recommendations for Transcatheter PDA Occlusion

Class I

1. Transcatheter PDA occlusion is indicated for the treatment of a moderate-sized or large PDA with left-to-right shunt that results in any of the following: Congestive heart failure, failure to thrive, pulmonary overcirculation (with or without pulmonary hypertension), or an enlarged left atrium or left ventricle, provided the anatomy and patient size are suitable (*Level of Evidence: B*).

Class IIa

1. Transcatheter PDA occlusion is reasonable in the presence of a small left-to-right shunt with normal-sized heart chambers when the PDA is audible by standard auscultation techniques (*Level of Evidence: C*).

Class IIb

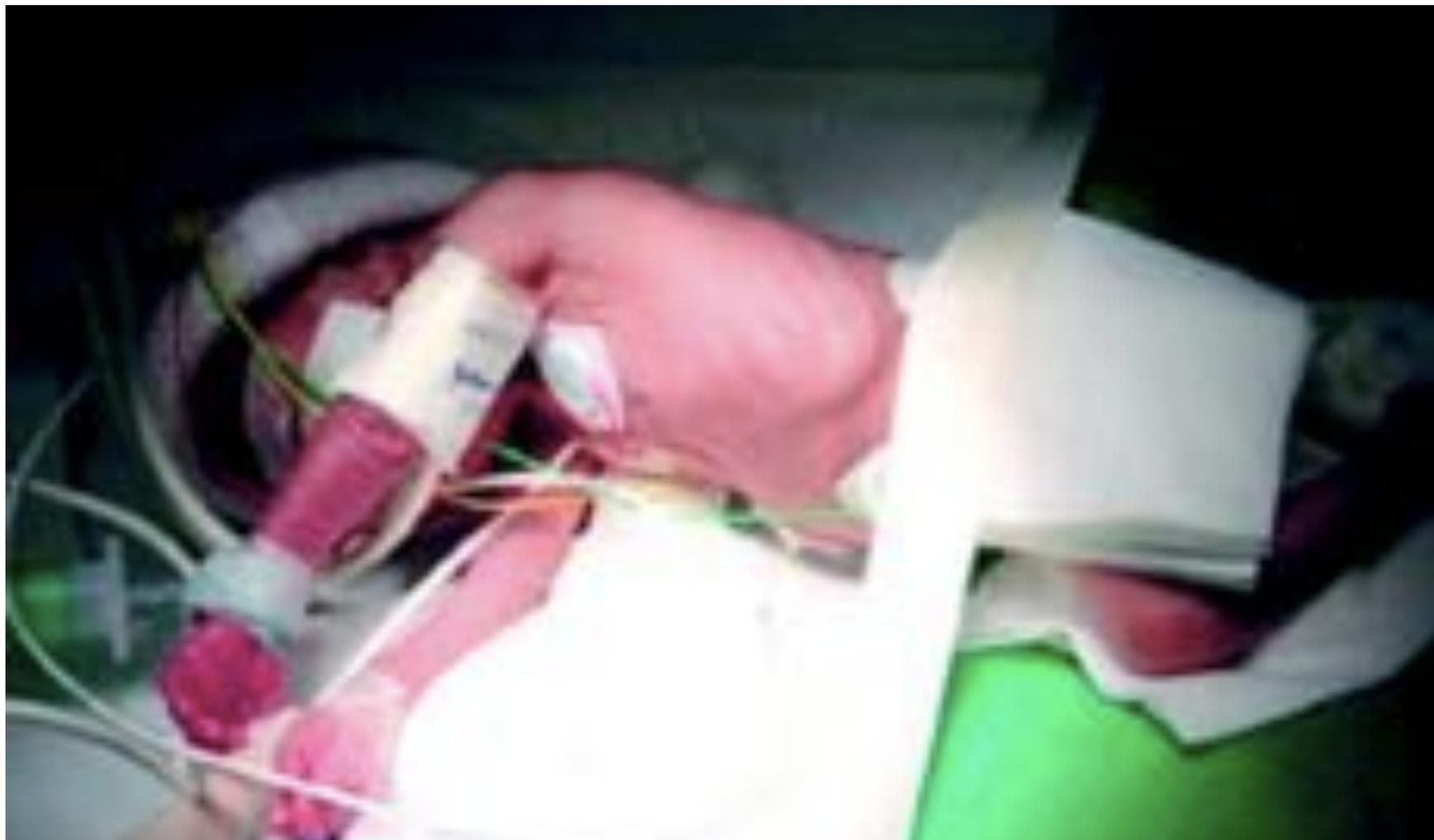
1. In rare instances, transcatheter PDA occlusion may be considered in the presence of a bidirectional PDA shunt due to pulmonary hypertension and obstructive pulmonary vascular disease but reversible to pure left-to-right shunting with pulmonary vasodilator therapy (*Level of Evidence: C*).
2. Transcatheter PDA occlusion may be considered in a PDA associated with a small left-to-right shunt with normal heart size and an inaudible murmur (*Level of Evidence: C*).

Class III

1. Transcatheter PDA occlusion should not be attempted in a patient with a PDA with severe pulmonary hypertension associated with bidirectional or right-to-left shunting that is unresponsive to pulmonary vasodilator therapy (*Level of Evidence: C*).

Options thérapeutiques

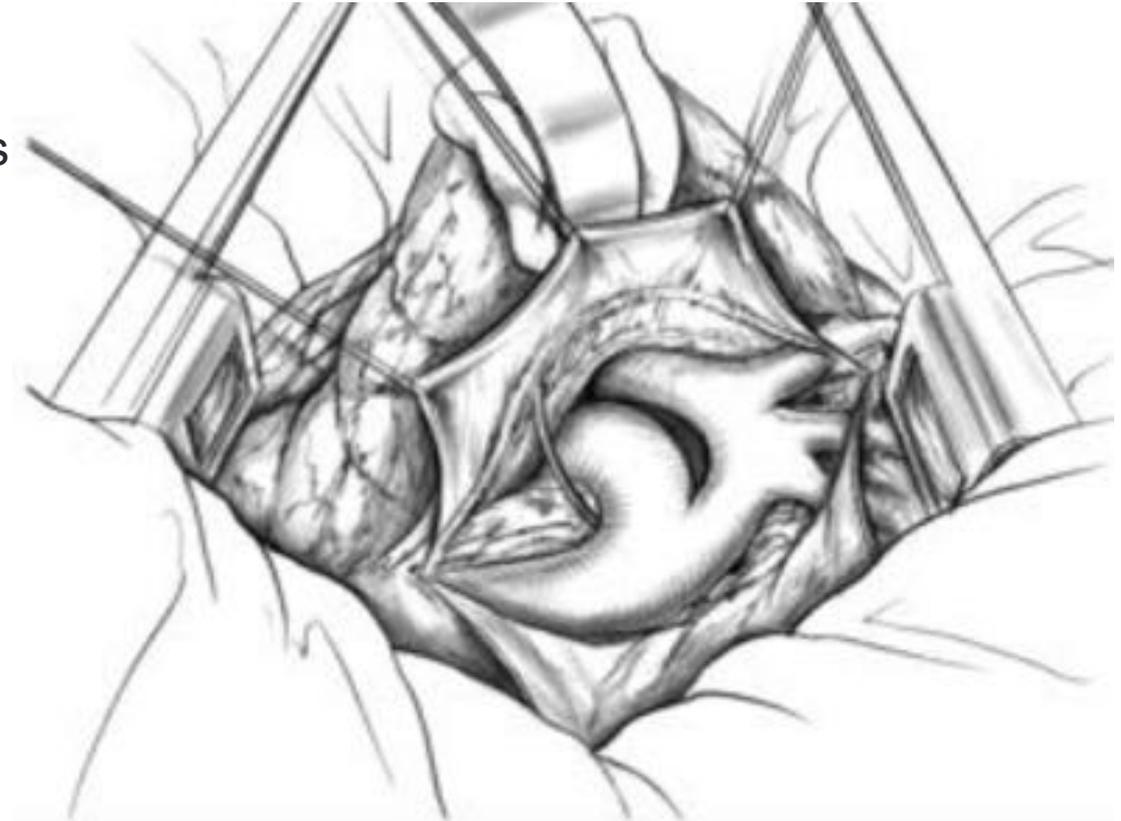
Historique : chirurgie



Options thérapeutiques

Historique : chirurgie

- Thoracotomie postéro-latérale gauche
- Ligature chez les prématurés
- Section-suture chez les autres



Options thérapeutiques

Historique : chirurgie

Complications :

- Hémorragie
- Lésion du nerf récurrent G = paralysie corde vocale G
- Lésion nerf phrénique G = paralysie de coupole diaphragmatique G
- Plaie du canal thoracique = Chylothorax
- Coarctation
- Ligature APG/Ao descendante....
- Chez les prématurés, fermeture du canal souvent suivie d'une dégradation sévère sur le plan hémodynamique et respiratoire

Options thérapeutiques

Standard of care : cathétérisme

In 1966, Forstmann^{1,2} was the first to successfully apply a new method by which a patent ductus arteriosus (PDA) was closed by a plug transported by catheters through the femoral artery. Thereafter, he reported successful procedures in 56 of his patients. Takamiya³ had used this method in ten patients by October, 1971. Lack of mortality, minor morbidity, and no recurrence of shunting in their long-term follow-up studies encouraged us to use this method in our patients.⁴

To date, we have successfully accomplished the transfemoral plug closure of PDA in 58 of 61 patients. Although the principle of the method has been un-
derstood, as our experience broadened the technical

criteria for selecting candidates, except for the size of the ductus, patients underwent ductus and femoral artery angiography to evaluate the shape and the relative lumens. The diameter of the plug should be larger than that of the ductus. Particular attention was given to ruling out all other associated heart anomalies.

The principle of Forstmann's method is as follows: A long catheter is inserted through the femoral artery, across the aorta, and into the ductus. The catheter is caught in the right heart by a catching wire passed through a femoral vein. The catheter is drawn by the venous catheter through the right heart, the inferior vena cava, and out the femoral vein. A steel guide wire, lying within the lumen of the mentioned arterio-transductal-venous catheter, is used as a track over which a closure plug will be

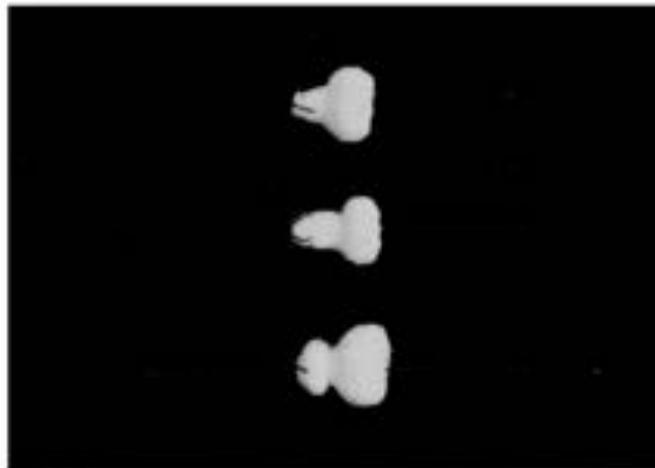


Figure 1

Options thérapeutiques

Standard of care : cathétérisme

Recommendations for Transcatheter PDA Occlusion

Class I

1. Transcatheter PDA occlusion is indicated for the treatment of a moderate-sized or large PDA with left-to-right shunt that results in any of the following: Congestive heart failure, failure to thrive, pulmonary overcirculation (with or without pulmonary hypertension), or an enlarged left atrium or left ventricle, provided the anatomy and patient size are suitable (*Level of Evidence: B*).

Class IIa

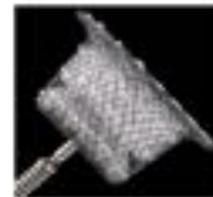
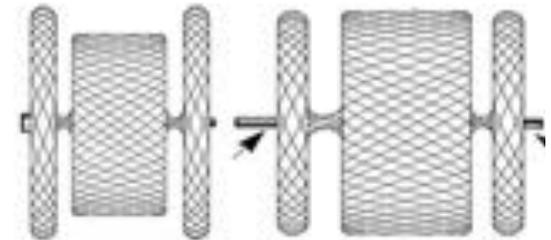
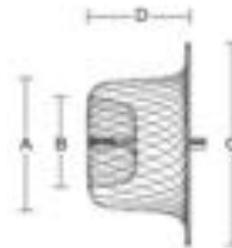
1. Transcatheter PDA occlusion is reasonable in the presence of a small left-to-right shunt with normal-sized heart chambers when the PDA is audible by standard auscultation techniques (*Level of Evidence: C*).

Class IIb

1. In rare instances, transcatheter PDA occlusion may be considered in the presence of a bidirectional PDA shunt due to pulmonary hypertension and obstructive pulmonary vascular disease but reversible to pure left-to-right shunting with pulmonary vasodilator therapy (*Level of Evidence: C*).
2. Transcatheter PDA occlusion may be considered in a PDA associated with a small left-to-right shunt with normal heart size and an inaudible murmur (*Level of Evidence: C*).

Class III

1. Transcatheter PDA occlusion should not be attempted in a patient with a PDA with severe pulmonary hypertension associated with bidirectional or right-to-left shunting that is unresponsive to pulmonary vasodilator therapy (*Level of Evidence: C*).



ADO



ADO II AS



AVP



ADO II



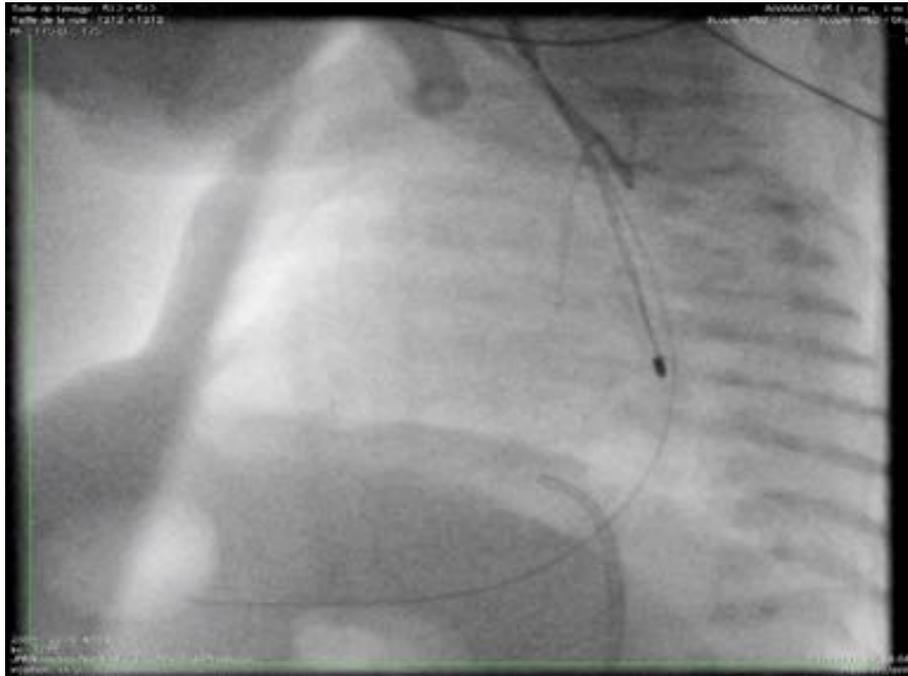
Options thérapeutiques

Standard of care : cathétérisme

Complications :

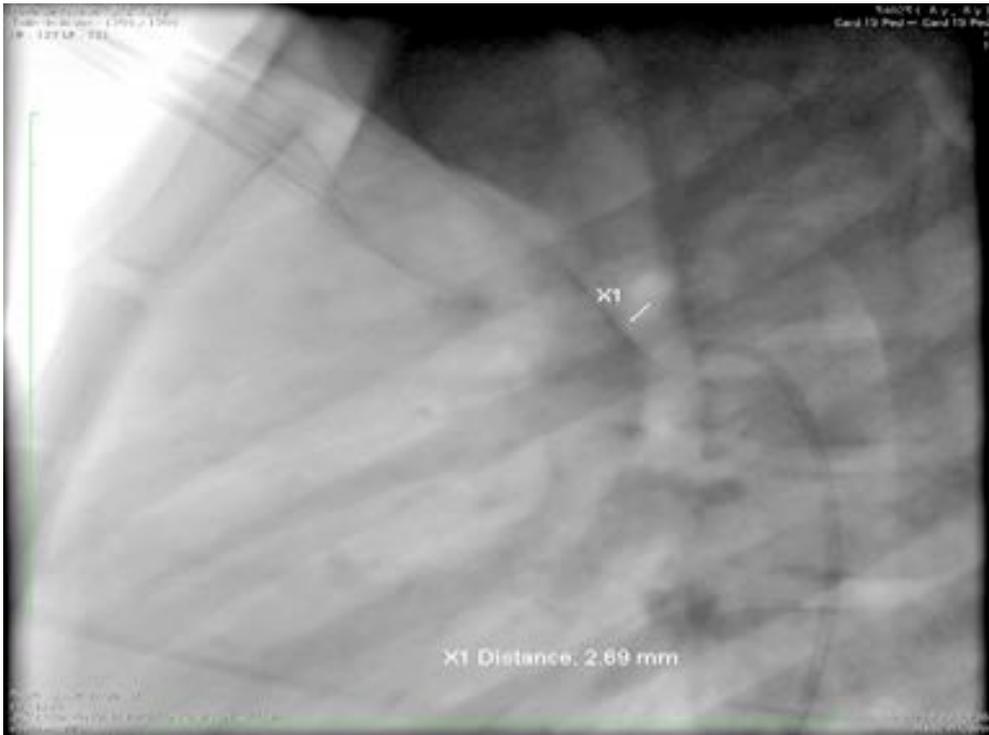
- Migration/Embolisation
- Coarctation
- Sténose APG
- Shunt résiduel
- Hémolyse
- Point de ponction

Taux de fermeture > 95%

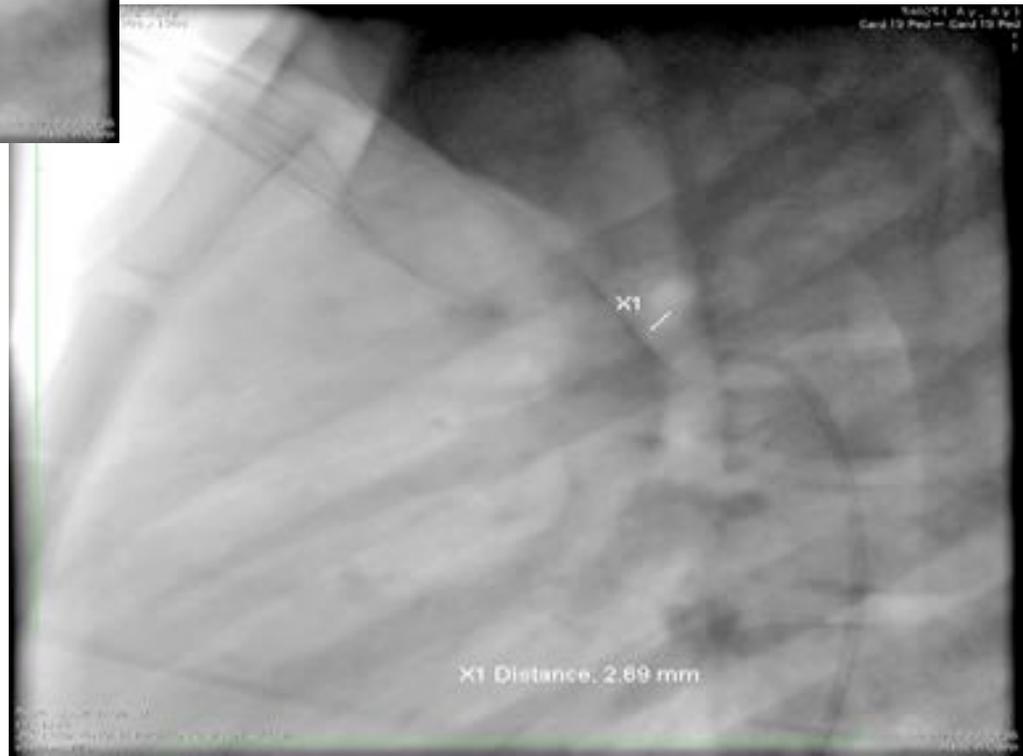


Fermeture par ADO II





Fermeture par coil



Options thérapeutiques

Standard of care : cathétérisme

Passé

- Accès veineux
- Standardisation
- Miniaturisation
- Nombreuses prothèses

- Plus petits poids
- Canaux plus larges

Futur

- Fermeture PCA prématuré gold standard
- Fermeture écho-guidée à la couveuse

Surgical management of a patent ductus arteriosus: Is this still an option?

Dany E. Weisz^{a,b,*}, Regan E. Giesinger^{a,c}

^a Department of Paediatrics, University of Toronto, Toronto, Canada

^b Department of Newborn and Developmental Paediatrics, Sunnybrook Health Sciences Centre, Toronto, Canada

^c Division of Neonatology, Department of Paediatrics, Hospital for Sick Children, Toronto, Canada

CA du prématuré

- Reste ouvert à 4 jours de vie chez 10% des enfants nés entre 30 et 37 SA, 80% des enfants entre 25 et 28 SA, et 90% des 24 SA (à 7 jours : 2, 67 et 85% respectivement)
- Perméabilité prolongée associée avec ventilation assistée prolongée, dysplasie bronchopulmonaire, hémorragie pulmonaire, ECUN, HIV, leucomalacie périventriculaire et paralysie cérébrale.

CA du prématuré

Risques :

- Court Terme (< 72h) :
 - Hémorragie intra-ventriculaire
 - Hémorragie pulmonaire
- Moyen terme :
 - ECUN
 - Insuffisance rénale
 - Ré aggravation de la MMH
- Long terme :
 - Insuffisance cardiaque
 - Bronchodysplasie

CA du prématuré

- La fermeture précoce du canal artériel permet-elle de diminuer l'incidence de toutes ces complications ?
 - Non
 - Indométhacine prophylactique réduit risque d'HIV et d'hémorragie pulmonaire mais aucune différence sur pronostic neurodéveloppemental ou respiratoire à long terme
- Complications du traitement ?
 - Oui quelque soit la thérapeutique utilisée
- « hémodynamiquement significatif »... ?
- En première intention devant PCA avéré : Ibuprofène ou Indométhacine
- En deuxième intention : cathétérisme ou chirurgie

CA du prématuré

Hémodynamiquement significatif :

- Cliniquement :
 - dépendance à la ventilation, RP, signes d'hypodébit systémique, pouls amples, TA diastolique basse
- Échographiquement :
 - Diamètre CA au bout pulmonaire > 2 mm
 - Vitesse du shunt
 - OG/Aorte > 1,5, moins sensible que VOG ou SOG indexé
 - DTDVG > Z-score + 2
 - Vmoyenne dans l'APG > 45-50 cm/s et Vtélédiastolique > 20 cm/s
 - Diastole nulle ou vol diastolique dans Ao abdo/AMS ou ACM
 - Importance du retour veineux pulmonaire, du shunt par FOP ou CIA

02/01/2019 20:21:57

PREMA DEMO

04072020190102

REANIMATION ...

02/01/2019 20:21:55 L

Pédiatrique

TIS1.3 MI 0.7

S12-4

51Hz

5.0cm

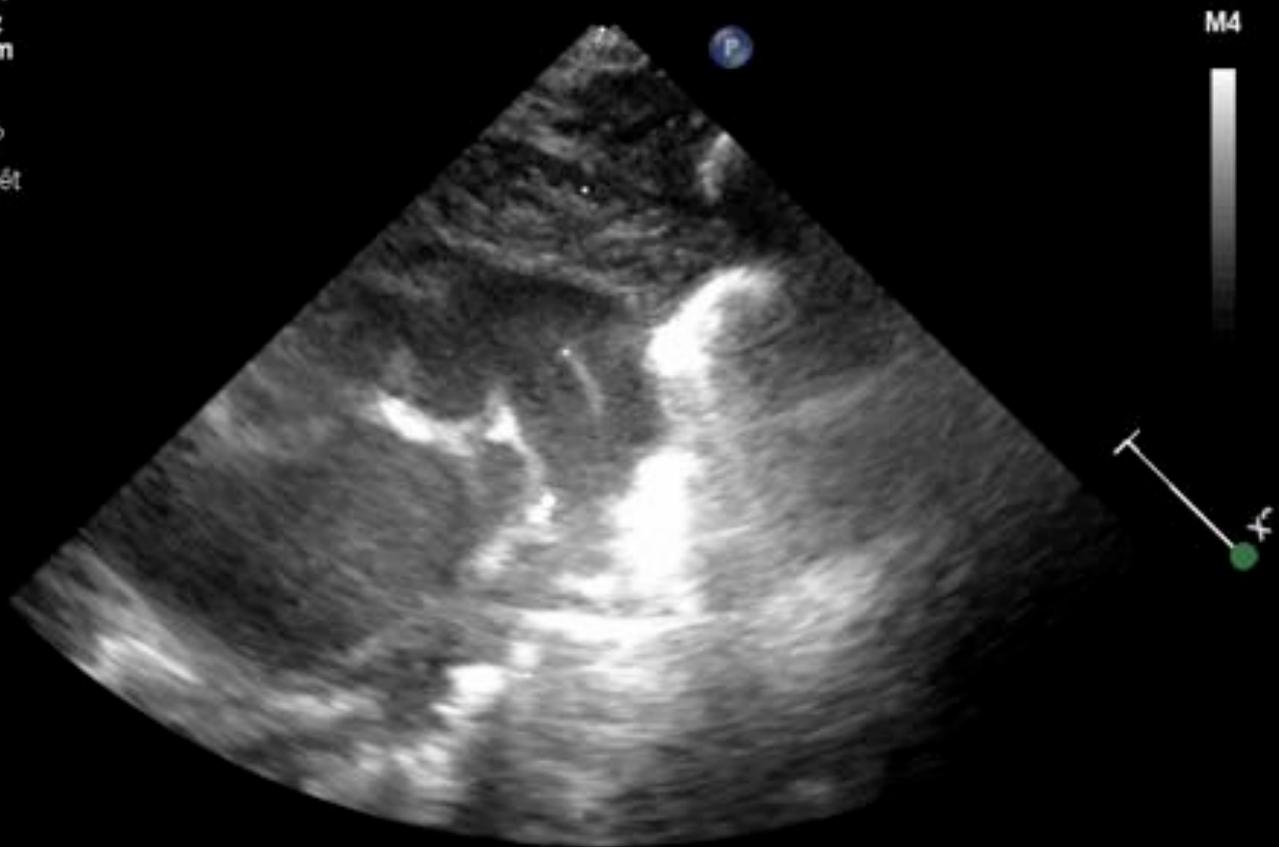
2D

83%

C 52

P Arrêt

Gén



M4



*** bpm



CA du prématuré

Transcatheter Closure of Hemodynamic Significant Patent Ductus Arteriosus in 32 Premature Infants by Amplatzer Ductal Occluder Additional Size-ADOIIAS

Patrice Morville^{1*}  and Ahmad Akhavi²

CCI 2017



15/11/2018 15:14:46

L

Pédiatrique

TIS1.0

MI 0.7

S12-4
31Hz
6.8cm

2D
77%
C 52
P Amitt
Gén

Coul
65%
8888Hz
FP 799Hz
4.4MHz



— bpm

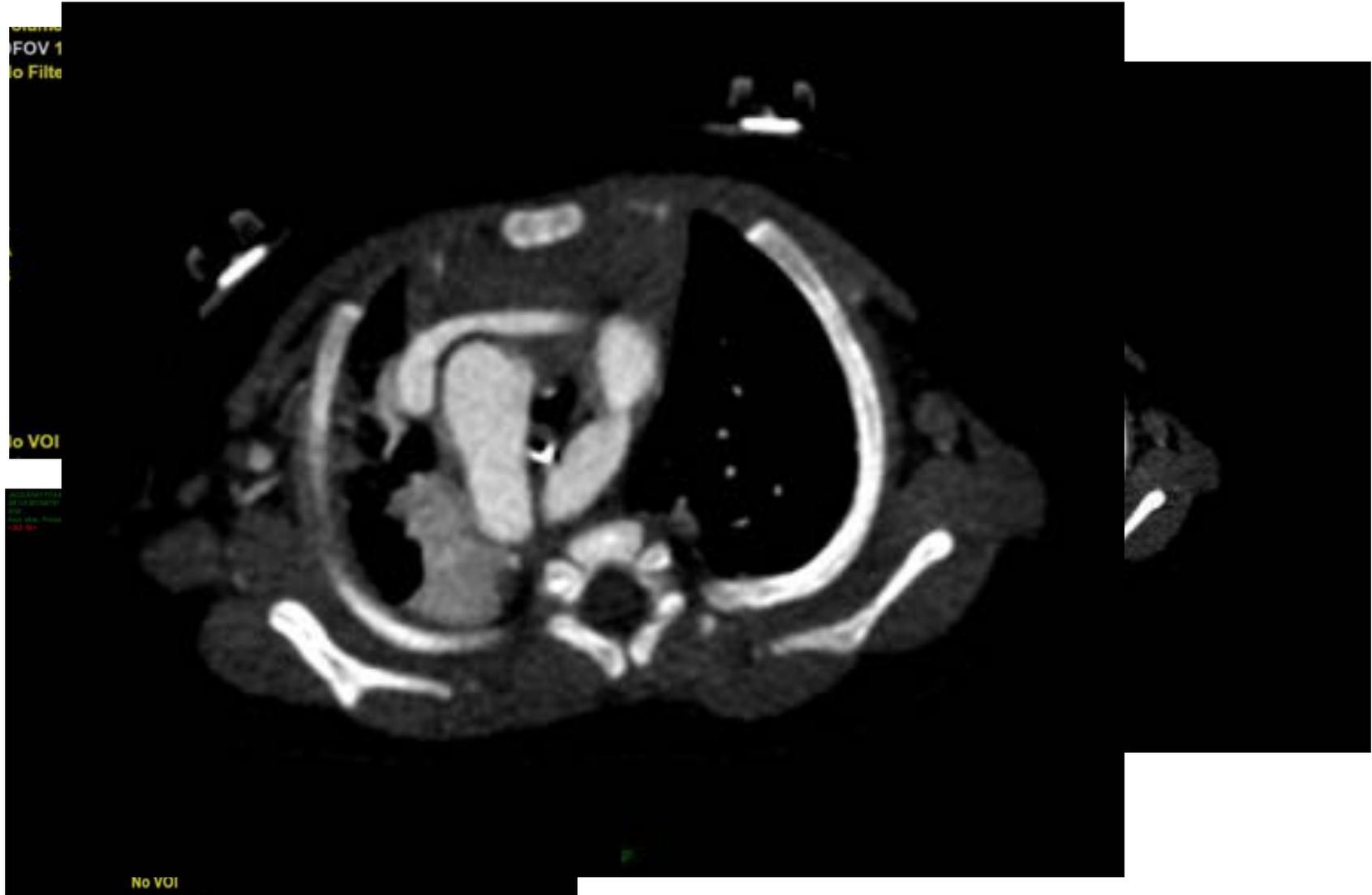
Risques de la procédure

Complications

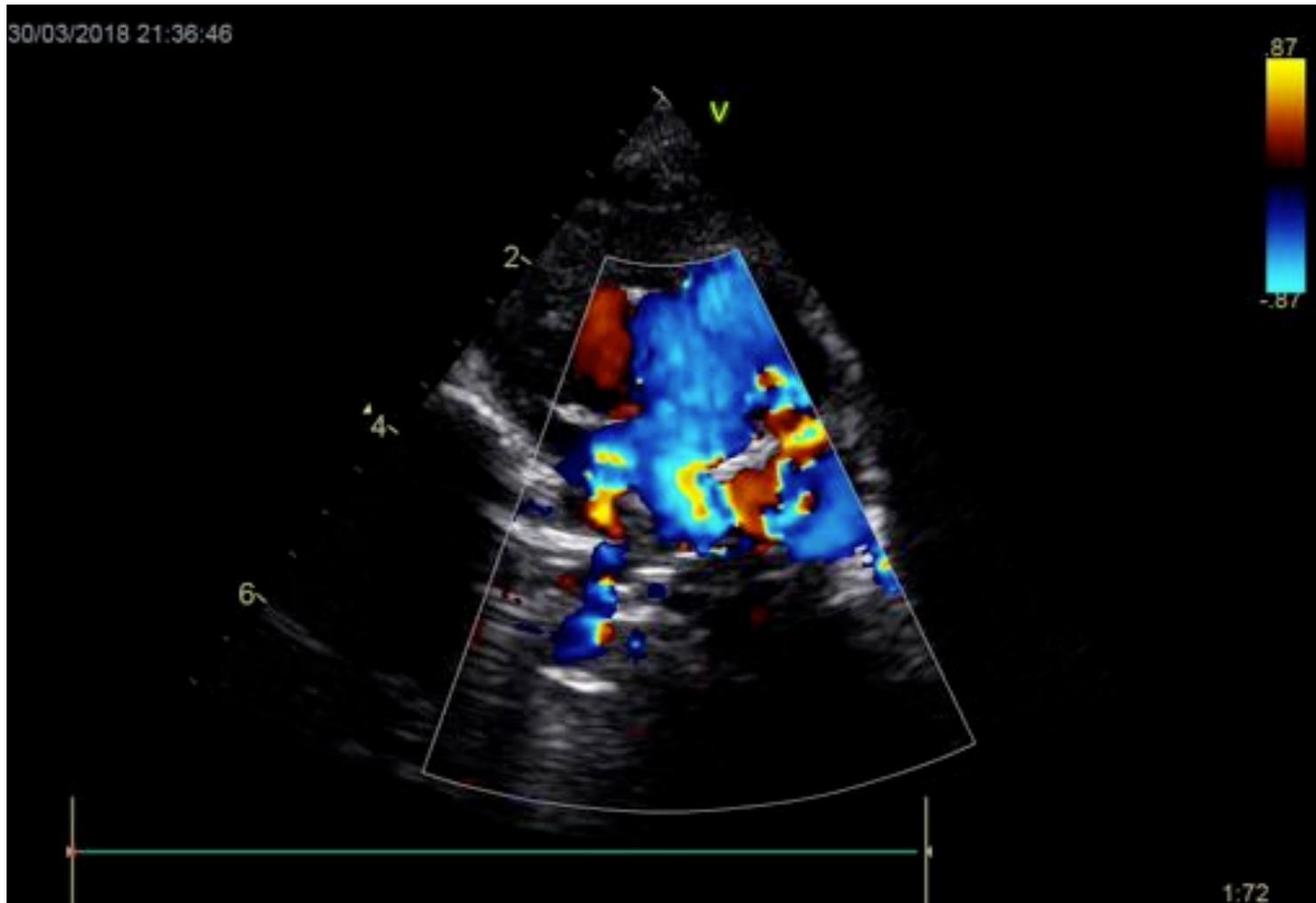
- Instabilité hémodynamique et respiratoire : désaturations/bradycardies sévères/ACR
- Rupture de cordage tricuspide → fuite tricuspide
- Échec de fermeture du canal
- Embolisation de prothèse
- Sténose APG
- Coarctation de l'aorte
- Complications au point de ponction (thrombose veineuse, hématome)
- Infection post-cathétérisme

Le canal artériel dans tous ses états...

croisse aortique droite

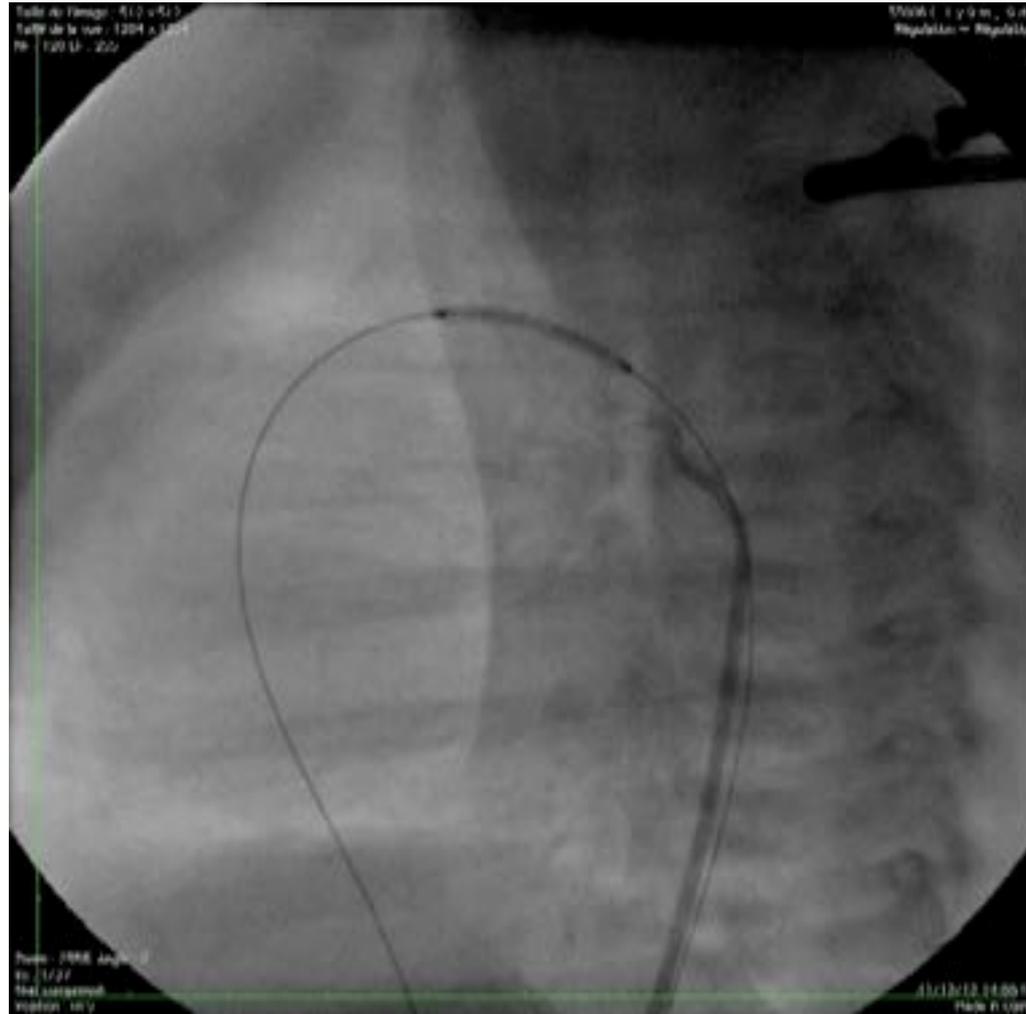


Le canal artériel dans tous ses états... sling de l'APG



Le canal artériel dans tous ses états...

stent du canal artériel



Un peu de physiologie

Les shunts en réanimation néonatale

- Canal précieux pour l'évaluation hémodynamique devant hypoxémie réfractaire néonatale
 - Sens des shunts : à travers la CIA, à travers le canal artériel
 - Saturations sus et sous-ductale
 - Eliminer une cardiopathie (RVPA total bloqué +++)
 - Diagnostic différentiel : HTAP
 - Hernie diaphragmatique

Merci de votre attention