

Anesthésie Réa

Dérivations cavo-pulmonaires

Dr N TAFER – DIU Rea CC

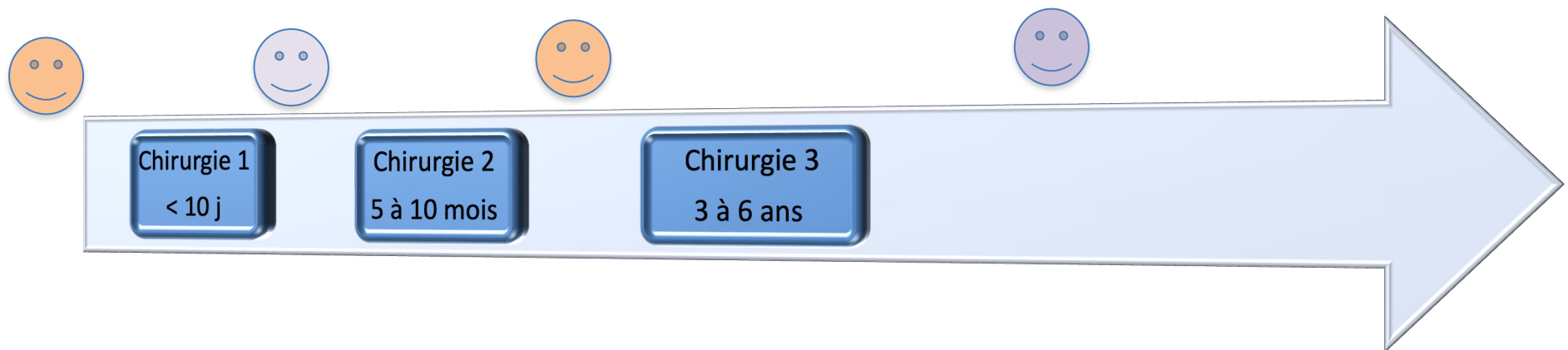


Parcours chirurgical

- Anastomose systémico-pulmonaire
- Cerclage de l' AP
- stage 1 HLHS : Norwood ou hybride
- DCPP puis DCPT

Préserver le capital artériovo-veineux

Préparation des interventions suivantes...



Dérivation cavo pulmonaire partielle
DCPP

Glenn

Hémi Fontan

Häller

Etape 2 : DCPP

[Circulatory bypass of the right side of the heart. IV. Shunt between superior vena cava and distal right pulmonary artery; report of clinical application.](#)

GLENN WW.

N Engl J Med. 1958 Jul 17;259(3):117-20. No abstract available.

- **Dérivation cavo pulmonaire partielle**
 - Anastomose entre la veine cave supérieure (VCS) et l'AP droite
- 5 à 10 mois après Etape 1
 - du fait d'un cerclage du tronc de l'AP de plus en plus serré
 - ou d'une ASP dont le calibre devient insuffisant avec la croissance
- Nécessite des RVP basses
- Après la DCPP : la VCI perfuse le VU => **SaO2 75 à 85%**

DCPP : contexte

- Tous les types de VU
- Interventions précédentes :
 - Anastomose systémico-pulmonaire
 - Cerclage, CIA, Norwood, Hybride...
- Le plus souvent de 3 mois à 6 ans
- Désaturation progressive

Anesthésie

- Stratégie des abords veino artériels
- Intérêt : Kt système cave sup => PAP (PVCs)
- Au moment de l'intervention: généralement hypodébit pulmonaire
- Conserver l'équilibre Q_p/Q_s lors de l'induction :
 - FiO_2 élevée et normocapnie
 - Surveiller SaO_2 et PA
 - Augmenter la volémie

Intervention

- DCPP sans CEC
 - risque de PVCS élevée avec retentissement neuro, surveiller la PVCs, si > 25 mmHg, risque +++, NIRS + geste opératoire rapide...
 - Risque hémorragique : transfusion prête
 - Au déclampage, augmentation de la volémie nécessaire et baisse des RVP

Intervention avec CEC

- CEC d'assistance
- Clampage aortique si DCPP associé à un autre geste chirurgical
- Intérêt de l' hémofiltration pour baisser les RVP
- Monitoring per op POG sur oreillette unique afin d'évaluer le gradient trans pulmonaire

Sevrage de la CEC

La SaO₂ en fin de CEC : \pm 85%

Pression veineuse cave sup < 18

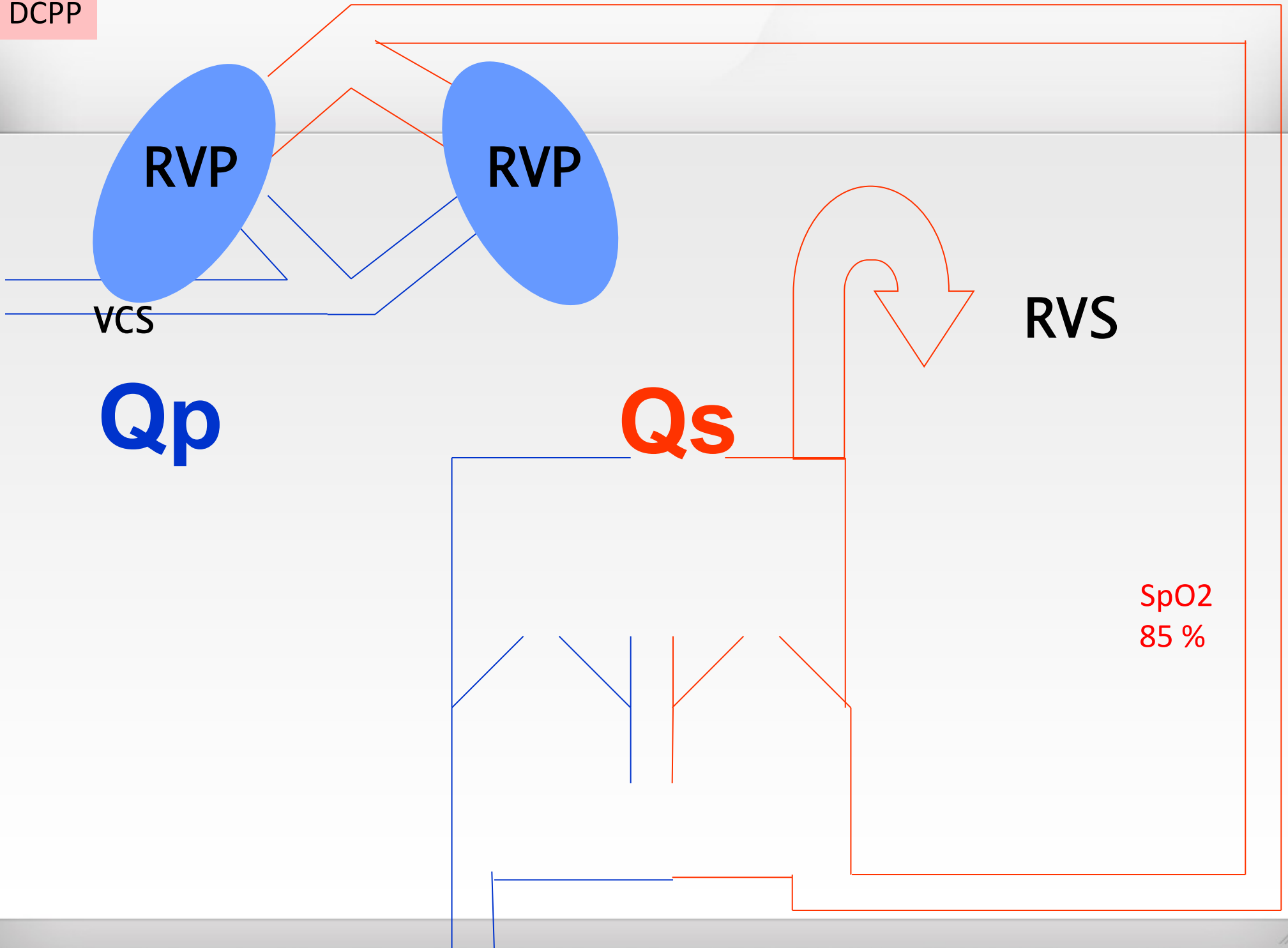
Intérêt de la milrinone : effet inotrope sans tachycardie et effet VD pulmonaire

Le bon fonctionnement de la DCPP dépend :

- De la pression cave sup
- De la volémie (remplissage)
- Des RVP - de la taille des AP
- De la pression veineuse pulmonaire :
 - Fonction myocardique
 - Fonction de la VAV

- Dysfonctionnement du montage

DCPP



SpO₂
85 %

Volémie basse

- Pas d'effet pompe pour la circulation pulmonaire
- Remplissage vasculaire augmente le débit pulmonaire
- PVC sup = PAP
- Système veineux capacitant
 - Donc volume de remplissage important
 - Intérêt de la position 1/2 assise : VCS -> AP
- Si PVC < à la PAP théorique
 - Baisse brutale du débit pulmonaire et du débit cardiaque
 - Traitement principal : remplissage

Pression veineuse cave sup > 18 mmHg

- Syndrome cave sup et baisse de la SaO₂
- Origine
 - ± Obstruction de l' anastomose cavo-pulmonaire
 - PAP pré-op > 18 mmHg
 - CAT : évaluation écho ± reprise chirurgicale/Kt
 - Augmentation des résistances vasculaires pulmonaires
 - CAT : baisse des RVP - > iNO
 - Persistance d' une voie antégrade : à évaluer

RVP élevées

- Diagnostic :
 - Baisse de la SaO₂
 - Augmentation de la PVC sup et POG basse
- Causes :
 - PAPm \geq 15 mmHg en pré-op (indication limite)
 - Augmentées par la CEC, inchangées sans CEC
 - Stratégie anti-inflammatoire per CEC
 - Augmentées par les troubles de ventilation
 - Eviter : les atélectasies, l'engorgement
 - Et la surdistension des alvéoles

Pression veineuse pulmonaire

- Augmentée par la défaillance ventriculaire
 - Produite par le clampage aortique
 - Peu fréquente : à traiter par les inotropes
- Augmentée par une fuite de la valve systémique (mitrale ou tricuspide)
 - Si pré-existante : contre-indication à la DCPP
- Si élevée : diminue le gradient transpulmonaire et le débit pulmonaire de la cavo-pulmonaire

Autres causes

- Vaisseaux collatéraux qui shuntent la circulation pulmonaire (MAPCA : major aorto pulmonary collateral arteries)
 - Persistance d' une hypoxémie importante $SaO_2 < 75\%$
 - Risque d' hémoptisies
 - Traitement : embolisation par Kt interventionnel ou contrôle chirurgical
- Passage VD-AP persistant, peut être mal toléré
 - Dysfonctionnement de la cavo-pulmonaire
 - Par compétition de flux opposés
 - Syndrome cave sup avec jugulaires battantes
 - Fermeture chirurgicale possible

DCPP objectifs post op

- PVC 15-18mmhg
- Baisse RVP: milrinone systématique +/- NO
- Sat 80%
- Tête surélevée
- Sevrage ventilatoire rapide

Dérivation Cavo Pulmonaire Totale (DCPT) Fontan modifié

Intervention de FONTAN

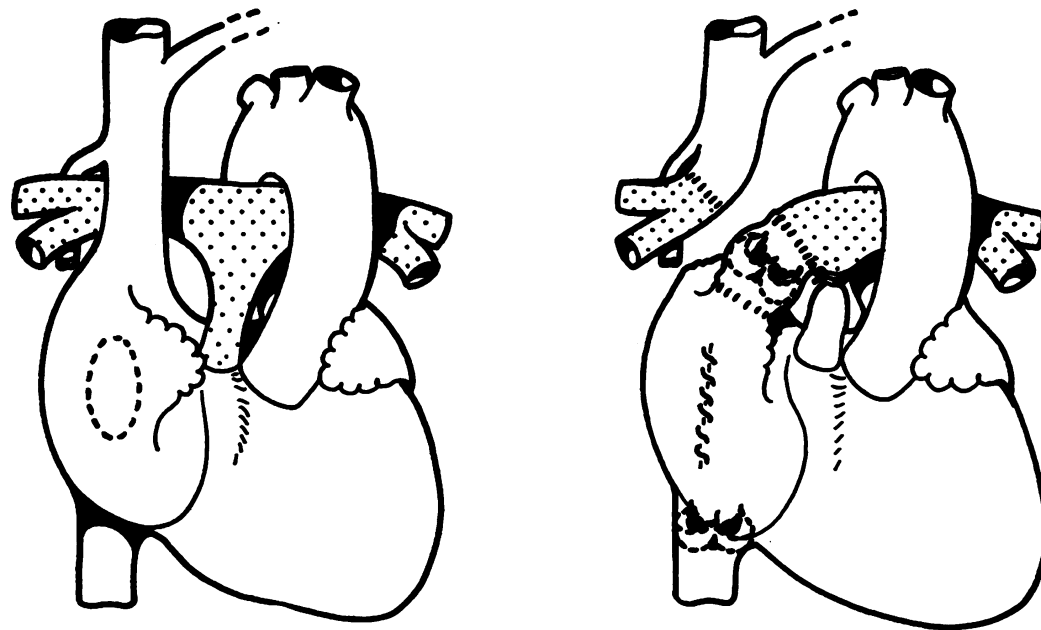


Thorax (1971), 26, 240.

Surgical repair of tricuspid atresia

F. FONTAN and E. BAUDET

Centre de Cardiologie, Université de Bordeaux II, Hôpital du Tondu, Bordeaux, France



Evolution de la technique

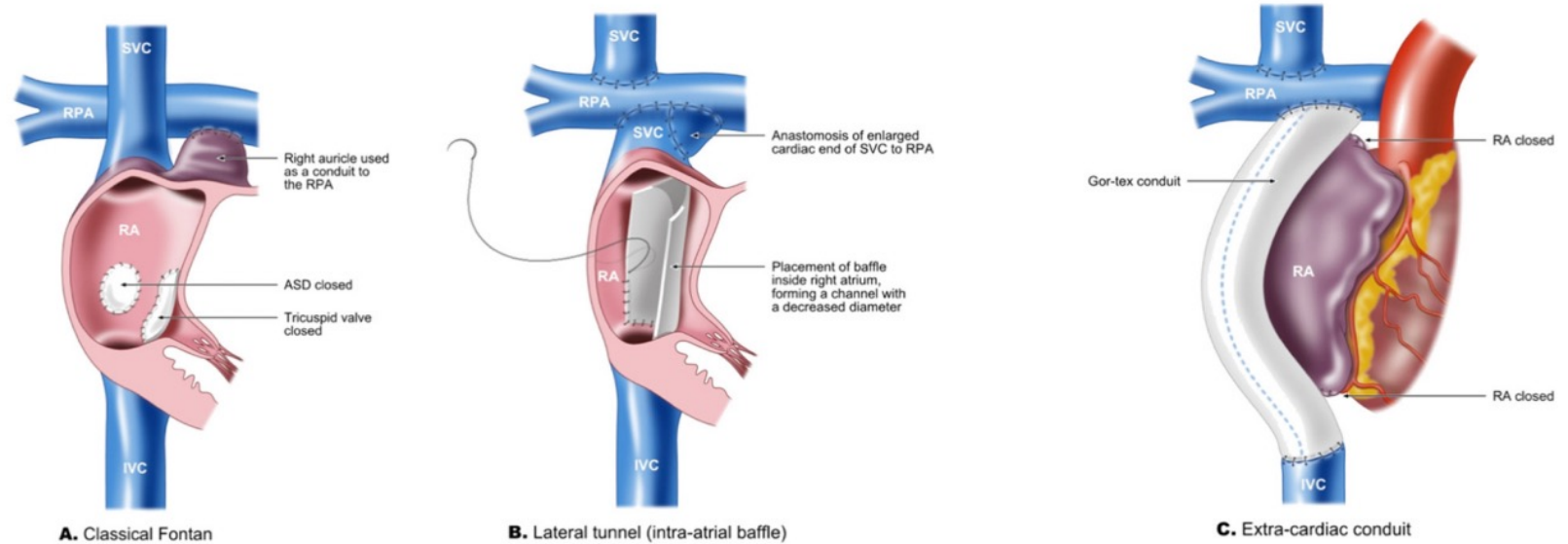


Fig. 1. Evolution of the Fontan procedure. (A) Atriopulmonary connection, (B) Lateral tunnel, (C) extracardiac conduit techniques (used with permission from d'Udekemet al., *Circulation* 2007) [4].

The Fontan Procedure

Contemporary Techniques Have Improved Long-Term Outcomes

Yves d'Udekem, MD, PhD; Ajay J. Iyengar, BmedSci; Andrew D. Cochrane, MD, FRACS;
 Leanne E. Grigg, MBBS, FRACP; James M. Ramsay, MD, FRACP;
 Gavin R. Wheaton, MD, FRACP; Dan J. Penny, MD, PhD, FRACP; Christian P. Brizard, MD

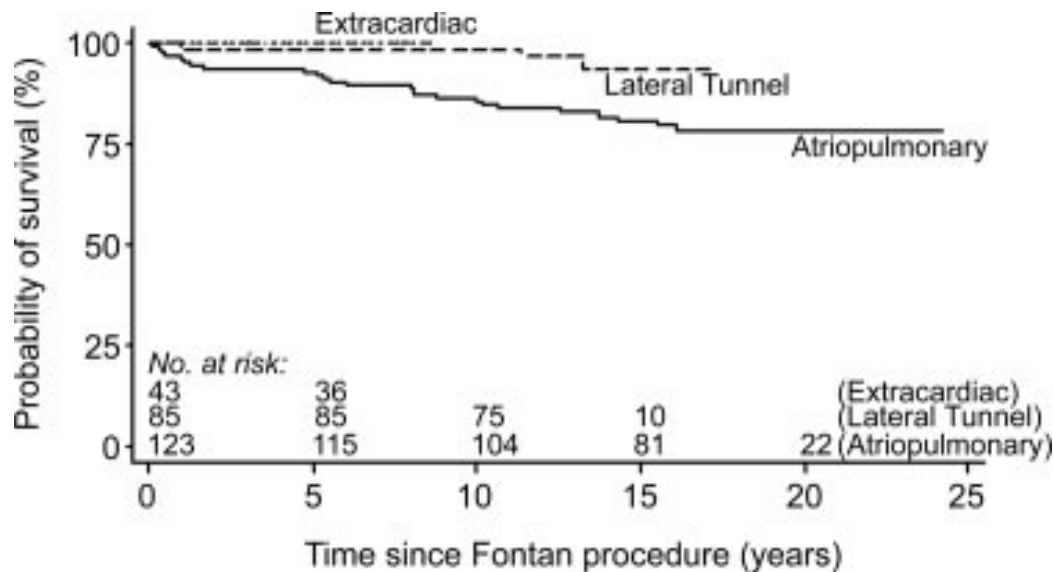
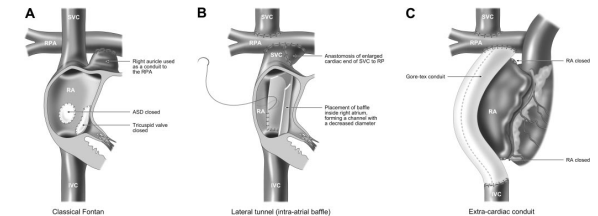
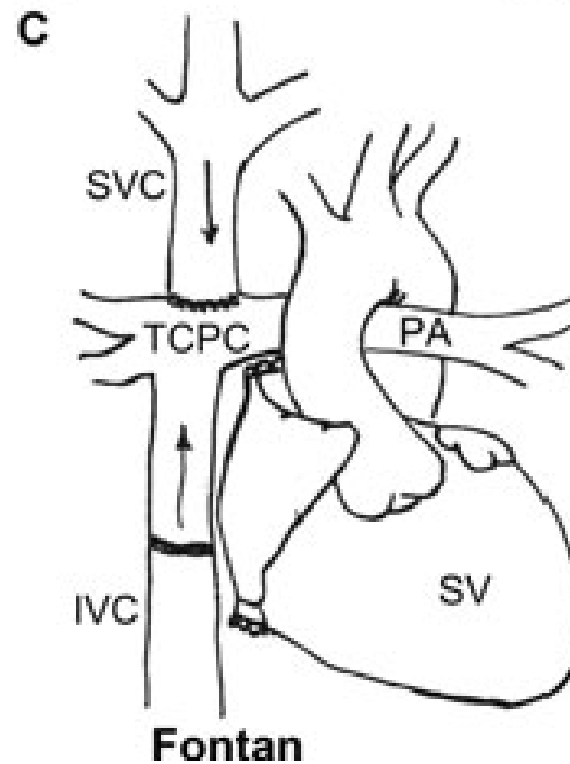


Figure 2. Kaplan-Meier survival curves of hospital survivors by Fontan techniques.

Prérequis d'une circulation de Fontan

- RVP basses
- Bonne fonction VU
- VAV étanche
- Pas d'obstacle sur la voie systémique
- Pas d'obstacle sur le montage cavo pulmonaire
- Rythme sinusal
- Volémie

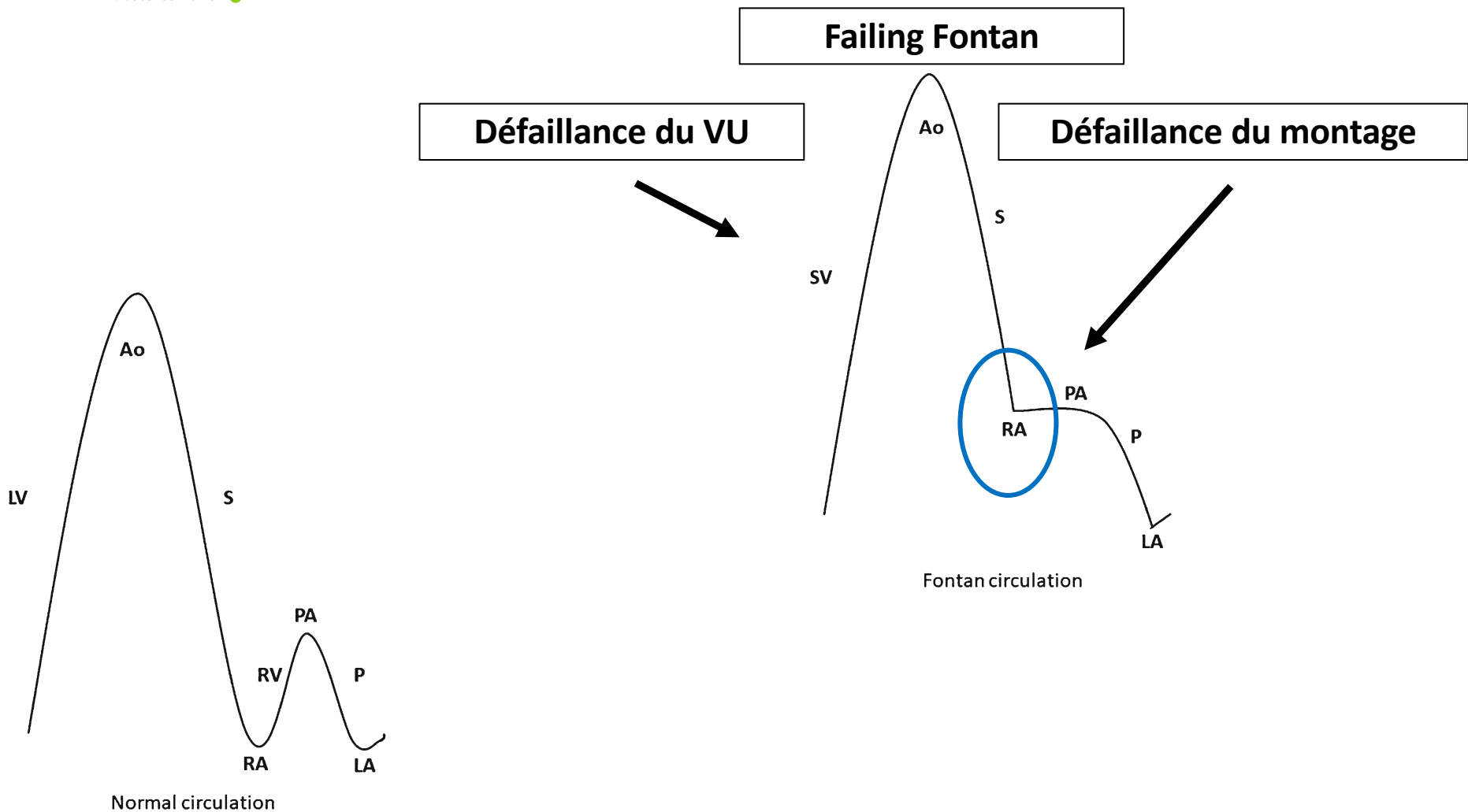


Déterminants du débit circulatoire d'un Fontan

The failing Fontan

Indian Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery (January 2021) 37 (Suppl 1):S82-S90

T.K. Susheel Kumar¹



Bilan pré-op

- Troisième intervention : risque hémorragique
 - Exploration de l' hémostasie
 - Apport de plaquettes
- Abords veno-artériels : stratégie dès la première intervention
 - Exploration doppler des axes profonds
- Evaluation cardiologique
 - Fonction VG, valve systémique
- Evaluation pulmonaire = intérêt de la kinési
- Traitement des infections pulmonaires

Principe DCPT

- La totalisation double le débit pulmonaire et augmente le gradient transpulmonaire
- Objectifs AR :
 - Conserver les Résistances Vasculaires Pulmonaires basses
 - Conserver la compliance ventriculaire (fonction diastolique)

Intervention

Anesthésie :

- Maintien de la volémie

- Eviter la surcharge pulmonaire et les troubles de ventilation

Sternotomies itératives :

- Risque d' hémorragie et d' embolie gazeuse

CEC :

- Possibilité de canulation fémorale

- Coeur battant le plus souvent

Arrêt de la CEC

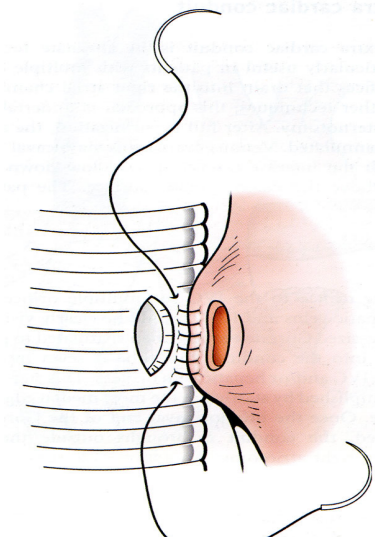
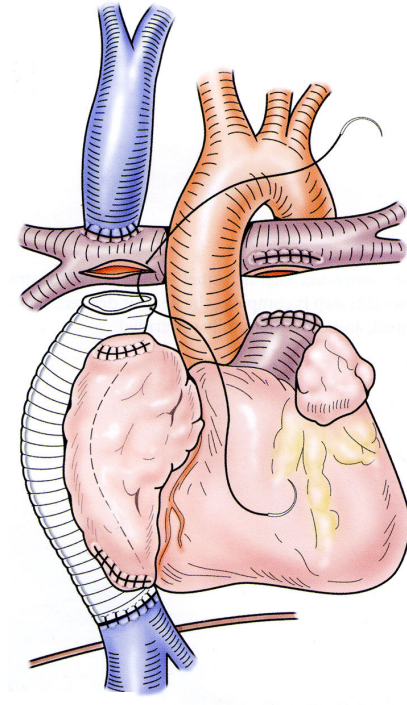
- Recrutement pulmonaire pour une CRF maximum
- Support inotrope par Milrinone \pm Adrénaline
- Rôle de la fenestration (anastomose entre oreillette et tube extracardiaque)
 - Si RVP élevées : shunt droit- gauche
 - Si dysfonction ventriculaire : shunt gauche-droit
 - Pas de fenêtre : POG 5 et PVCs 25
 - Avec fenêtre : POG 9 et PVCs 17
- Fenestration très souvent indiquée. (surtout si gradient TP élevé)

Principes de réanimation

Respecter les commandements

- Volémie.
 - Positionnement en « V »
- RVP basses:
 - Vasodilatateurs pulmonaires
 - Ventilation protectrice
- Inotropes : IPDE3, Adré

- Fenestration:
 - Améliore les suites post op
 - Réduit les épanchement pleuraux
 - Réduit la durée d' hospitalisation



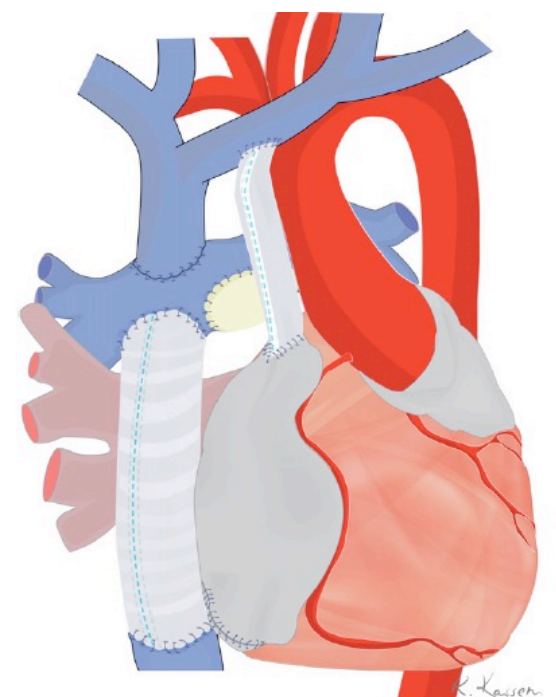
Fenestration Improves Clinical Outcome of the Fontan Procedure : A Prospective, Randomized Study
 Matthew S. Lemler, William A. Scott, Steven R. Leonard, Daniel Stromberg and Claudio Ramaciotti

Circulation. 2002;105:207-212

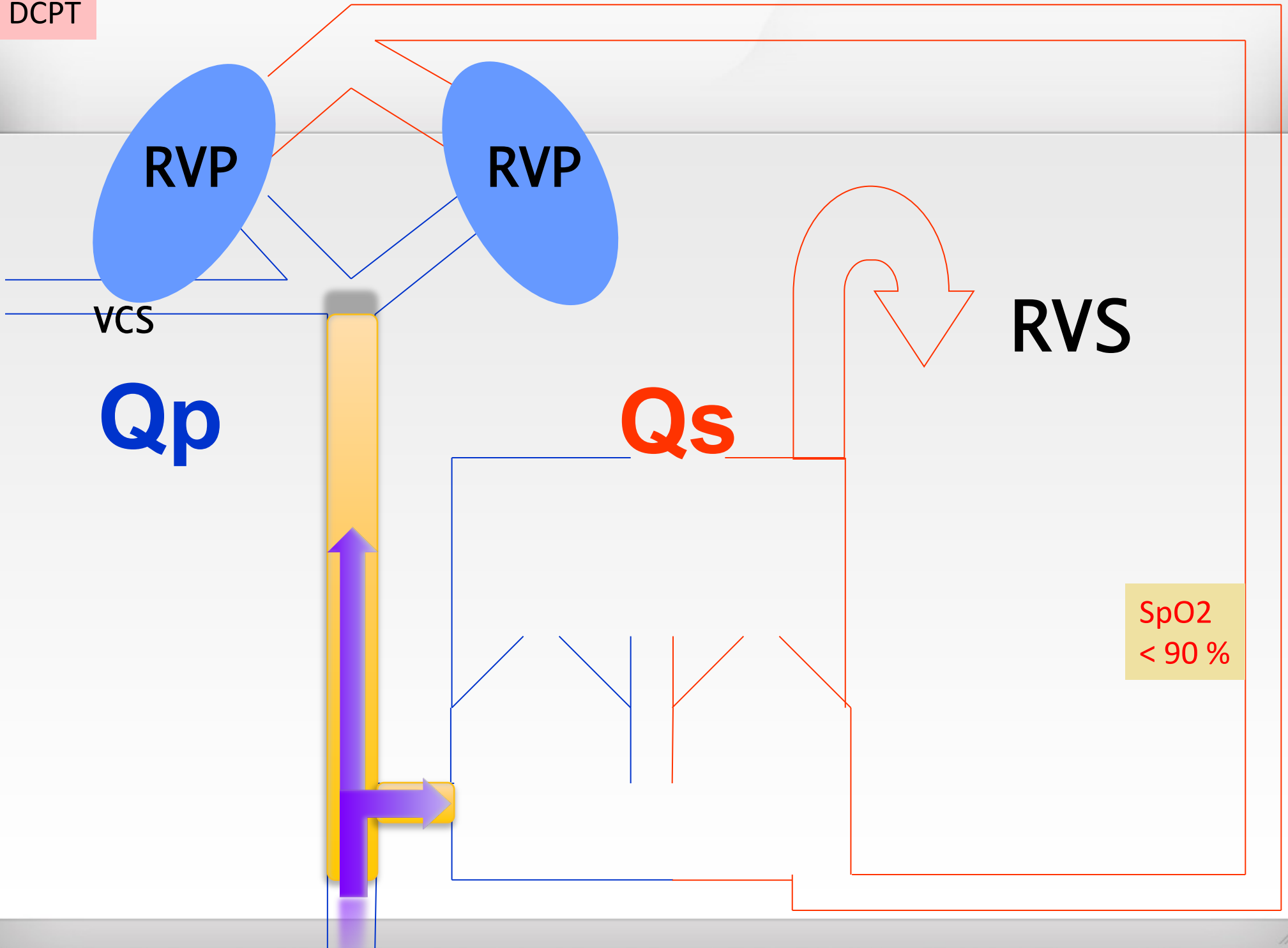
A new method to fenestrate the Fontan circulation

René Prêtre, MD,^a Hitendu Dave, MD,^a Christoph Mueller, MD,^a Katja Kassem, MD,^a and Oliver Kretschmar, MD,^b Zurich, Switzerland

J Thorac Cardiovasc Surg 2012



DCPT



RVP

RVP

VCS

Qp

Qs

RVS

SpO2
< 90 %

Evolution simple

- Hémodynamique efficace
 - PVC < 18 mmHg et POG < 8 mmHg
 - Gradient AP-OG :10 à 15 = DCPT ok
 - Fonction rénale normale
- SaO₂ 100%
- Sevrage précoce de la ventilation
 - Améliore le fonctionnement de la DCPT
 - Drainage pleural limité

Evolution compliquée

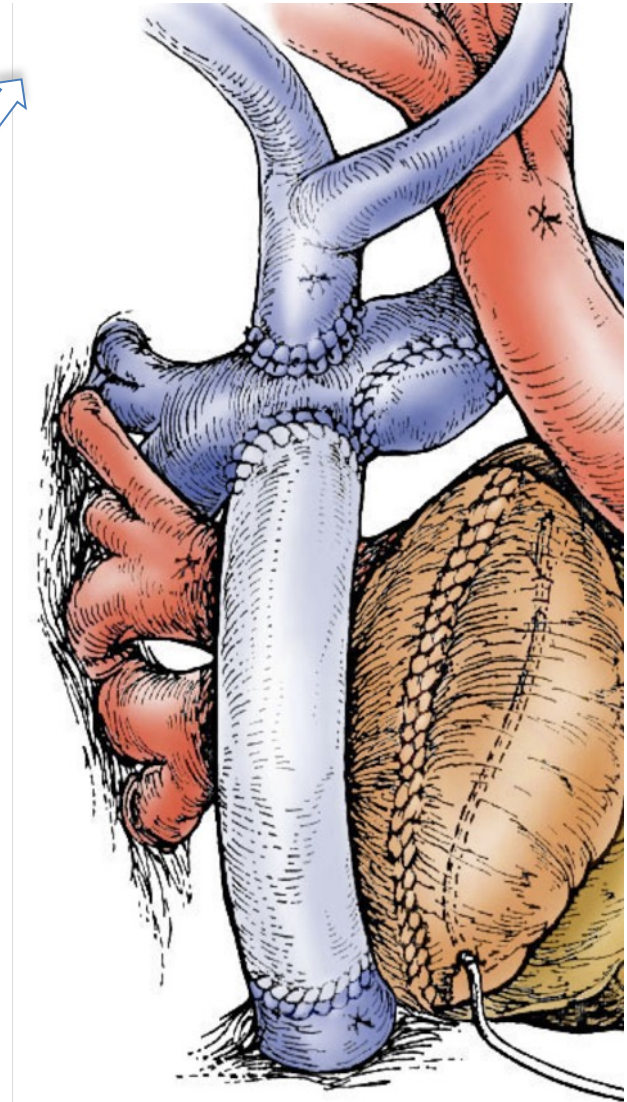
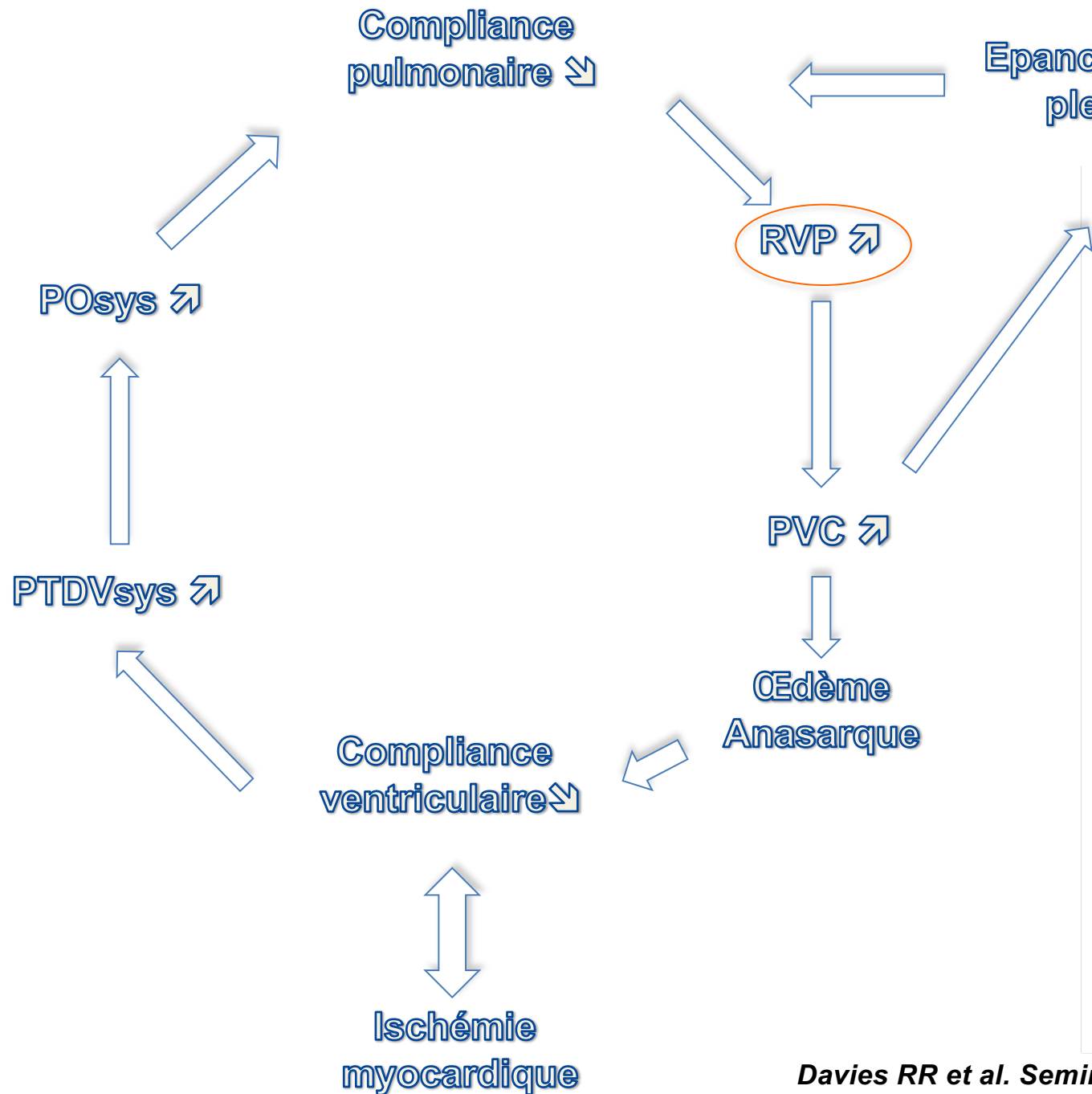
- Dysfonction de la DCPT
- Troubles du rythme
- Epanchements et fuite protéique
- Dysfonction ventriculaire
- Thrombo-embolie

Causes d' une dysfonction de Fontan

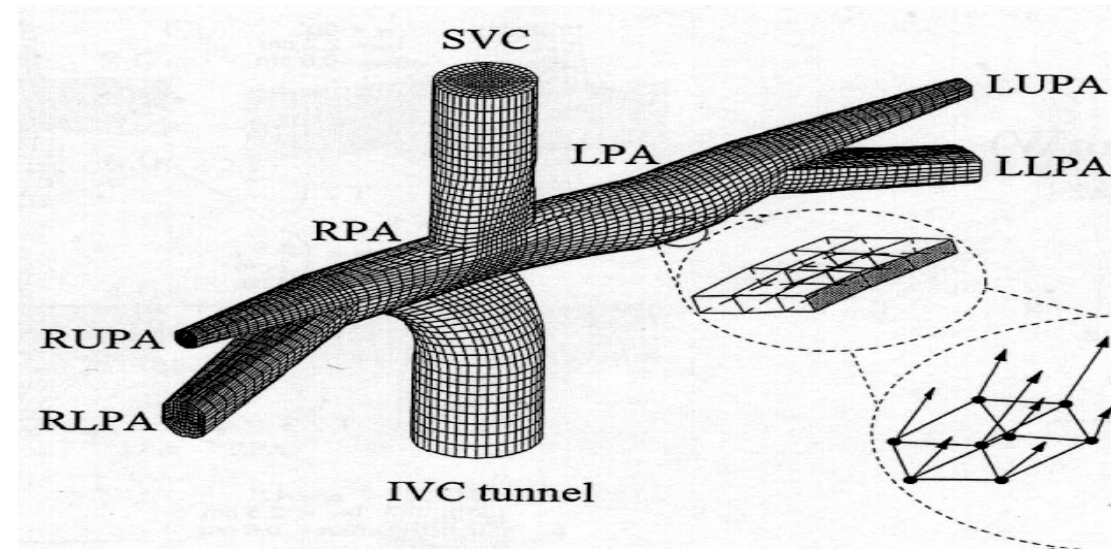
- Défaillance VU
- Fuite VAV
- RVP élevées:
 - Perte de la pulsatilité du débit pulmonaire
 - Thromboses
- Montage dysharmonieux
- Arythmie

Ryan R. Davies,^a Jonathan M. Chen,^b and Ralph S. Mosca^c

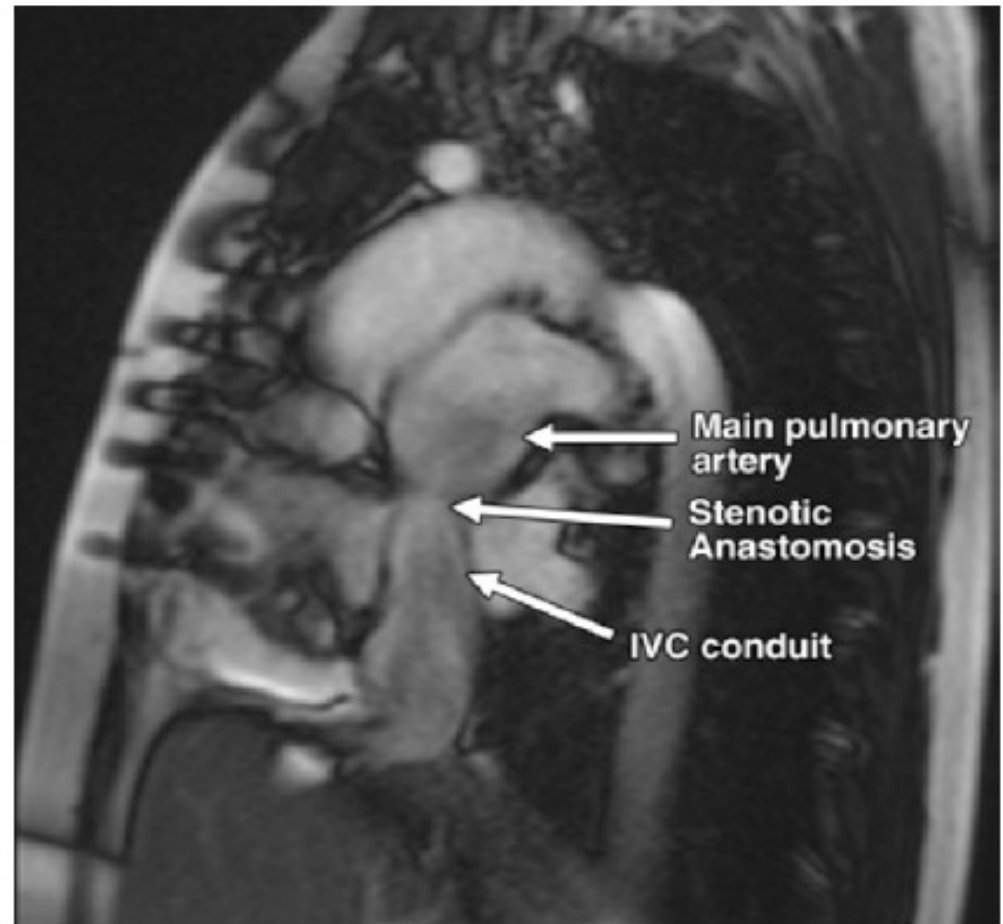
Physiopath Défaillance du montage cavo-pulmonaire - Fontan



- Montage harmonieux:
 - Flux non turbulent



- **Kt au moindre doute pour dépister toute sténose et la traiter:**



- **Arythmies:**
 - Moins fréquentes dans les DCPT
 - Incidence 60% → connection atriopulmonaire (Fontan)
 - 12% Connection cavopulmonaire (Fontan modifié)
 - Oreillette souvent inaccessible à toute ablation
 - Maze chirurgical

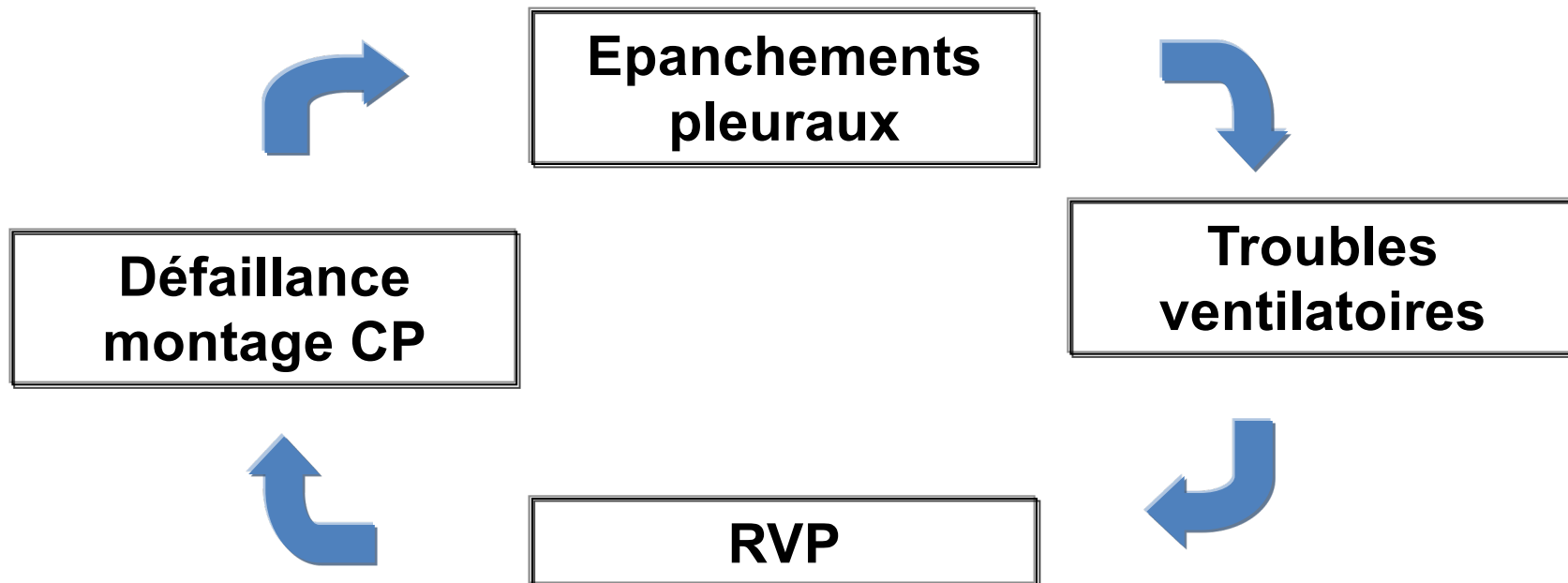
Monitorage

- BNP
- Echo
- Drains pleuraux
- Scvo2=Svo2
- PVC

Echo et Fontan

- Evaluation fonction VU
 - Pas facile
 - Hétérogénéité des types de VU
 - Indices de fonction « classiques » non validés
 - FRS
 - Doppler tissulaire
 - Strain
 - Doppler pulsé Flux veineux pulmonaire
 - Intérêt de surveiller la variation de ces indices?

- Drains pleuraux:
 - Maintenus le temps qu' il faut+++
 - La diminution des épanchements pleuraux signe et aide à l' adaptation du montage



Dysfonction DCPT

Etiologie

RVP élevées :

- Pressions intra thoraciques élevées
- PACO₂ élevées - PAO₂ basse
- Epanchements intra thoraciques
- Troubles de ventilation
- Syndrome alvéolo-interstitiel

Hypovolémie

- Tachycardie, gradient de température
- P veineuse basse

Dysfonction DCPT

Conséquences

- POG et PA basses
- Bas débit systémique
- Hypoxémie
- Troubles du rythme
- Insuffisance rénale (PVC élevée et hypoperfusion systémique)
- Risque d'arrêt cardiaque

Troubles du rythme

Rythme jonctionnel rapide et rythme atrial ectopique,
Flutter atrial, Brady arrythmie par dysfonction du nœud
sinusal (13 à 16 %), tachyarythmie par réentrées intra
atriales.

De 10 à 50% des patients

Plus fréquent :

Age élevé

A distance de l'intervention

Utilisation du tissu atrial

Traitement

- Baisser les RVP
 - VD pulmonaires : NO, sildénafil, bosentan, prostanoides
 - Intérêt du Décubitus ventral
 - Ventilation spontanée précoce
 - Nava, VNI
 - poumons «safe»
- Améliorer le débit cardiaque
 - Inodilatateur : Corotrope - Lévosimendan
 - Remplissage optimal
- Relancer la fonction rénale
 - Remplissage et diurétiques
 - Hémodialyse ou DP précoce

Tout à été parfaitement exécuté et pourtant....

- Quid collatérales?
- KT intérêt salle hybride?
 - Mesure P: VCS VCI APD APG PTDVG aoasc
Ao desc

Insuffisance circulatoire aigue

- Altération de la fonction ventriculaire:
 - PO: élevée
 - Fonction VU ETO altérée
 - Assistance
- Altération du flux transpulmoanire:
 - Gradient trans pulmonaire ↑ PVC ↑ PO ↓
 - Fonction VU ok
 - Chirurgie parfaite
 - Take down

Epanchements pleuraux

Causes ?

PVC élevées

Lésions canal thoracique

Absence de fenestration

Sd post péricardiotomie

Collatérales aorto pulmonaires

Facteurs corrélés statistiquement :

Age < 4 ans, PVC post op et ... hiver (virus ?)

Absence d' UF, de fenestration et HypoVG

Durée : > 10 j chez 20 à 45% des pts

Dysfonction ventriculaire

- Post CEC et clampage aortique
- Effet pompe du ventricule participe au fonctionnement du montage
- Risque d' épuisement du ventricule unique
- Support nécessaire
 - Relais inotrope IV par IEC
 - Intérêt du BNP
 - Maintien de la diurèse pour éviter la surcharge hydrique => augmentation RVP

Thrombo-embolie

Exceptionnelle en post opératoire

± 10% thrombus intracardiaque en Echo

8% à un an de l' intervention et 18% à 10 ans

Surveillance écho régulière

Stratégie d' anticoagulation en post-op immédiat

Surveillance et apport d' antithrombine

Nécessité d' un traitement à vie

Anticoagulant et/ou anti agrégant

A retenir

- Objectifs :
 - Volémie ++: PVC 15-18 mmhg
 - Positionnement en “V”
 - RVP basses: Vasodilatateurs pulmonaires, Inodilatateurs
 - Poumons sans troubles ventilatoire
 - Fonction VU
 - Sevrage ventilatoire rapide
 - Drainage pleural +/- long (temoin de l'adaptation)

Failling Fontan

- Ascite
- Entéropathie exsudative
- Dysfonction ventriculaire

- Kt:
 - Traiter toute cible lésionnelle sur le montage
- Si pas de cible lésionnelle
 - Assistance en BTT

Expression clinique d'un failing Fontan

The failing Fontan

Indian Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery (January 2021) 37 (Suppl 1):S82–S90

T.K. Susheel Kumar¹ 

Constitutional	<ul style="list-style-type: none">• Growth failure• Exercise intolerance• Mental depression
Hemodynamic	<ul style="list-style-type: none">• Chronically raised central venous pressure• Systemic outflow tract obstruction, e.g., aortic arch obstruction• Systemic atrioventricular valve regurgitation• Ventricular systolic/diastolic dysfunction• Thrombosis of the Fontan pathway
Heart rhythm	<ul style="list-style-type: none">• Arrhythmias such as sinus node dysfunction, junctional rhythm, supraventricular tachycardia and ventricular tachycardia.
Pulmonary	<ul style="list-style-type: none">• Cyanosis from venovenous collaterals and pulmonary arteriovenous malformations.• Pleural effusions• Plastic bronchitis
Gastrointestinal tract	<ul style="list-style-type: none">• Ascites from portal hypertension and cirrhosis• Protein losing enteropathy
Metabolic	<ul style="list-style-type: none">• Low albumin• Coagulopathy• Hyperbilirubinemia• Thrombocytopenia

Table 1 Clinical manifestations of failing Fontan.

**Inéligibilité
à la Tx**

THE FONTAN FAILURE

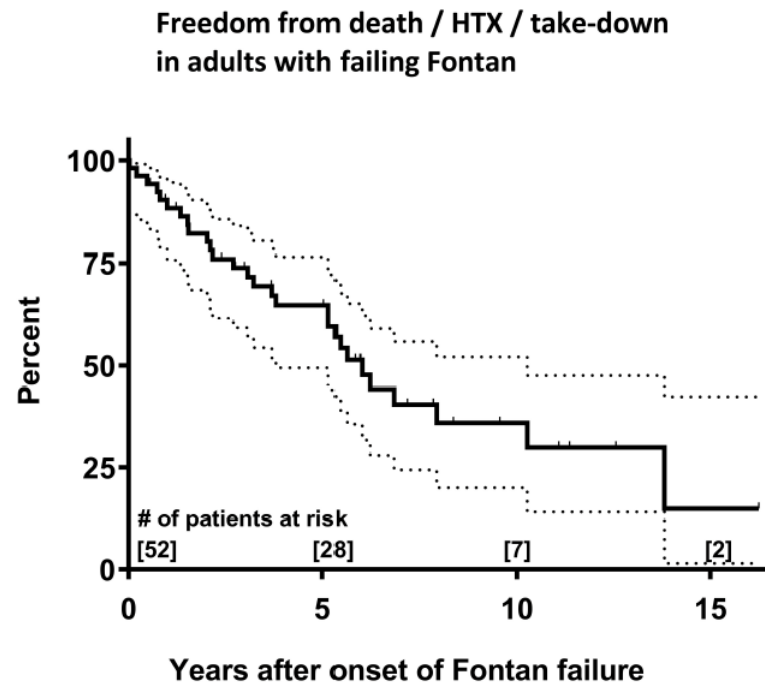


FIGURE 1 | Kaplan-Meier survival estimates for the combined endpoint of survival and freedom from cardiac transplantation and Fontan take-down in failing Fontan patients after onset of failure. Dotted lines represent 95% confidence interval. HTX, cardiac transplantation.

- Stratégie thérapeutique:
 - Transplantation cardiaque
 - Assistance pour rendre éligible à la Tx

Assistance du Failing Fontan

Fontan : LVAD à débit pulsé

- **VU atrésie tricuspide**
 - A 11 ans : Fontan avec plastie de la valve systémique
 - A 25 ans conversion en DCPT
- **Défaillance post-opératoire avec arrêt cardiaque**
 - A J10 : liste de transplantation
- **LVAD (Thoratec)**
 - Retour à domicile
- **+ 5 mois : transplantation, + 1 an : NYHA I**

Time frame	CVP	PAP	PCWP
Pre-op VAD insertion	33	55/35	30
Post-op VAD insertion	29	48/25	20
1 month post-VAD	26	42/22	18
Post-heart transplant	23	31/20	15

Newcomb AE et al. J Heart Lung Transpl. March 2006

LVAD à débit continu

- **VU atrésie mitrale**
 - 3 ans : Fontan fenestré
 - 15 ans : décompensation du VU avec entéropathie exsudative
 - Pression cavo-pulmonaire : 30 mmHg, RVP 1,9 UW, PAPO 22 mmHg
- **LVAD (Heart Mate II)**
 - Retour à domicile
 - Diminution de l'entéropathie
- **Transplantation à J 72**

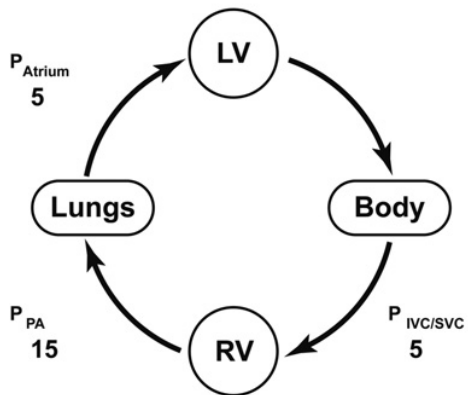
Morales DLS et al. JTCS September 2011

Cavopulmonary Assist: (Em)powering the Univentricular Fontan Circulation

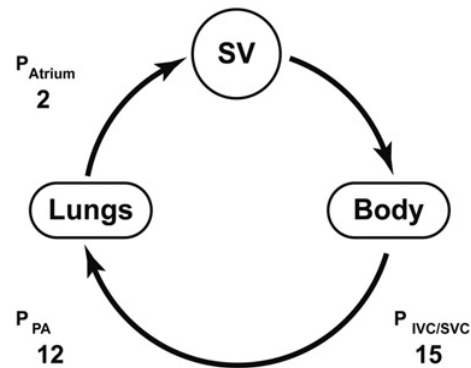
Mark D. Rodefeld,^a Steven H. Frankel,^b and Guruprasad A. Giridharan^c

Pediatric Cardiac
Surgery Annual

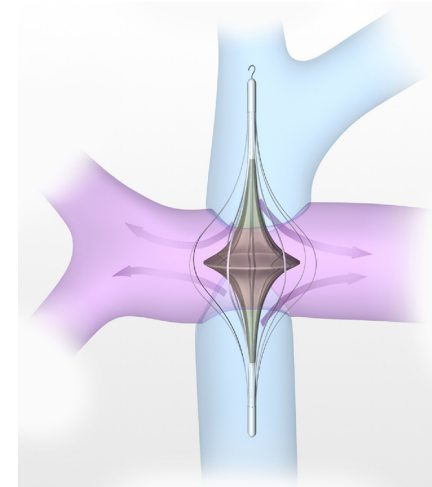
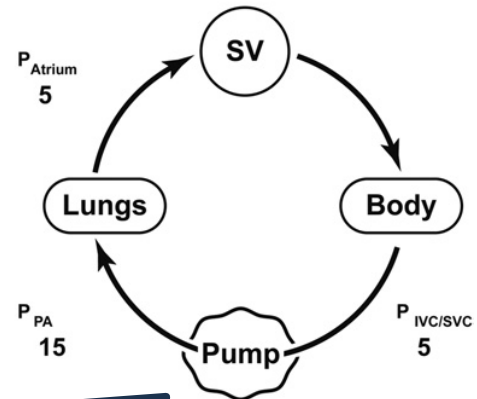
A. Biventricular Circulation



B. Univentricular Fontan

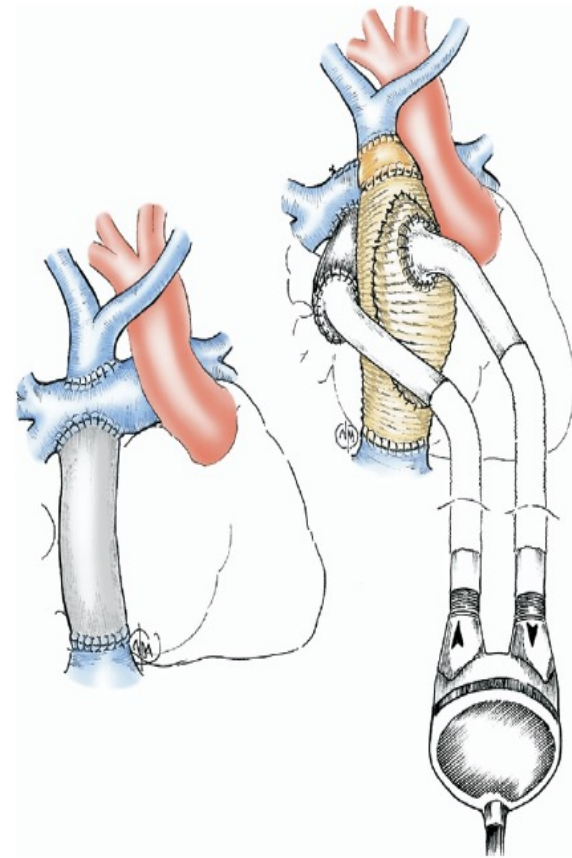


C. Biventricular Fontan



Fontan : RVAD à débit pulsé

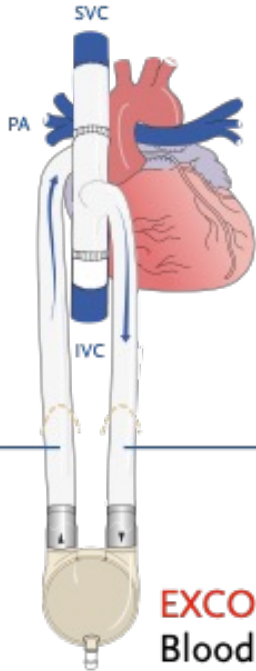
- **VU atrésie tricuspidale**
 - A 10 ans : Fontan
 - A 27 ans : conversion en DCPT
- **+ 16 s : défaillance multiviscérale**
 - Entéropathie avec fuite protéique
 - Ascite : 12 l
 - Pression cavo-pulmonaire 30 mmHg
 - Fonction VU conservée
- **RVAD : assistance cavo-pulmonaire**
- **+ 13 mois :**
 - Transplantation cardiaque
 - Bonne évolution PAP basse



*Prêtre R et al. Ann Thorac Surg 86
2008*

EXCOR® Revive

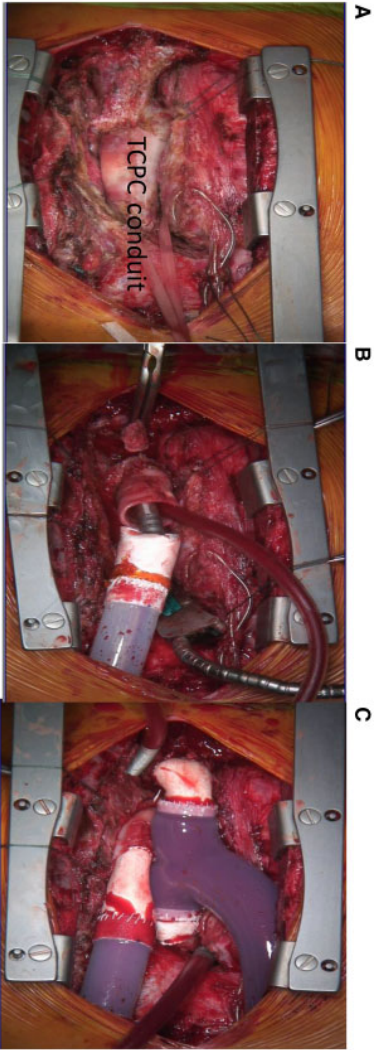
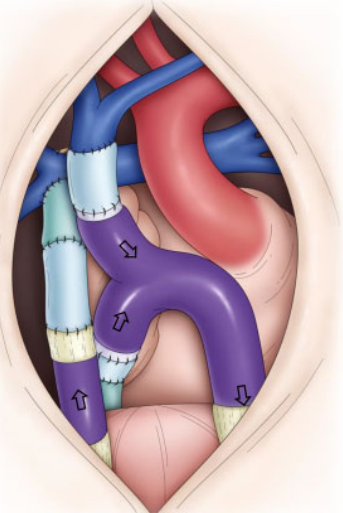
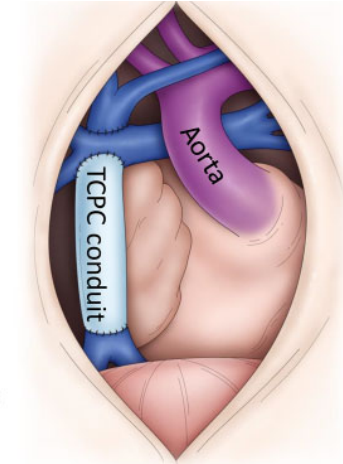
EXCOR®
Graft Cannula



EXCOR®
Venous Cannula



EXCOR®
Blood Pump



Patient status at implantation*

All failing Fontan patients ineligible for HTX

Patient no.	1	2	3	4
Age, BSA	17 yrs, 1.32 m ² ,	12 yrs, 1.29 m ² ,	16 yrs, 1.20 m ² ,	22 yrs, 1.32 m ² ,
Gender	male	male	male	male
Fontan associated Complications	PLE, ascites, FALD, massive sarcopenia, lung congestion, peripheral edema, heterogenous liver parenchyma, hepatic vein dilatation	PLE, ascites, FALD, sarcopenia, segmental alterations, ascites, elevated venous pressure, renal disease, pleural effusions, lung congestion	PLE, FALD	PLE, massive ascites, advanced FALD, sarcopenia, massive ascites, large abdominal wall + inguinal herniae, hypogammaglobulinemia, mild kidney disease
NYHA Class	III	IV	IV	IV
CVP	25-28	25-30	25	28
Catechol./Levo	+	+	+	
EXCOR VAD	Sub-pulmonary	Sub-pulmonary + SVAD [BVAD]	Sub-pulmonary + SVAD [BVAD]	Sub-pulmonary + SVAD [BVAD]

Postoperative course*

All failing Fontan patients ineligible for HTX

Patient no.	1	2	3	4
Improvement	CVP normal NYHA II No PLE no Ascites Liver function normal	CVP normal NYHA II No PLE no Ascites Liver function normal	CVP normal No PLE Ascites -80% Liver recovering	CVP normal PLE -- Ascites --
Mobilized on EXCOR Active	57 days post OP	22 days post OP	29 days post OP	40 days post OP
Listed for HTx	after 110 days	after 187 days	n/a	after 191 days
Time on device (d)	132	421	51	274
Mobilized	+++	+++	+	+++
Outcome	HTx	HTx	Deceased Not device related	HTx

Défaillance Montage

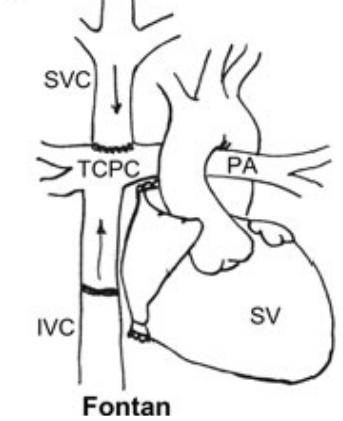
- PTDVU basse
- RVP élevées
- P Oreillette basse

• Dysfonction montage

• VAD sous pulmonaire

- PTDVU < 13 mmhg
- ↗IC
- ↗P syst
- P oreillete normale

FAILING FONTAN



Défaillance VU

- PTDVU >15mmhg
- RVP normales
- P Oreillette élevée

• Dysfonction VU

• VAD systémique

- PTDVU > 3 mmhg
- ↗IC
- ↗P syst
- ↗PAM

- PTDVU > 13 mmhg
- Pression syst basse
- P Oreillette élevée

- PTDVU < 3 mmhg
- PAP >15mmhg
- P Oreillette basse

Dysfonction VU & montage

BI VAD