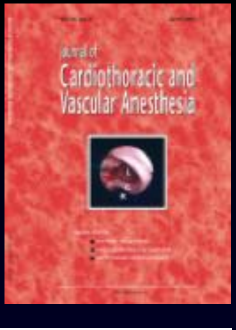
Réanimation des cardiopathies congénitales / acquises de l’enfant

Ou l’éloge du partage des savoirs …

Introduction



Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia

Nobuaki. J Cardiotho Vasc Anesth. 2004

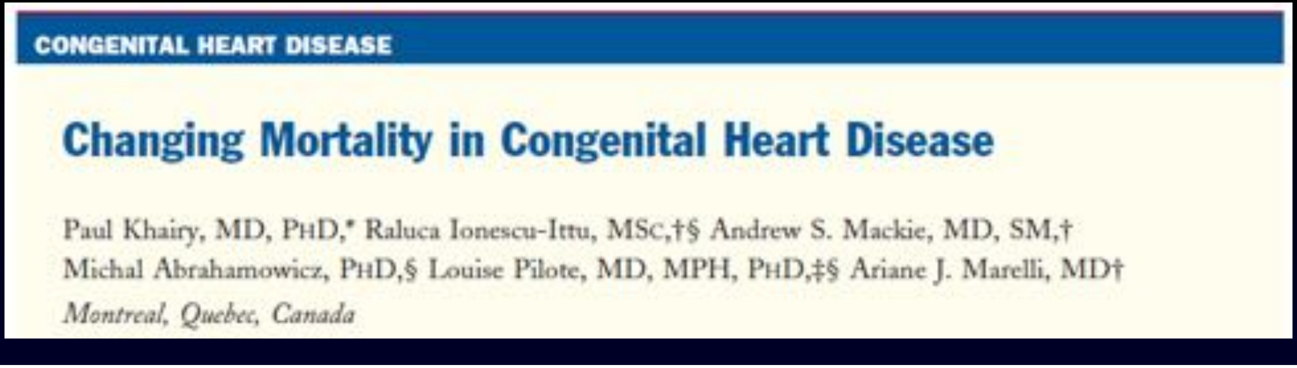
- Précocité diagnostique
- Précision diagnostique (échocardiographie)
- Monitorage plus performant
- Amélioration techniques opératoires
- Amélioration techniques de CEC
- Optimisation des stratégies de soin
- Protection myocardique
- Réanimation dédiée
- « Management »

Cardiopathies + complexes

Chirugie néonatale

Prématurité

Assistances longue durée



CONGENITAL HEART DISEASE

Changing Mortality in Congenital Heart Disease

Paul Khairy, MD, PHD,* Raluca Ionescu-Ittu, MSC,†§ Andrew S. Mackie, MD, SM,†
Michal Abrahamowicz, PHD,§ Louise Pilote, MD, MPH, PHD,‡§ Ariane J. Marelli, MD†
Montreal, Quebec, Canada

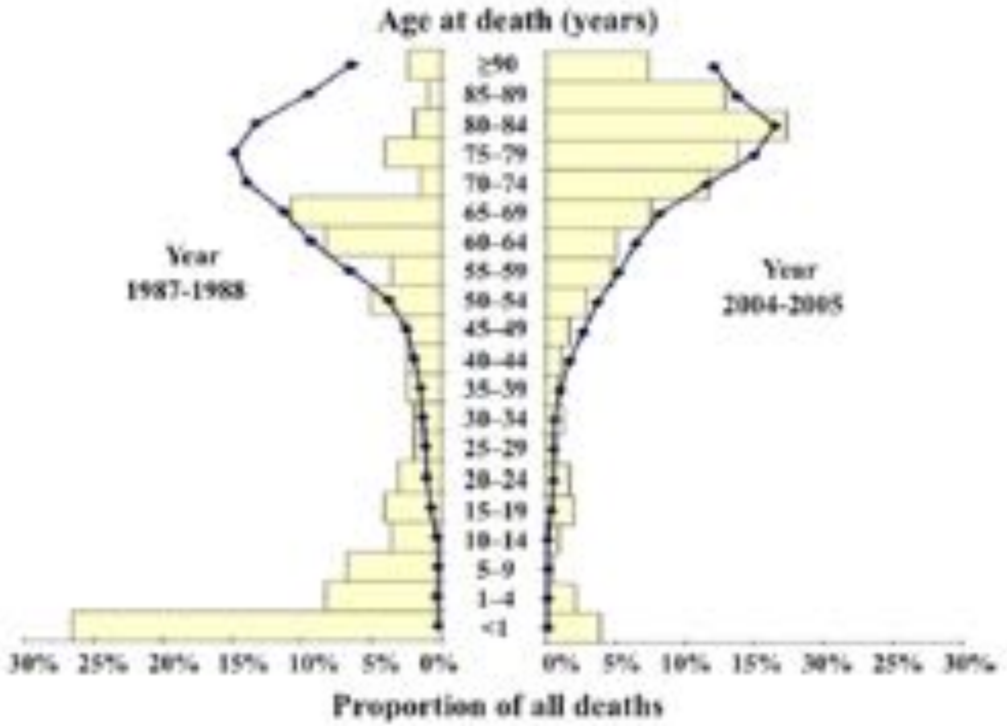


Figure 1 Distribution of Age at Death in Patients With Congenital Heart Disease in 1987 to 1988 and 2004 to 2005

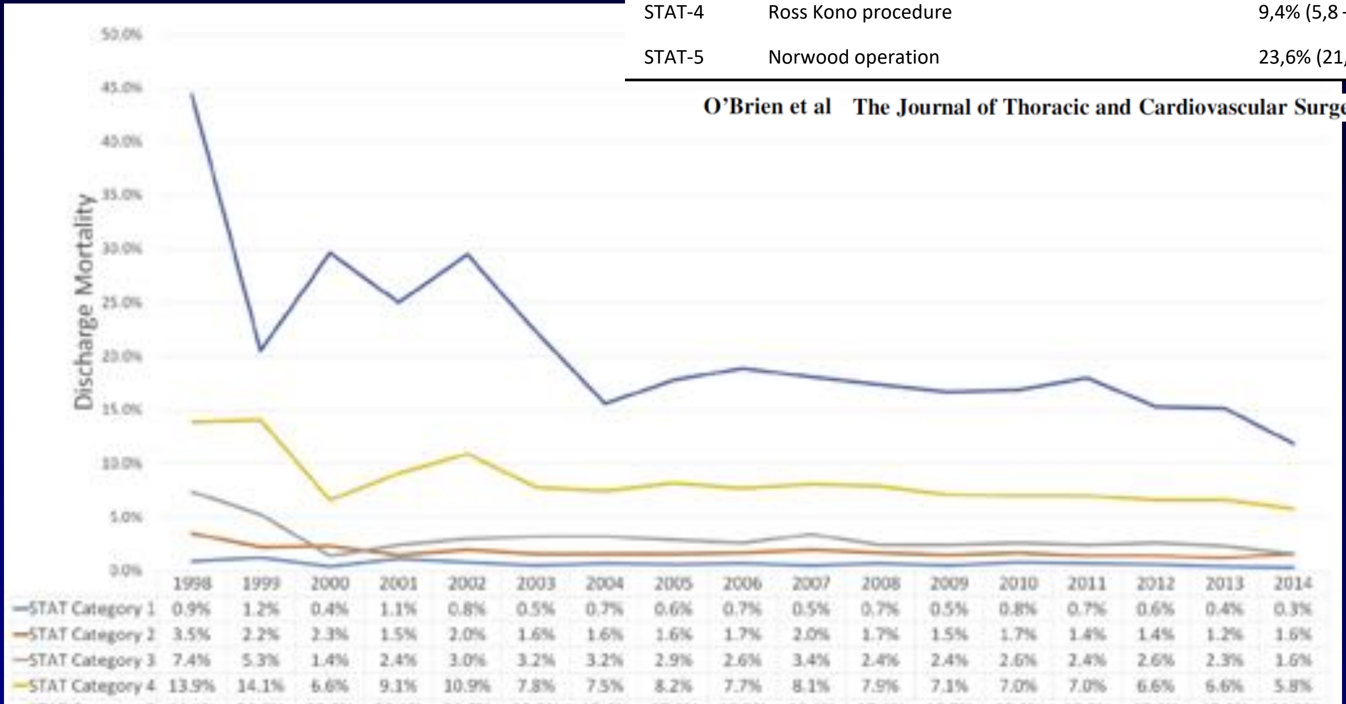
Histogram bars depict the proportion of all deaths (x-axis) according to age at death (y-axis) in our cohort of patients with congenital heart disease in the first (1987 to 1988; **left**) and final (2004 to 2005; **right**) years of observation. **Bold black curves with diamonds** represent the corresponding age at death distribution in the general Quebec population during the same periods of observation.

Mortality Trends in Pediatric and Congenital Heart Surgery: An Analysis of The Society of Thoracic Surgeons Congenital Heart Surgery Database

Ann Thorac Surg 2016;102:1345–52

SCORE	Procedure exemple	Model based Mortality
STAT-1	ASD repair	0,3% (0,1 – 0,5%)
STAT-2	TOF repair (ventriculotomy transannular patch)	4,2% (2,4 – 6,4%)
STAT-3	Arterial Switch Operation	4,8% (3,9 – 5,7%)
STAT-4	Ross Kono procedure	9,4% (5,8 – 13,9%)
STAT-5	Norwood operation	23,6% (21,9 – 25,3%)

O'Brien et al The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery • November 2009



	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
—STAT Category 1	0.9%	1.2%	0.4%	1.1%	0.8%	0.5%	0.7%	0.6%	0.7%	0.5%	0.7%	0.5%	0.8%	0.7%	0.6%	0.4%	0.3%
—STAT Category 2	3.5%	2.2%	2.3%	1.5%	2.0%	1.6%	1.6%	1.6%	1.7%	2.0%	1.7%	1.5%	1.7%	1.4%	1.4%	1.2%	1.6%
—STAT Category 3	7.4%	5.3%	1.4%	2.4%	3.0%	3.2%	3.2%	2.9%	2.6%	3.4%	2.4%	2.4%	2.6%	2.4%	2.6%	2.3%	1.6%
—STAT Category 4	13.9%	14.1%	6.6%	9.1%	10.9%	7.8%	7.5%	8.2%	7.7%	8.1%	7.9%	7.1%	7.0%	7.0%	6.6%	6.6%	5.8%
—STAT Category 5	44.4%	20.6%	29.6%	25.1%	29.5%	22.3%	15.6%	17.8%	18.9%	18.1%	17.4%	16.7%	16.5%	18.0%	15.3%	15.2%	11.9%

The Society of Thoracic Surgeons Congenital Heart Surgery Database: 2019 Update on Outcomes and Quality

Jeffrey P. Jacobs Ann Thorac Surg 2019;107:691–704

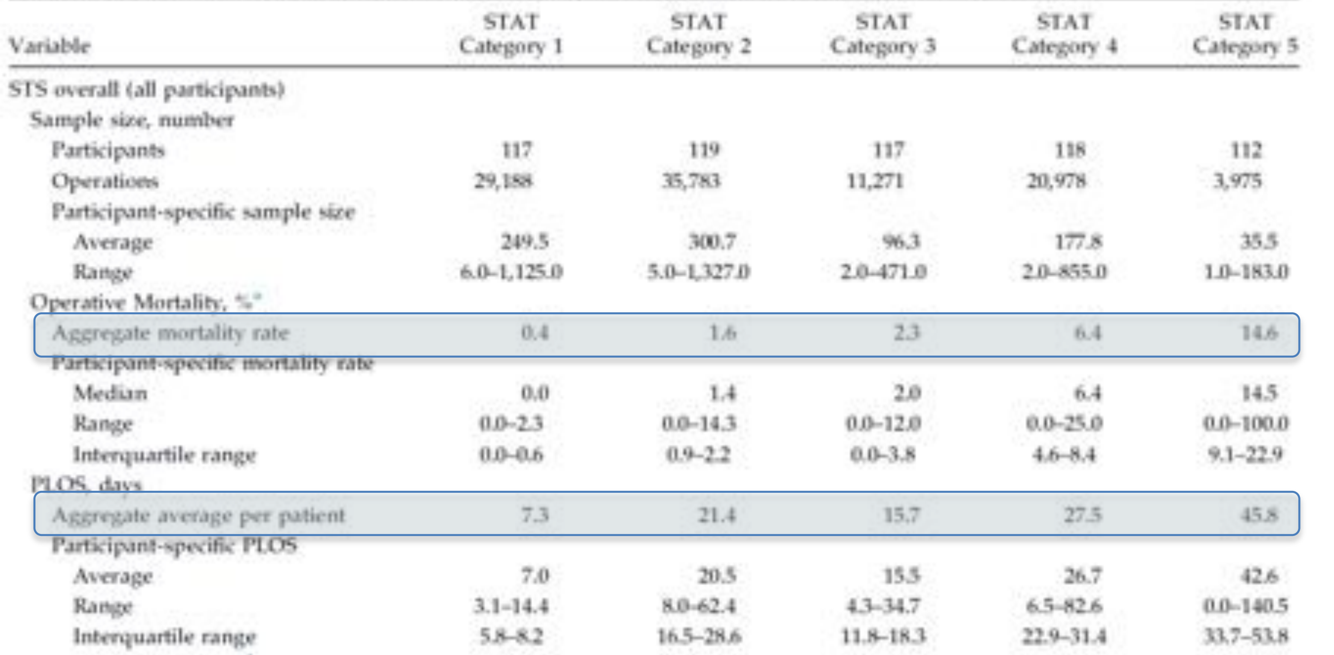


Table 1. The Society of Thoracic Surgeons Congenital Heart Surgery Database Aggregate Outcomes of Risk-Stratified Operations: Operative Mortality and Postoperative Length of Stay, Last 4 Years (January 2014 Through December 2017)[a]

Variable	STAT Category 1	STAT Category 2	STAT Category 3	STAT Category 4	STAT Category 5
STS overall (all participants)					
Sample size, number					
Participants	117	119	117	118	112
Operations	29,188	35,783	11,271	20,978	3,975
Participant-specific sample size					
Average	249.5	300.7	96.3	177.8	35.5
Range	6.0–1,125.0	5.0–1,327.0	2.0–471.0	2.0–855.0	1.0–183.0
Operative Mortality, %[b]					
Aggregate mortality rate	0.4	1.6	2.3	6.4	14.6
Participant-specific mortality rate					
Median	0.0	1.4	2.0	6.4	14.5
Range	0.0–2.3	0.0–14.3	0.0–12.0	0.0–25.0	0.0–100.0
Interquartile range	0.0–0.6	0.9–2.2	0.0–3.8	4.6–8.4	9.1–22.9
PLOS, days					
Aggregate average per patient	7.3	21.4	15.7	27.5	45.8
Participant-specific PLOS					
Average	7.0	20.5	15.5	26.7	42.6
Range	3.1–14.4	8.0–62.4	4.3–34.7	6.5–82.6	0.0–140.5
Interquartile range	5.8–8.2	16.5–28.6	11.8–18.3	22.9–31.4	33.7–53.8

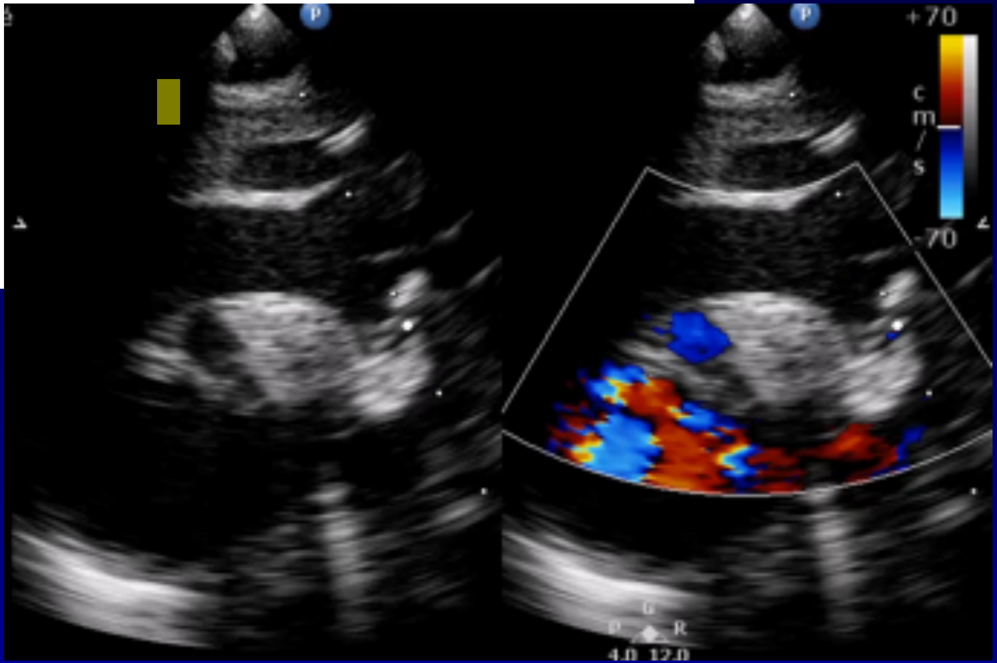
Introduction

- DES d’anesthésie-réanimation
- DES de pédiatrie
- DES de cardiologie
- DES réanimation médical
- DESC néonatologie
- DIU de réanimation pédiatrique
- DIU de cardiologie pédiatrique
- DIU d’ échocardiographie
- DIU thrombose/hémostase
- DIU de circulation extracorporelle
- DIU de réanimation des cardiopathies congénitales
- DIU de chirurgie des cardiopathies congénitales
- TOEFL
- Maîtrise de soi. (non compris dans ce diplôme)

A 2-week-old male newborn is brought to the emergency department with irritability and severely decreased oral intake. His parents report an unremarkable prenatal history with normal obstetric ultrasonography. He was born at term with normal Apgar scores and was discharged from the hospital 2 days after birth. He was bottle fed with expressed breast milk and took 2 to 3 oz every 2 to 3 hours, and usually completed his bottle within 15 min. The parents report a decrease in oral intake that started a week ago, which then progressively worsened. He consumed a total of 4 oz in the past day, and on further questioning, the parents report no wet diaper in the past 24 hours. He has no fever, runny nose, cough, or history of sick contact. He has had increased work of breathing for the past 2 to 3 days and the parents also mention using 2 sets of socks for his cold feet. Physical examination shows a temperature of 37°C, respiratory rate of 90 breaths/min, heart rate of 190 beats/min, weight of 3.4 kg, and oxygen saturation of 94% in right arm (not recordable in right leg). His blood pressure could not be obtained. The patient appeared lethargic and had moderate-severe subcostal retractions with bilateral basilar crackles, and fast and regular heart sounds with an S_3 gallop. His right brachial pulse is feeble and other peripheral pulses are not palpable. The bilateral lower limbs are cold to touch up to the knees. Urgent bedside echocardiogram showed severely depressed left ventricular systolic function (figure). His venous lactate was 3.5 mg/dL (0.4 mmol/L). The patient is intubated.

Of the following, the BEST next step in the management of this patient is

- ○ A. cardiac catheterization for urgent intervention
- ○ B. cardiothoracic surgery for urgent intervention
- ○ C. blood cultures and broad spectrum antibiotics
- ○ D. intravenous prostaglandin infusion and inotropes



Critical heart disease in the neonate: Presentation and outcome at a tertiary care center

Dorfman. PCCM 2008

- Philadephie
- 190 nouveaux nés.
- 77% vont être opérés.
- 46% ont un diagnostic postnatal.
  - Maternité 38%
  - Après retour à domicile 8%
- cohorte ➔ 7,5% de †
  - Age à la prise en charge
  - Nbre de CEC
  - Postop CPR

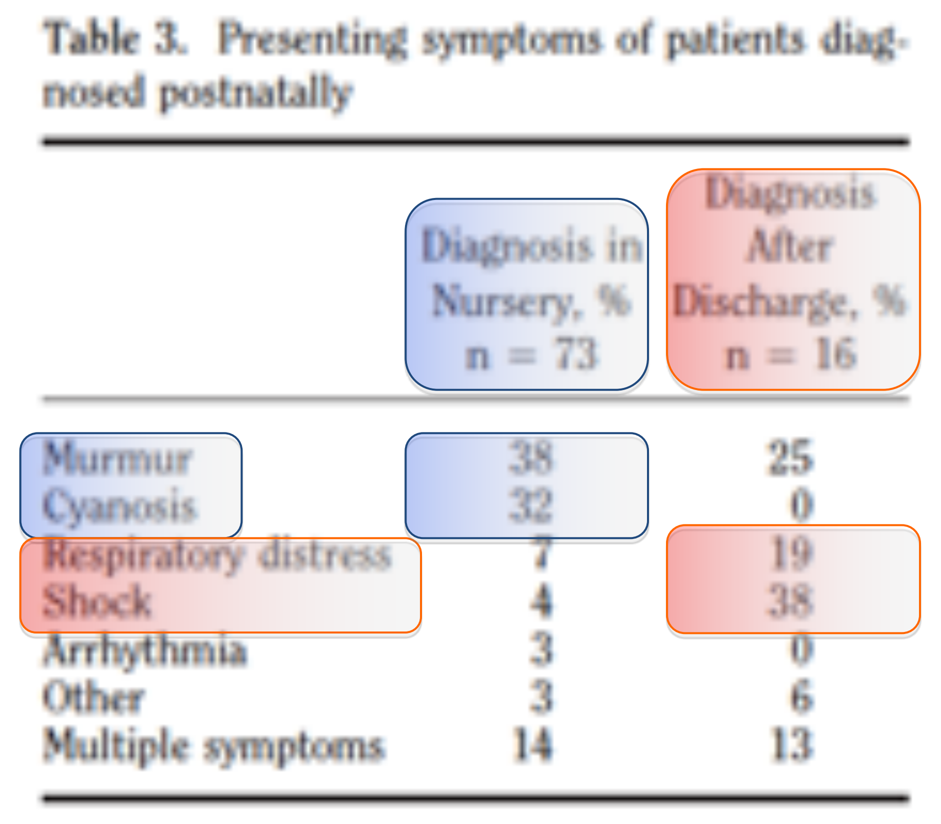


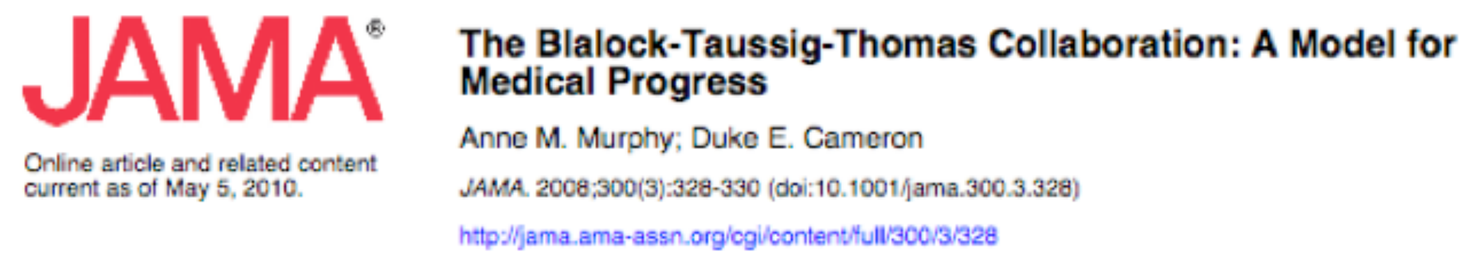
Table 3. Presenting symptoms of patients diagnosed postnatally

	Diagnosis in Nursery, % n = 73	Diagnosis After Discharge, % n = 16
Murmur	38	25
Cyanosis	32	0
Respiratory distress	7	19
Shock	4	38
Arrhythmia	3	0
Other	3	6
Multiple symptoms	14	13

With a little help from my friends

SGT. PEPPER'S
LONELY HEARTS
CLUB BAND
BEATLES

- La période préopératoire est une mise à l' épreuve d' une réanimation.
- Période particulièrement difficile pour l'enfant et la famille.
- Mise à l' épreuve de toute l' équipe médico-chirugicale
  - Cardio-pédiatre
  - Chirurgien cardiaque pédiatrique
  - Anesthésiste
  - Réanimateurs
  - Radiologues.
- Importance d' un diagnostique juste et précis
- Importance d' un diagnostique rapide
- Importance d' une prise en charge bonne et rapide
- Rôle du management (Staff ; chir réglée vs Urgences)


JAMA®

Online article and related content
current as of May 5, 2010.

The Blalock-Taussig-Thomas Collaboration: A Model for Medical Progress

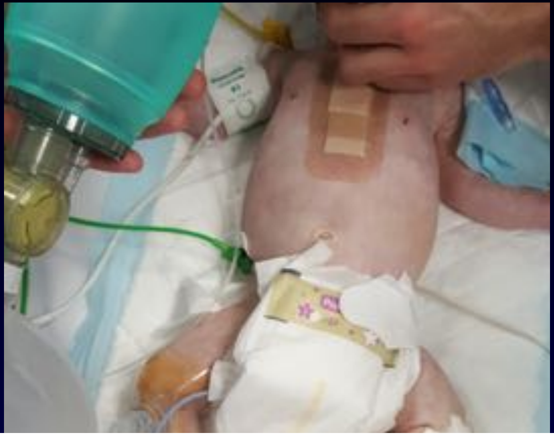
Anne M. Murphy; Duke E. Cameron

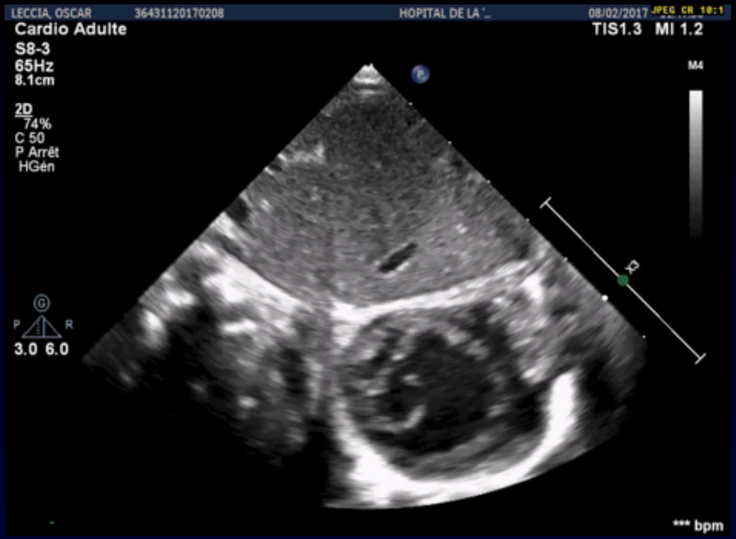
JAMA. 2008;300(3):328-330 (doi:10.1001/jama.300.3.328)

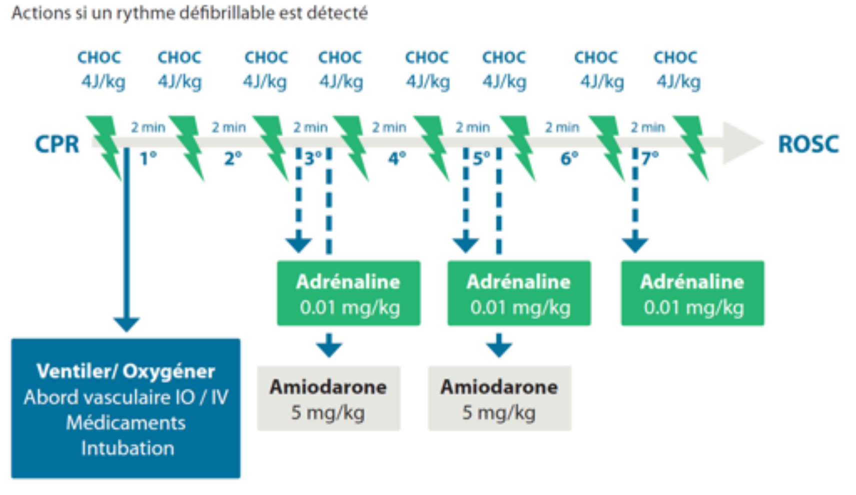
http://jama.ama-assn.org/cgi/content/full/300/3/328

- Une seule issue pour que tout marche bien.
- Collaboration.
- Echanges entre spécialités.
- Congrès transversaux.
- Travail (eh oui!)

Oscar J20 de vie J10 post TGV simple




LECCIA, OSCAR
36431120170208
HOPITAL DE LA '...
08/02/2017
JPEG CR 10:1
Cardio Adulte
S8-3
65Hz
8.1cm
2D
74%
C 50
P Arrêt
HGén
TIS1.3
MI 1.2
M4
3.0 6.0
*** bpm



Actions si un rythme défibrillable est détecté

CHOC 4J/kg (×8)

CPR → 1° 2° 3° 4° 5° 6° 7° (2 min entre chaque choc) → ROSC

Ventiler/ Oxygéner
Abord vasculaire IO / IV
Médicaments
Intubation

Adrénaline 0.01 mg/kg (après le 3°, le 5° et le 7° choc)

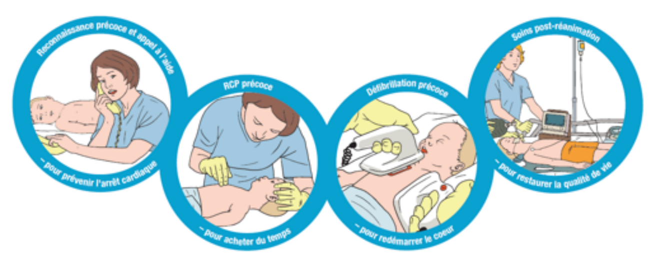
Amiodarone 5 mg/kg (après le 3° et le 5° choc)

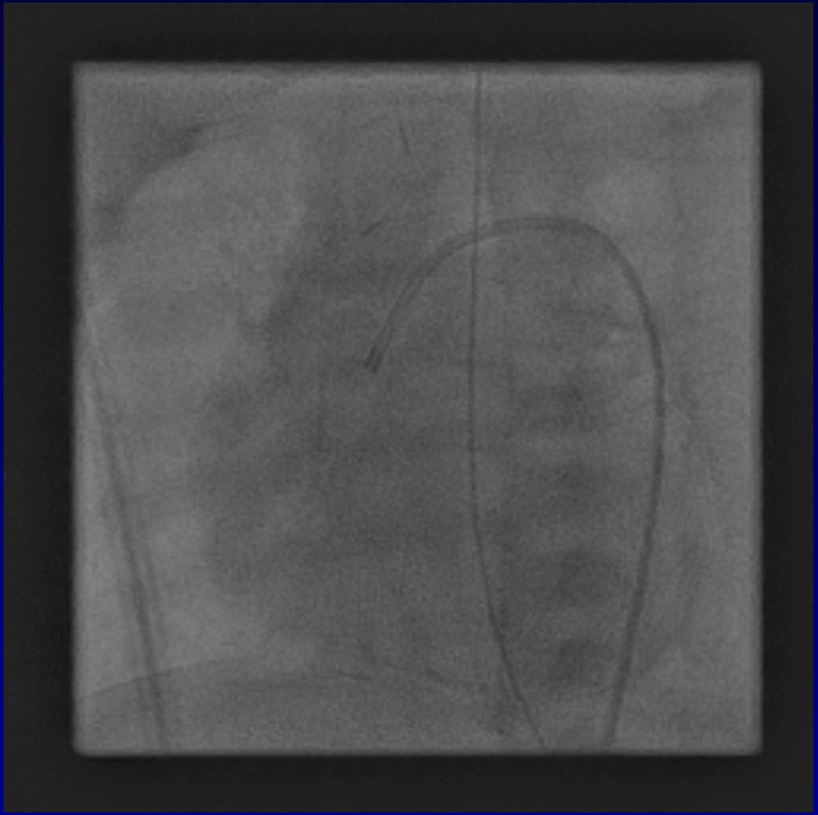
EUROPEAN RESUSCITATION COUNCIL

Réanimation Avancée Néonatale et Pédiatrique

EDITION DES RECOMMANDATIONS ERC 2015

Personal copy of Cyril AMOUROUX (ID: 48531)


Reconnaissance précoce et appel à l'aide
– pour prévenir l'arrêt cardiaque
RCP précoce
– pour acheter du temps
Défibrillation précoce
– pour redémarrer le coeur
Soins post-réanimation
– pour restaurer la qualité de vie



Duration of Cardiopulmonary Resuscitation and Illness Category Impact Survival and Neurologic Outcomes for In-hospital Pediatric Cardiac Arrests

Circulation
JOURNAL OF THE AMERICAN HEART ASSOCIATION

- 3419 cas d' arrêts cardiaques intra-hospitaliers.
- 19 % de survie sans séquelle neurologique.
- 1 mn < CPR < 15 mn ➔ survie de 41%
- CPR > 35mn ➔ survie de 12%

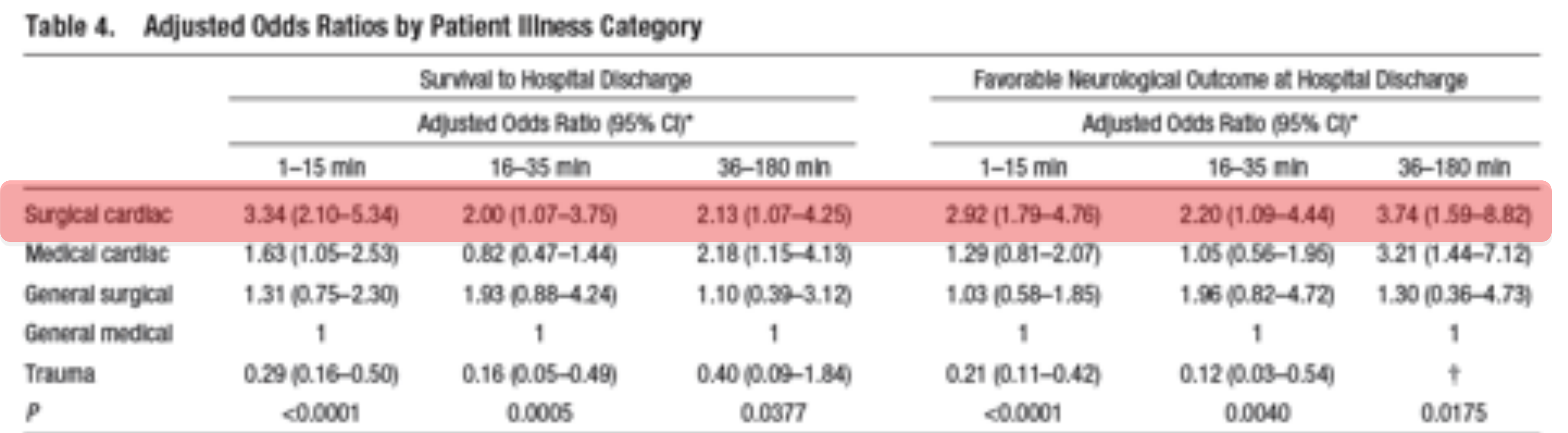


Table 4. Adjusted Odds Ratios by Patient Illness Category

	Survival to Hospital Discharge			Favorable Neurological Outcome at Hospital Discharge		
	Adjusted Odds Ratio (95% CI)*			Adjusted Odds Ratio (95% CI)*		
	1–15 min	16–35 min	36–180 min	1–15 min	16–35 min	36–180 min
Surgical cardiac	3.34 (2.10–5.34)	2.00 (1.07–3.75)	2.13 (1.07–4.25)	2.92 (1.79–4.76)	2.20 (1.09–4.44)	3.74 (1.59–8.82)
Medical cardiac	1.63 (1.05–2.53)	0.82 (0.47–1.44)	2.18 (1.15–4.13)	1.29 (0.81–2.07)	1.05 (0.56–1.96)	3.21 (1.44–7.12)
General surgical	1.31 (0.75–2.30)	1.93 (0.88–4.24)	1.10 (0.39–3.12)	1.03 (0.58–1.85)	1.96 (0.82–4.72)	1.30 (0.36–4.73)
General medical	1	1	1	1	1	1
Trauma	0.29 (0.16–0.50)	0.16 (0.05–0.49)	0.40 (0.09–1.84)	0.21 (0.11–0.42)	0.12 (0.03–0.54)	†
P	<0.0001	0.0005	0.0377	<0.0001	0.0040	0.0175

Accueil en Réanimation

Les Transmissions

- Un temps essentiel de l'accueil du patient.
- Pour les médecins ET / PUIS le personnel paramédical.
- De mauvaises transmissions peuvent être source de morbidité.
- Concernent les informations médicales et chirurgicales.
- C'est aussi un bon moyen d'enseignement.

Can We Make Postoperative Patient Handovers Safer? A Systematic Review of the Literature

Segall. Anesth Analg 2012

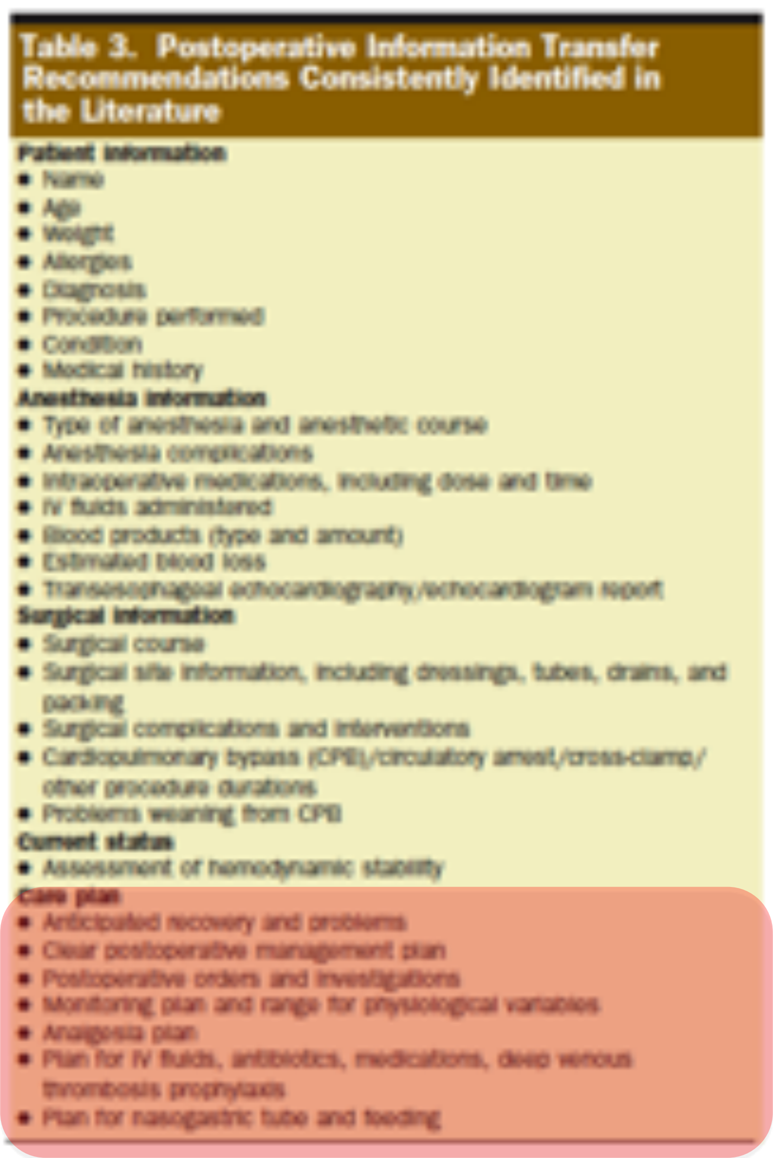


Table 3. Postoperative Information Transfer Recommendations Consistently Identified in the Literature

Patient information

- Name
- Age
- Weight
- Allergies
- Diagnosis
- Procedure performed
- Condition
- Medical history

Anesthesia information

- Type of anesthesia and anesthetic course
- Anesthesia complications
- Intraoperative medications, including dose and time
- IV fluids administered
- Blood products (type and amount)
- Estimated blood loss
- Transesophageal echocardiography/echocardiogram report

Surgical information

- Surgical course
- Surgical site information, including dressings, tubes, drains, and packing
- Surgical complications and interventions
- Cardiopulmonary bypass (CPB)/circulatory arrest/cross-clamp/other procedure durations
- Problems weaning from CPB

Current status

- Assessment of hemodynamic stability

Care plan

- Anticipated recovery and problems
- Clear postoperative management plan
- Postoperative orders and investigations
- Monitoring plan and range for physiological variables
- Analgesia plan
- Plan for IV fluids, antibiotics, medications, deep venous thrombosis prophylaxis
- Plan for nasogastric tube and feeding

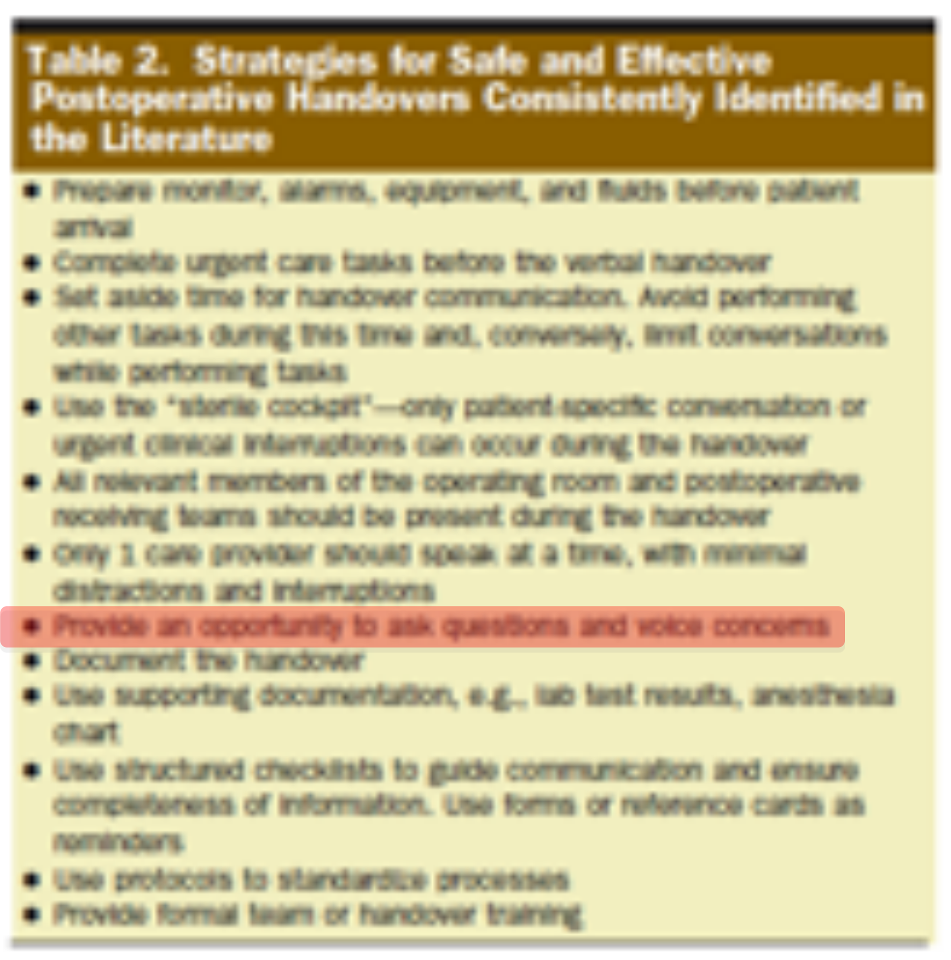
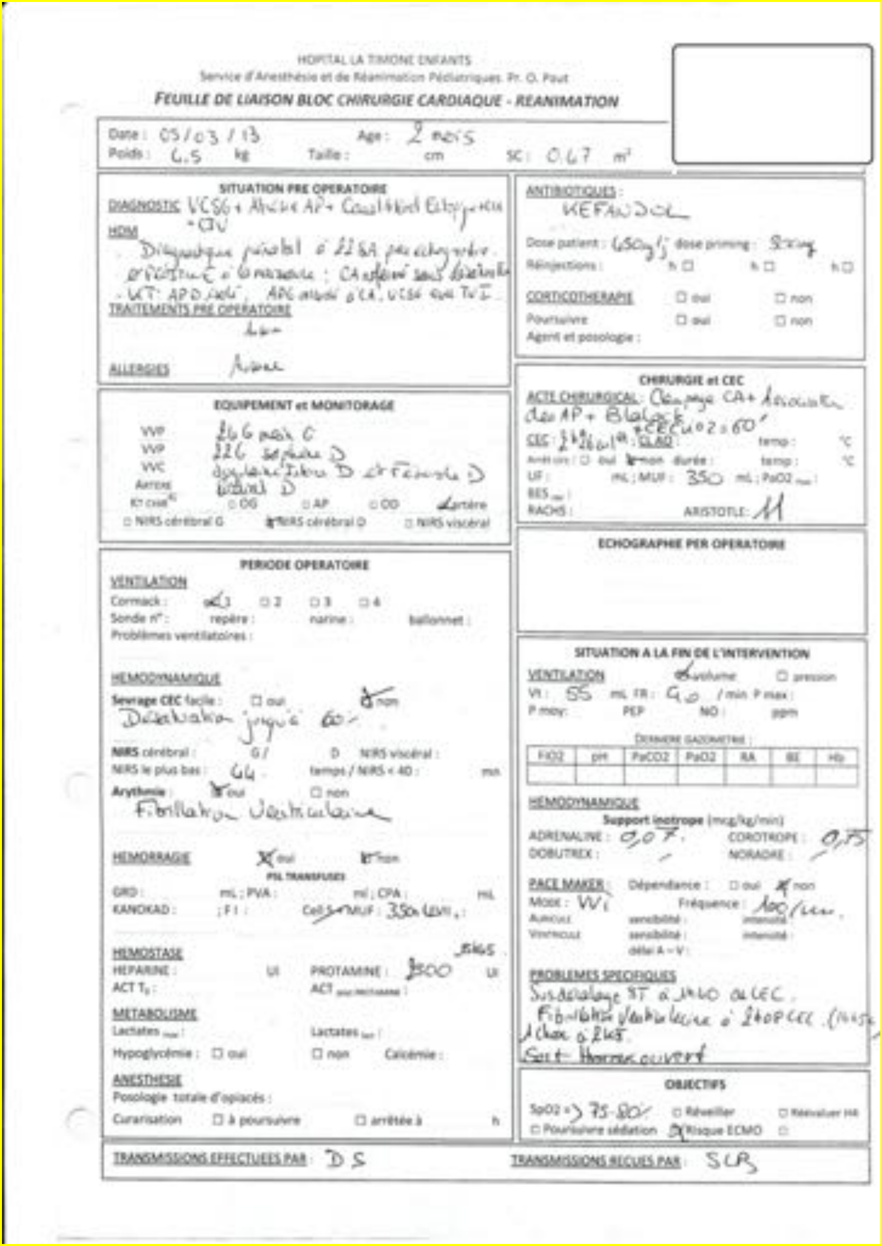


Table 2. Strategies for Safe and Effective Postoperative Handovers Consistently Identified in the Literature

- Prepare monitor, alarms, equipment, and fluids before patient arrival
- Complete urgent care tasks before the verbal handover
- Set aside time for handover communication. Avoid performing other tasks during this time and, conversely, limit conversations while performing tasks
- Use the "sterile cockpit"—only patient-specific conversation or urgent clinical interruptions can occur during the handover
- All relevant members of the operating room and postoperative receiving teams should be present during the handover
- Only 1 care provider should speak at a time, with minimal distractions and interruptions
- Provide an opportunity to ask questions and voice concerns
- Document the handover
- Use supporting documentation, e.g., lab test results, anesthesia chart
- Use structured checklists to guide communication and ensure completeness of information. Use forms or reference cards as reminders
- Use protocols to standardize processes
- Provide formal team or handover training



HOPITAL LA TIMONE ENFANTS
Service d'Anesthésie et de Réanimation Pédiatriques. Pr. O. Paut

FEUILLE DE LIAISON BLOC CHIRURGIE CARDIAQUE - REANIMATION

Date : 05/03/13 Age : 2 mois
Poids : 6.5 kg Taille : cm SC : 0.67 m²

SITUATION PRE OPERATOIRE

DIAGNOSTIC VCSG + Atrésie AP + Canal Artériel Ectopique + CIV

HDM
Diagnostic prénatal à 22 SA par échographie. Confirmé à la naissance : CA ectopique sans [illegible]
- CT : APD [illegible], APG [illegible] à CA, VCSG sur TVI.

TRAITEMENTS PRE OPERATOIRE
Aucun

ALLERGIES Aucune

ANTIBIOTIQUES :
KEFANDOL
Dose patient : 150mg/j dose priming : 50mg
Réinjections : h ☐ h ☐ h ☐
CORTICOTHERAPIE ☐ oui ☐ non
Poursuivre ☐ oui ☐ non
Agent et posologie :

EQUIPEMENT et MONITORAGE

VVP 24G main G
VVP 22G saphène D
VVC jugulaire Interne D et Fémorale D
Artère [illegible] D
KT cath ☐ OG ☐ AP ☐ OD ☑ artère
☐ NIRS cérébral G ☑ NIRS cérébral D ☐ NIRS viscéral

CHIRURGIE et CEC

ACTE CHIRURGICAL : Clampage CA + Anastomose des AP + Blalock + CEC u° 2 = 60'
CEC : [illegible] ; CLAO : temp : °C
Arrêt circ : ☐ oui ☑ non durée : temp : °C
UF : mL ; MUF : 350 mL ; PaO2 max :
BES max :
RACHS : ARISTOTLE : 11

ECHOGRAPHIE PER OPERATOIRE

PERIODE OPERATOIRE

VENTILATION
Cormack : ☑ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4
Sonde n° : repère : narine : ballonnet :
Problèmes ventilatoires :

HEMODYNAMIQUE
Sevrage CEC facile : ☐ oui ☑ non
Défibrillation jusqu'à 60'
NIRS cérébral : G / D NIRS viscéral :
NIRS le plus bas : 44 temps / NIRS < 40 : mn
Arythmie : ☑ oui ☐ non
Fibrillation Ventriculaire

HEMORRAGIE ☒ oui ☑ non
PSL TRANSFUSES
GRD : mL ; PVA : mL ; CPA : mL
KANOKAD : ; F I : Cell Saver/MUF : 350 [illegible] :

HEMOSTASE
HEPARINE : UI PROTAMINE : 1800 UI
ACT T_0 : ACT post protamine :

METABOLISME
Lactates max : Lactates last :
Hypoglycémie : ☐ oui ☐ non Calcémie :

ANESTHESIE
Posologie totale d'opiacés :
Curarisation ☐ à poursuivre ☐ arrêtée à h

SITUATION A LA FIN DE L'INTERVENTION

VENTILATION ☑ volume ☐ pression
Vt : 55 mL FR : 40 /min P max :
P moy : PEP NO : ppm

DERNIERE GAZOMETRIE :

FiO2	pH	PaCO2	PaO2	RA	BE	Hb

HEMODYNAMIQUE
Support inotrope (mcg/kg/min)
ADRENALINE : 0,07 COROTROPE : 0,75
DOBUTREX : - NORADRE : -

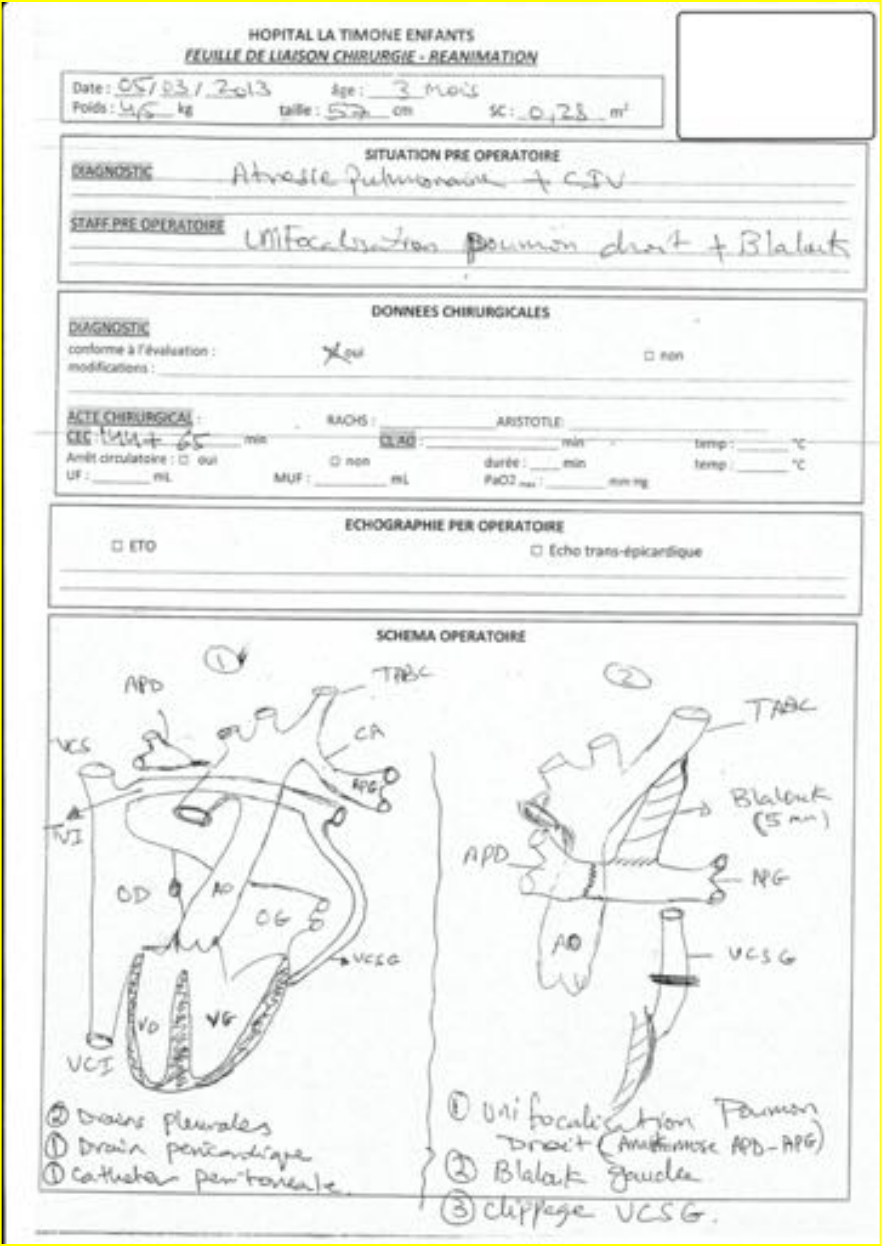
PACE MAKER : Dépendance : ☐ oui ☒ non
Mode : VVI Fréquence : 100/min
Auricule sensibilité : intensité :
Ventricule sensibilité : intensité :
délai A – V :

PROBLEMES SPECIFIQUES
Sus décalage ST à [illegible] de CEC.
Fibrillation Ventriculaire à l'arrêt CEC (1 choc à 2kJ.
Sort thorax ouvert

OBJECTIFS

SpO2 => 75-80% ☐ Réveiller ☐ Réévaluer HA
☐ Poursuivre sédation ☒ Risque ECMO ☐

TRANSMISSIONS EFFECTUEES PAR : DS
TRANSMISSIONS RECUES PAR : SLR



HOPITAL LA TIMONE ENFANTS
FEUILLE DE LIAISON CHIRURGIE - REANIMATION

Date : 05/03/2013 Age : 3 mois
Poids : 4,6 kg taille : 57 cm SC : 0,28 m²

SITUATION PRE OPERATOIRE

DIAGNOSTIC Atrésie Pulmonaire + CIV

STAFF PRE OPERATOIRE Unifocalisation poumon droit + Blalock

DONNEES CHIRURGICALES

DIAGNOSTIC
conforme à l'évaluation : ☒ oui ☐ non
modifications :

ACTE CHIRURGICAL : RACHS : ARISTOTLE :
CEC : 144 + 65 min CLAO : min temp : °C
Arrêt circulatoire : ☐ oui ☐ non durée : min temp : °C
UF : mL MUF : mL PaO2 max : mm Hg

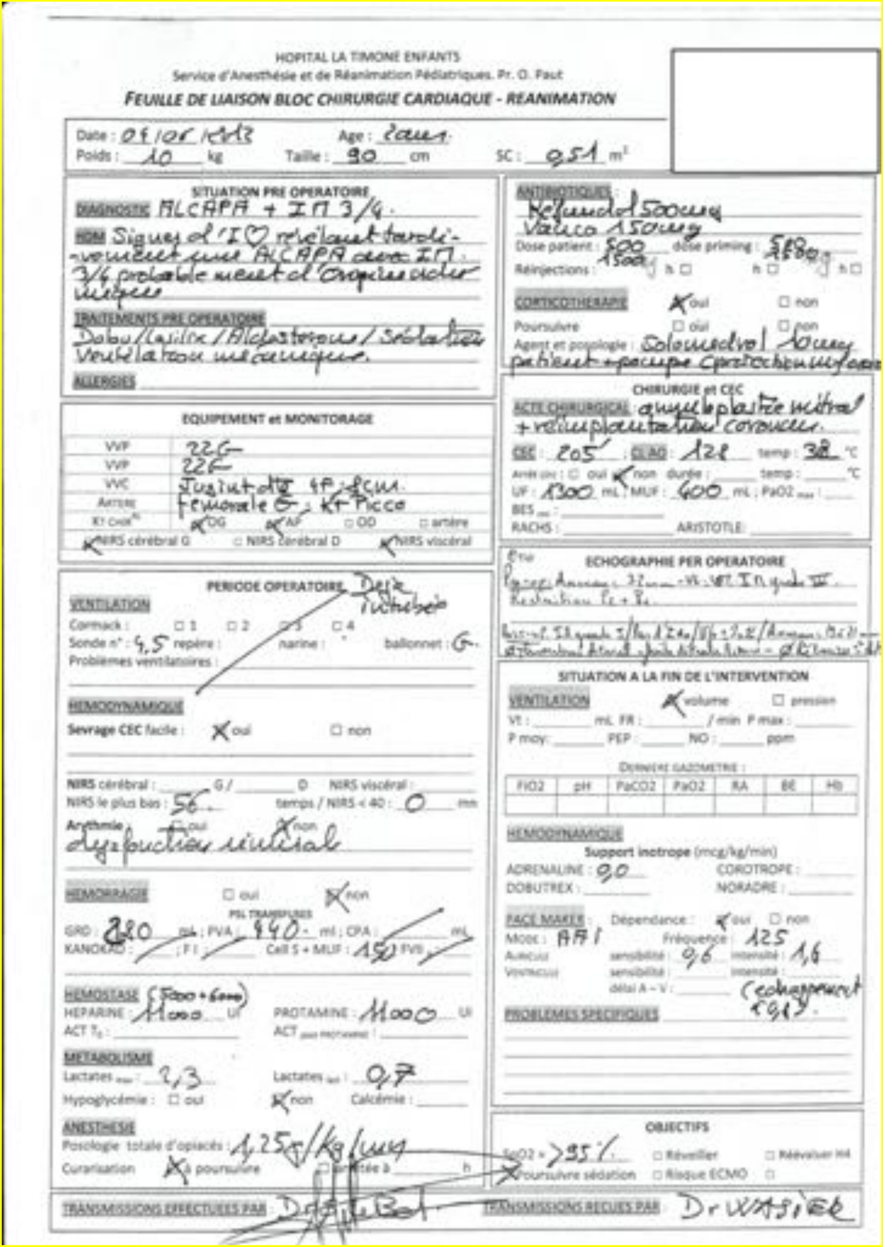
ECHOGRAPHIE PER OPERATOIRE

☐ ETO ☐ Echo trans-épicardique

SCHEMA OPERATOIRE

② Drains pleuraux
① Drain péricardique
① Cathéter péritonéal

① Unifocalisation Poumon Droit (Anastomose APD-APG)
② Blalock gauche
③ Clippage VCSG.



HOPITAL LA TIMONE ENFANTS
Service d'Anesthésie et de Réanimation Pédiatriques. Pr. O. Paut

FEUILLE DE LIAISON BLOC CHIRURGIE CARDIAQUE - REANIMATION

Date : 07/06/2012 Age : 2 ans
Poids : 10 kg Taille : 90 cm SC : 0,51 m²

SITUATION PRE OPERATOIRE

DIAGNOSTIC ALCAPA + IM 3/4.

HDM Signes d'I♡ révélant tardivement une ALCAPA avec IM 3/4 probablement d'origine ischémique

TRAITEMENTS PRE OPERATOIRE Dobu/Lasilix/Aldactone/Sédation Ventilation mécanique.

ALLERGIES

EQUIPEMENT et MONITORAGE

VVP	22G
VVP	22G
VVC	Jugulaire dte 4F 8cm.
Artère	Fémorale G : Kt Picco
Kt chir	☒ OG ☒ AP ☐ OD ☐ artère

☒ NIRS cérébral G ☐ NIRS cérébral D ☒ NIRS viscéral

PERIODE OPERATOIRE Déjà intubé

VENTILATION
Cormack : ☐ 1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4
Sonde n° : 4,5 repère : narine : ballonnet : G.
Problèmes ventilatoires :

HEMODYNAMIQUE
Sevrage CEC facile : ☒ oui ☐ non

NIRS cérébral : G / D NIRS viscéral :
NIRS le plus bas : 56 temps / NIRS < 40 : 0 mn
Arythmie : ☐ oui ☒ non
dysfonction initiale

HEMORRAGIE ☐ oui ☒ non
PSL TRANSFUSES
GRD : 220 mL ; PVA : 440 mL ; CPA : mL
KANOKAD : ; FI : Cell S + MUF : 150 FVII :

HEMOSTASE (5000 + 6000)
HEPARINE : 11000 UI PROTAMINE : 11000 UI
ACT T0 : ACT post protamine :

METABOLISME
Lactates max : 2,3 Lactates fin : 0,7
Hypoglycémie : ☐ oui ☒ non Calcémie :

ANESTHESIE
Posologie totale d'opiacés : 1,25γ/kg/min
Curarisation ☒ à poursuivre ☐ arrêtée à h

TRANSMISSIONS EFFECTUEES PAR : Dr [illegible]

ANTIBIOTIQUES :
Cefamandol 500mg
Vanco 150mg
Dose patient : 500 / 1500 dose priming : 500 / 1500
Réinjections : h ☐ h ☐ h ☐

CORTICOTHERAPIE ☒ oui ☐ non
Poursuivre ☐ oui ☐ non
Agent et posologie : Solumedrol 10mg patient + pompe [illegible]

CHIRURGIE et CEC
ACTE CHIRURGICAL : annuloplastie mitrale + réimplantation coronaire.
CEC : 205' ; **CLAO** : 128 temp : 32 °C
Arrêt circ : ☐ oui ☒ non durée : temp : °C
UF : 1300 mL ; MUF : 600 mL ; PaO2 max :
BES max :
RACHS : ARISTOTLE :

ECHOGRAPHIE PER OPERATOIRE
ETO
Pré-op : Anneau : 32mm - VG : IM grade III.
Restriction P2 + P3.

Post-op : [illegible]
[illegible]

SITUATION A LA FIN DE L'INTERVENTION

VENTILATION ☒ volume ☐ pression
Vt : mL FR : / min P max :
P moy : PEP : NO : ppm

DERNIERE GAZOMETRIE :

FIO2	pH	PaCO2	PaO2	RA	BE	Hb

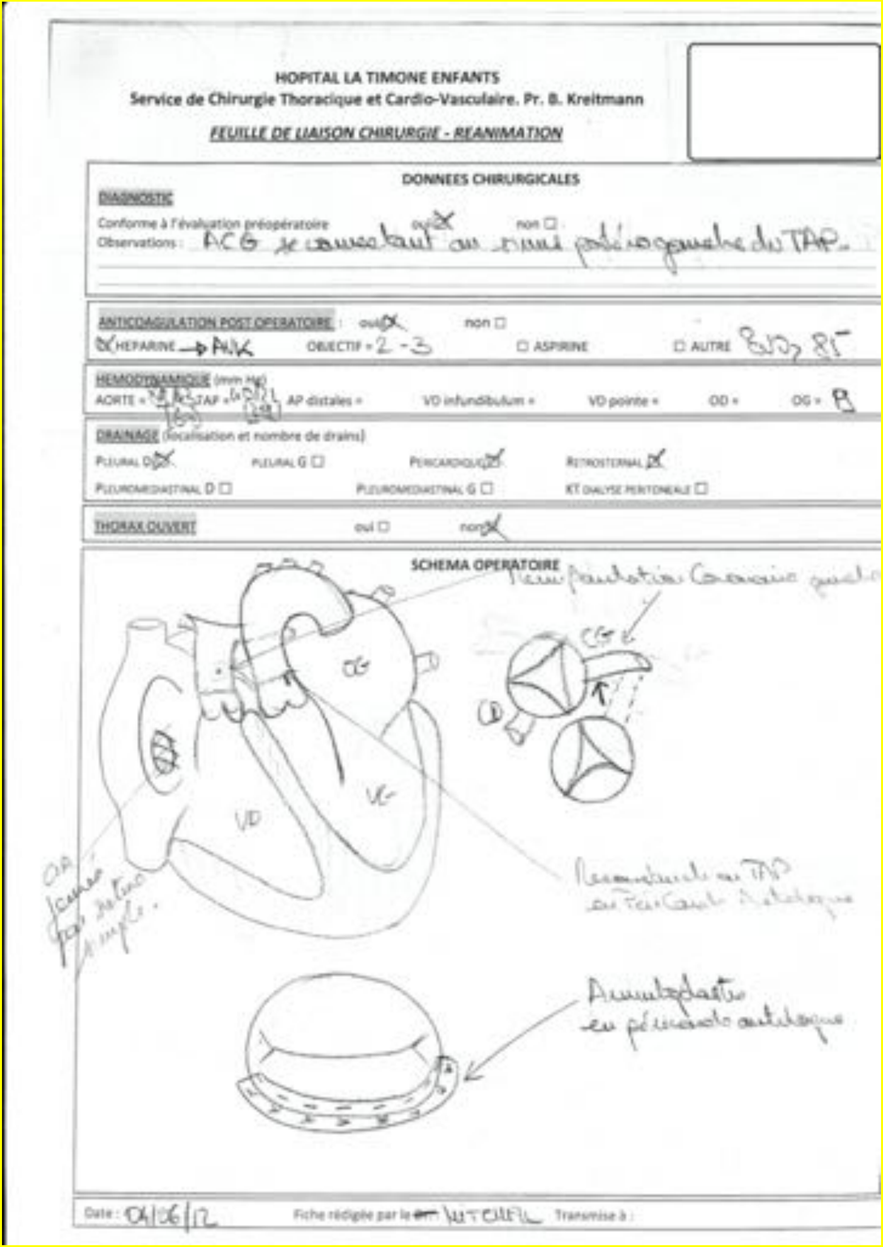
HEMODYNAMIQUE
Support inotrope (mcg/kg/min)
ADRENALINE : 0,0 COROTROPE :
DOBUTREX : NORADRE :

PACE MAKER : Dépendance : ☒ oui ☐ non
Mode : AAI Fréquence : 125
Auriculo sensibilité : 0,6 intensité : 1,6
Ventriculo sensibilité : intensité :
délai A – V : (échappement < 91).

PROBLEMES SPECIFIQUES

OBJECTIFS
SaO2 = > 95 % ☐ Réveiller ☐ Réévaluer H4
☒ Poursuivre sédation ☐ Risque ECMO ☐

TRANSMISSIONS RECUES PAR Dr WASIEK



HOPITAL LA TIMONE ENFANTS
Service de Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire. Pr. B. Kreitmann

FEUILLE DE LIAISON CHIRURGIE - REANIMATION

DONNEES CHIRURGICALES

DIAGNOSTIC
Conforme à l'évaluation préopératoire oui ☒ non ☐
Observations : ACG se connectant au sinus postéro-gauche du TAP.

ANTICOAGULATION POST OPERATOIRE : oui ☒ non ☐
☒ HEPARINE → AVK OBJECTIF = 2 - 3 ☐ ASPIRINE ☐ AUTRE [illegible]

HEMODYNAMIQUE (mm Hg)
AORTE = [illegible] TAP = [illegible] AP distales = VD infundibulum = VD pointe = OD = OG = 8

DRAINAGE (localisation et nombre de drains)
PLEURAL D ☒ PLEURAL G ☐ PERICARDIQUE ☒ RETROSTERNAL ☒
PLEUROMEDIASTINAL D ☐ PLEUROMEDIASTINAL G ☐ KT DIALYSE PERITONEALE ☐

THORAX OUVERT oui ☐ non ☒

SCHEMA OPERATOIRE

Réimplantation Coronaire gauche
CG
D
OG
VG
VD
OR fermée par suture simple.
Reconstruction du TAP en Péricarde Autologue
Annuloplastie en péricarde autologue

Date : 04/06/12 Fiche rédigée par le ~~Dr~~ WITCHEL Transmise à :

Evaluation postopératoire

Clinique

- Hémodynamique
  - Congestion
  - Macrocirculation
  - Microcirculation
- Ventilation
  - Intubation.
  - Parenchyme
- Neurologique
  - Sédation.
  - Accident neurologique.
- Diurèse
  - Diurétiques.
  - BES.
- Drains
  - Hémostase

Paraclinique

- ECG
  - Ischémie
  - Troubles du rythme
  - Troubles de la conduction
- Thorax
- GDS
- NFS/Coag/IonoS
- Lactates artériels
- Troponine ; BNP

- ECHOCARDIOGRAPHIE

Hémodynamique
Valeur de l’examen clinique

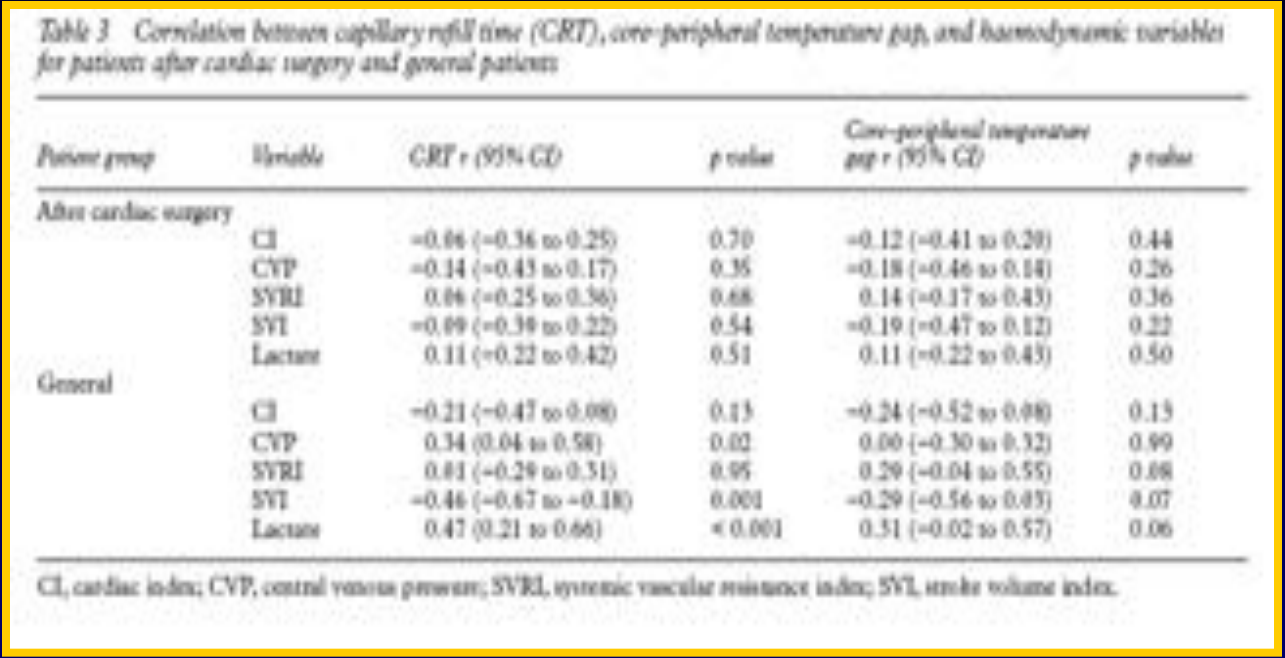


Table 3 Correlation between capillary refill time (CRT), core-peripheral temperature gap, and haemodynamic variables for patients after cardiac surgery and general patients

Patient group	*Variable*	*CRT r (95% CI)*	*p value*	*Core-peripheral temperature gap r (95% CI)*	*p value*
After cardiac surgery					
	CI	−0.06 (−0.36 to 0.25)	0.70	−0.12 (−0.41 to 0.20)	0.44
	CVP	−0.14 (−0.43 to 0.17)	0.35	−0.18 (−0.46 to 0.14)	0.26
	SVRI	0.06 (−0.25 to 0.36)	0.68	0.14 (−0.17 to 0.43)	0.36
	SVI	−0.09 (−0.39 to 0.22)	0.54	−0.19 (−0.47 to 0.12)	0.22
	Lactate	0.11 (−0.22 to 0.42)	0.51	0.11 (−0.22 to 0.43)	0.50
General					
	CI	−0.21 (−0.47 to 0.08)	0.13	−0.24 (−0.52 to 0.08)	0.13
	CVP	0.34 (0.04 to 0.58)	0.02	0.00 (−0.30 to 0.32)	0.99
	SVRI	0.01 (−0.29 to 0.31)	0.95	0.29 (−0.04 to 0.55)	0.08
	SVI	−0.46 (−0.67 to −0.18)	0.001	−0.29 (−0.56 to 0.03)	0.07
	Lactate	0.47 (0.21 to 0.66)	< 0.001	0.31 (−0.02 to 0.57)	0.06

CI, cardiac index; CVP, central venous pressure; SVRI, systemic vascular resistance index; SVI, stroke volume index.

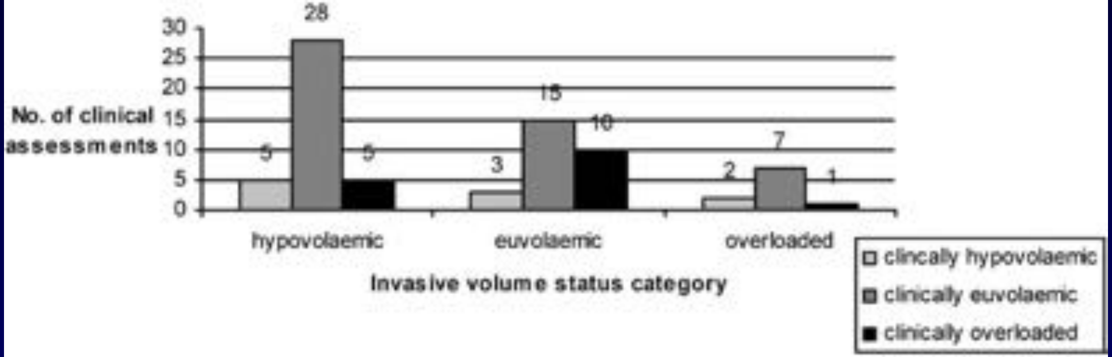
- TRC > 6s meilleure valeur prédictive d’une diminution significative du Volume d’Ejection Systolique Indéxé

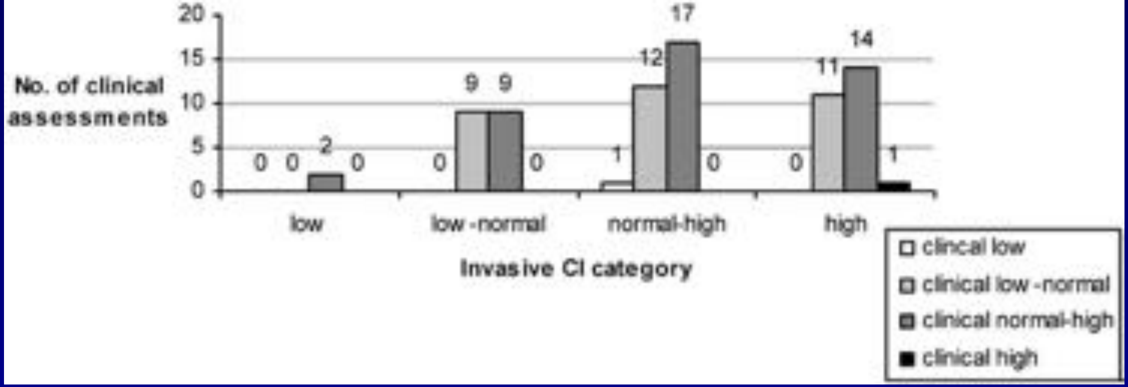
Shane. Arch Dis Child. 1999

Hémodynamique
Valeur de l' examen clinique

- Examen clinique vs PICCO (IC ; GEDVi)

Egan and coll. Intensive Care Medicine. 2005

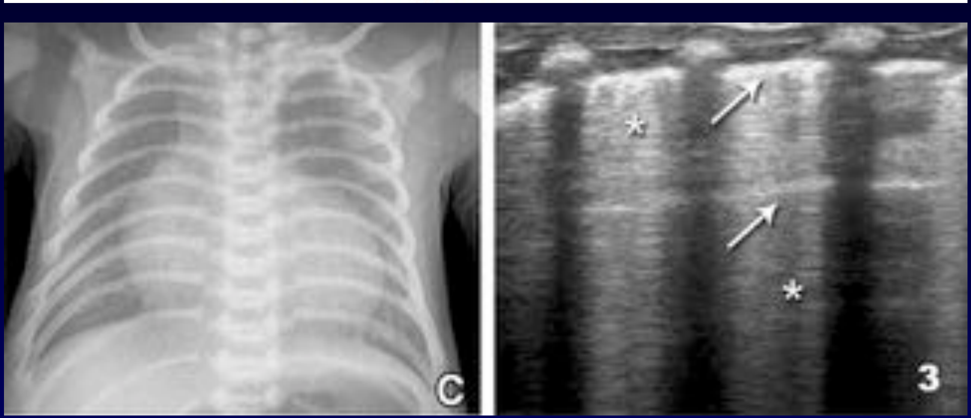




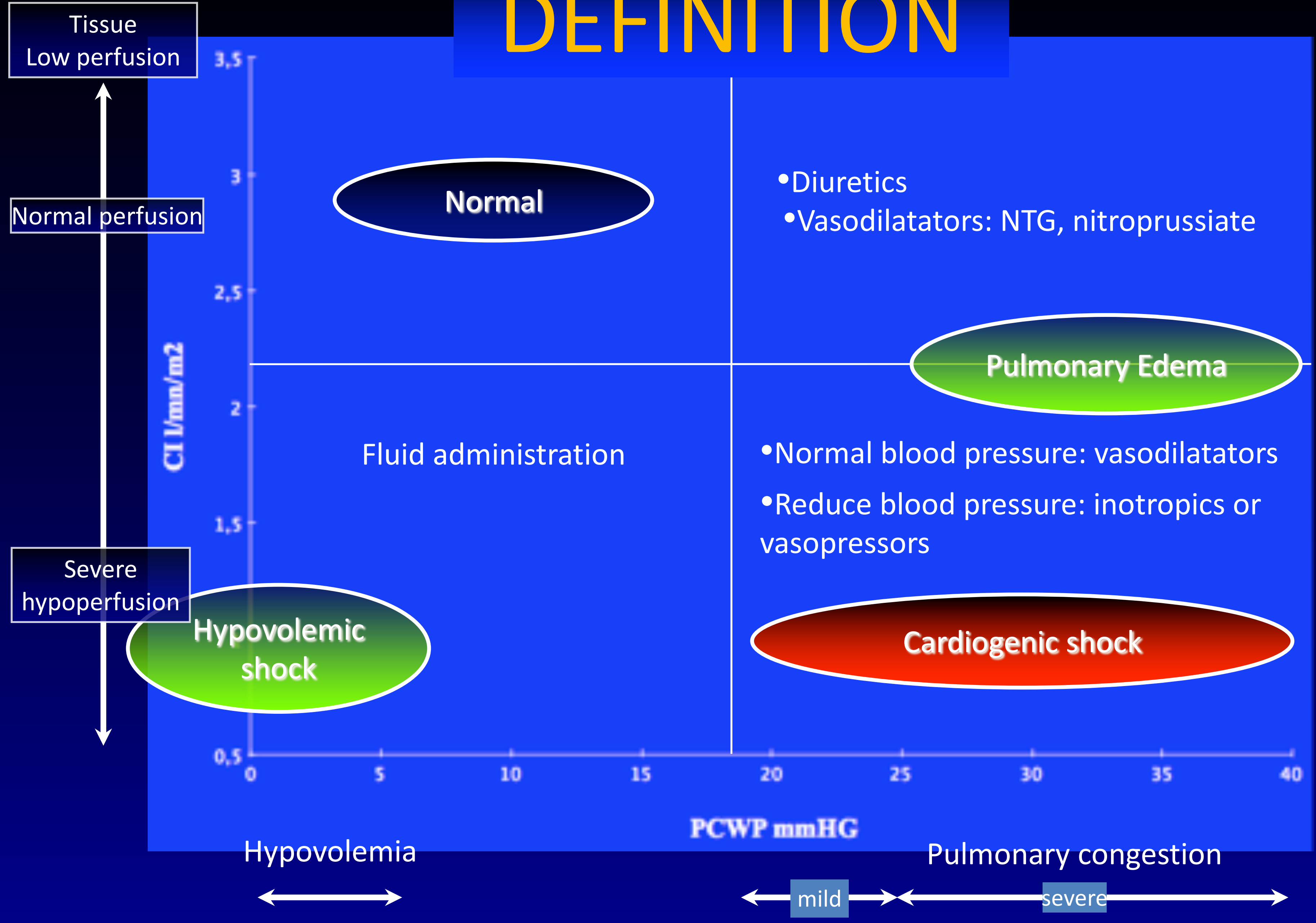
Echocardiographie postopératoire

- Contractilité VD / VG
- Gradient résiduel
- Shunt résiduel
- Mesure non invasive des PAP
- Évaluation objective des effets des thérapeutiques
- Echographie pleuro-pulmonaire

Usefulness of Lung Ultrasound in Neonatal Congenital Heart Disease (LUSNEHDI): Lung Ultrasound to Assess Pulmonary Overflow in Neonatal Congenital Heart Disease



DEFINITION


3,5
3
2,5
2
1,5
0,5
CI l/mn/m2
0
5
10
15
20
25
30
35
40
PCWP mmHG

Tissue
Low perfusion

Normal perfusion

Severe
hypoperfusion

Normal

- Diuretics
- Vasodilatators: NTG, nitroprussiate

Pulmonary Edema

Fluid administration

- Normal blood pressure: vasodilatators
- Reduce blood pressure: inotropics or vasopressors

Hypovolemic shock

Cardiogenic shock

Hypovolemia

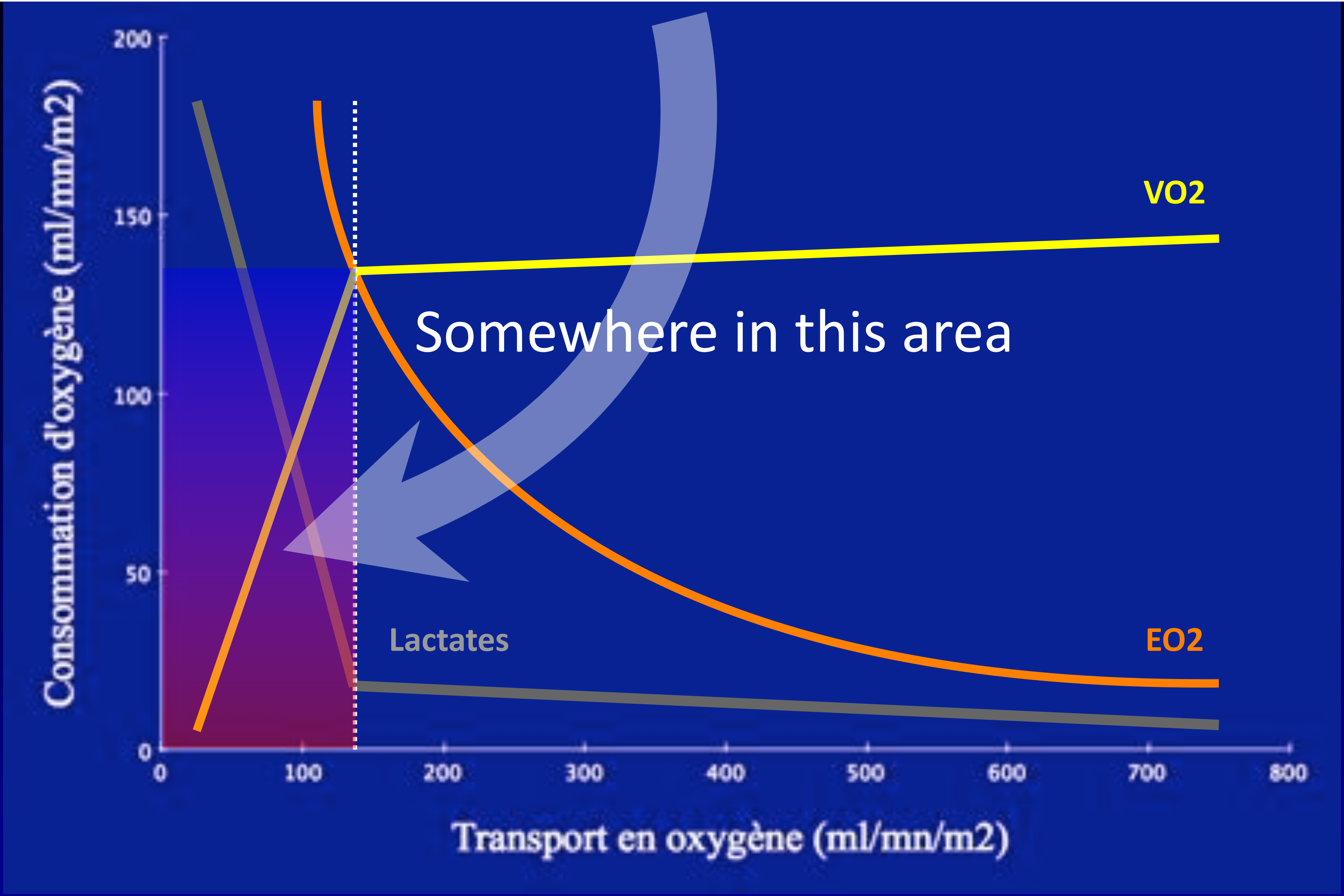
Pulmonary congestion

mild

severe

Forrester et al. Am J Cardiol 1977;39:137

Shock results from inadequate blood flow and oxygen delivery to meet tissue oxygen demand

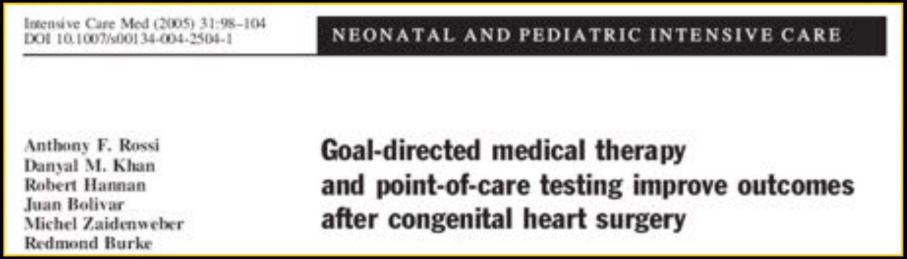


Intérêts des lactates artériels

- Corrélation avec la mortalité dans les suites d'une réparation chirurgicale d'une cardiopathie congénitale

Siegler. Intensive Care Med 1996

	DCD	**Vivants**	**MOF**	**No MOF**
Lactates	**6,86±0,79**	**2,38 ±0,13**	**4,87 ±0,7**	**2,35 ±0,19**

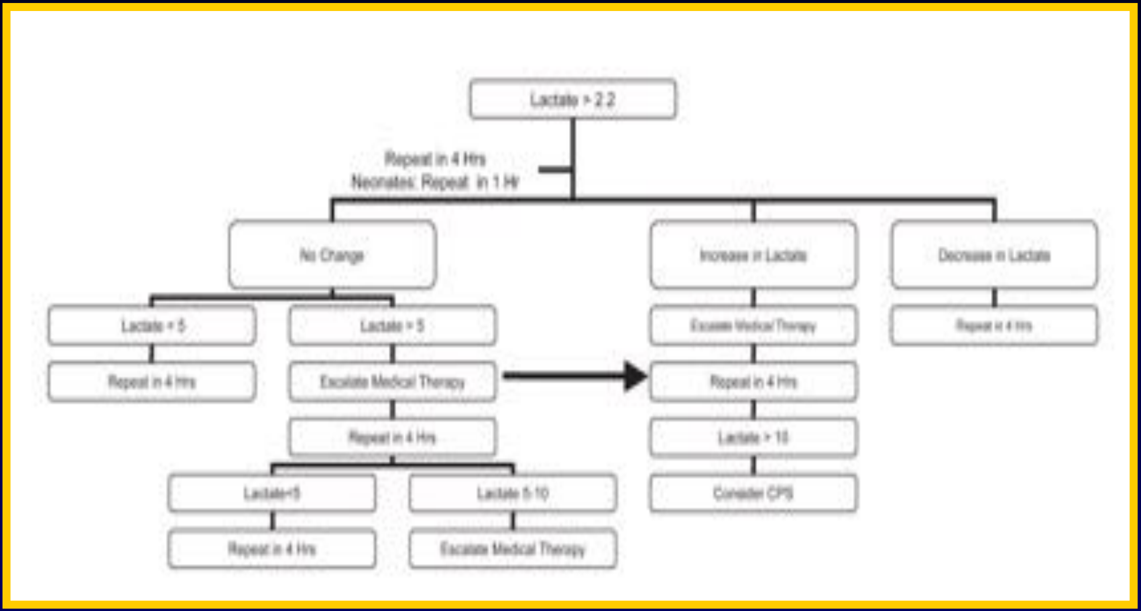


Intensive Care Med (2005) 31:98–104
DOI 10.1007/s00134-004-2504-1

NEONATAL AND PEDIATRIC INTENSIVE CARE

Anthony F. Rossi
Danyal M. Khan
Robert Hannan
Juan Bolivar
Michel Zaidenweber
Redmond Burke

Goal-directed medical therapy and point-of-care testing improve outcomes after congenital heart surgery


Lactate > 2.2
Repeat in 4 Hrs
Neonates: Repeat in 1 Hr
No Change
Increase in Lactate
Decrease in Lactate
Lactate < 5
Lactate > 5
Excalate Medical Therapy
Repeat in 4 Hrs
Repeat in 4 Hrs
Escalate Medical Therapy
Repeat in 4 Hrs
Repeat in 4 Hrs
Lactate > 10
Lactate<5
Lactate 5-10
Consider CPS
Repeat in 4 Hrs
Escalate Medical Therapy

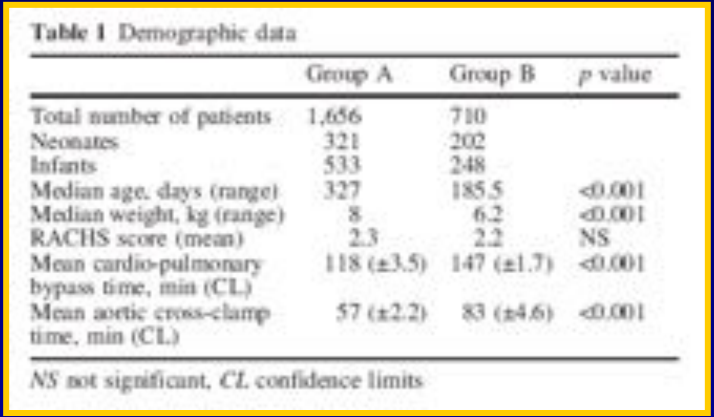
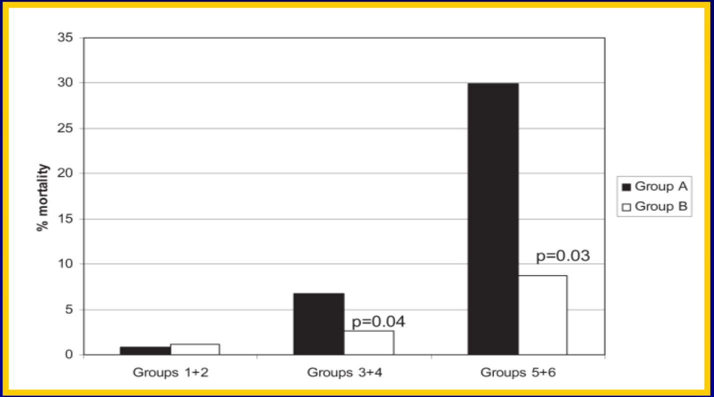


Table 1 Demographic data

	Group A	Group B	*p* value
Total number of patients	1,656	710	
Neonates	321	202	
Infants	533	248	
Median age, days (range)	327	185.5	<0.001
Median weight, kg (range)	8	6.2	<0.001
RACHS score (mean)	2.3	2.2	NS
Mean cardio-pulmonary bypass time, min (CL)	118 (±3.5)	147 (±1.7)	<0.001
Mean aortic cross-clamp time, min (CL)	57 (±2.2)	83 (±4.6)	<0.001

NS not significant, *CL* confidence limits



Predicting major adverse events after cardiac surgery in children

M. Seear and Coll Ped Crit Care Med 2008

- Quels sont les indices prédictifs d’ évènements postopératoire majeur (ECMO)?
- 52 enfants bénéficiant de procédures chirurgicales à « haut risque » (CAV;Fallot; VDDI; TGV…)
- Etude de paramètre cliniques et biologiques à 3, 6, 9, 12 et 24h après la chirurgie.
  - Fréquence cardiaque / PAM / Débit cardiaque
  - Gradient de T°
  - diurèse
  - Lactates
  - SVcO2

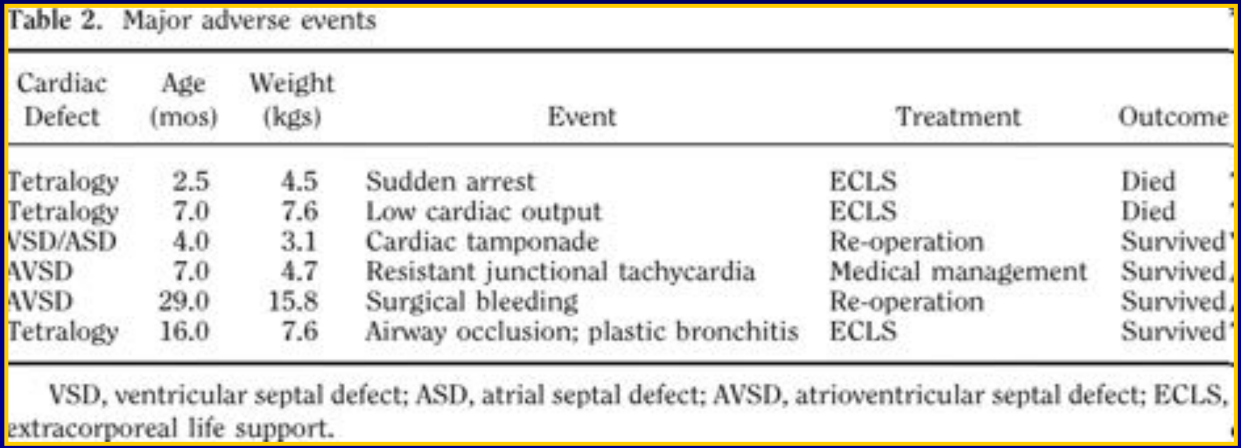


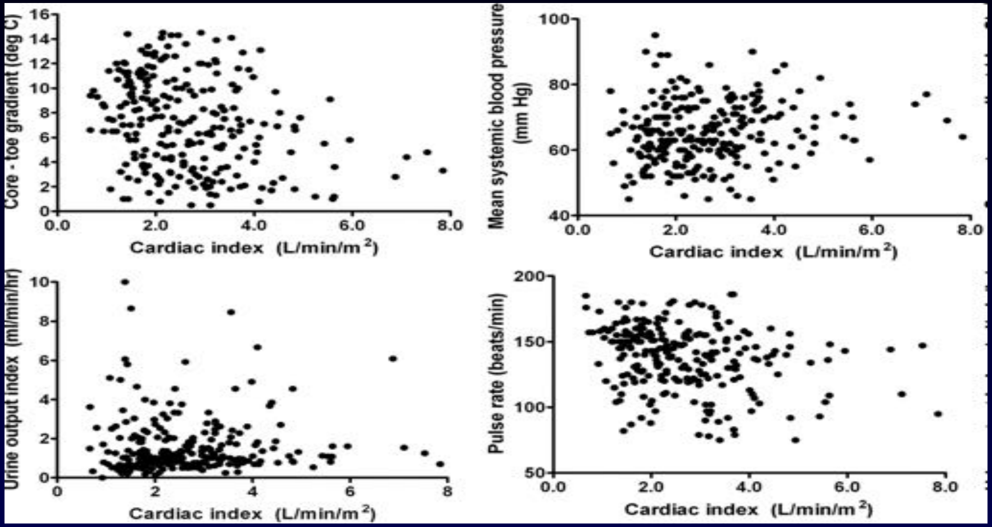
Table 2. Major adverse events

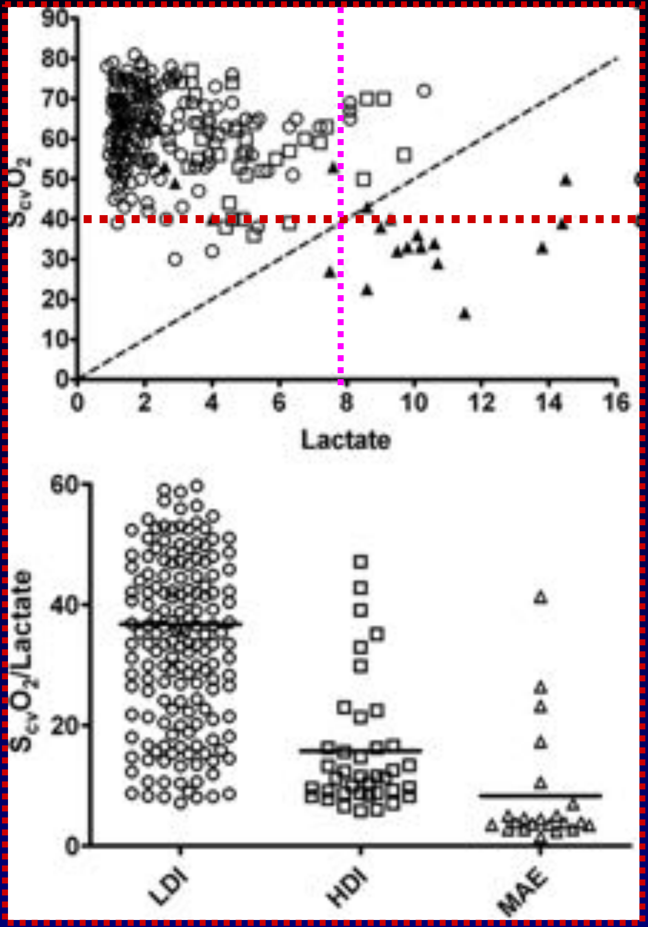
Cardiac Defect	Age (mos)	Weight (kgs)	Event	Treatment	Outcome
Tetralogy	2.5	4.5	Sudden arrest	ECLS	Died
Tetralogy	7.0	7.6	Low cardiac output	ECLS	Died
VSD/ASD	4.0	3.1	Cardiac tamponade	Re-operation	Survived
AVSD	7.0	4.7	Resistant junctional tachycardia	Medical management	Survived
AVSD	29.0	15.8	Surgical bleeding	Re-operation	Survived
Tetralogy	16.0	7.6	Airway occlusion; plastic bronchitis	ECLS	Survived

VSD, ventricular septal defect; ASD, atrial septal defect; AVSD, atrioventricular septal defect; ECLS, extracorporeal life support.

Predicting major adverse events after cardiac surgery in children

M. Seear and Coll Ped Crit Care Med 2008





Absence de corrélation entre le débit cardiaque et la PAM, la diurèse, le gradient de T° , et la fréquence cardiaque, PVC, POG, SVI....

Seuls les lactates et la ScvO2 sont prédictifs d’ évènements majeurs postopératoires mais avec une mauvaise valeur prédictive positive.

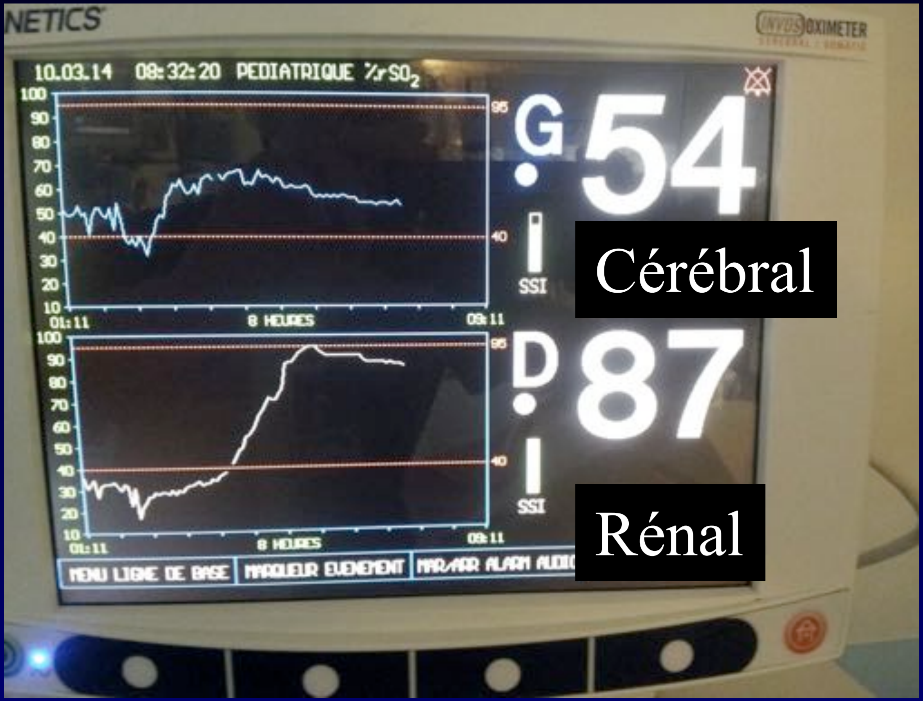
ScvO2/lactates<5 aurait une VPP de 93,8% (Se 79% ; Sp 99,5%) dans la survenue d’ évènements majeurs postopératoires

Naïma, 2 ans…aux Urgences Pédiatrique de l'Hôpital de Nîmes.

- Sur une histoire de dyspnée fébrile non résolutive, avec un tableau digestif (douleurs abdominales; vomissements) qui précipite la venu à l'hôpital.
- Trois signes cardinaux à l'examen clinique:
  - Hépatomégalie sous ombilicale, dure et douloureuse.
  - Une cardiomégalie .
  - Une asthénie profonde suggérant un bas débit cérébral.
- Transfert en Réanimation.
  - Après 1mg/kg de furosémide IV.
  - Sans soutient inotrope.
  - En ventilation spontanée avec O2 au masque.
  - Avec une voie intra-osseuse tibiale gauche comme seul abord vasculaire.

Prise en charge initiale

- Instauration d’un support inotrope:
  - Dobutamine 10 µg/kg/mn
  - Adrénaline 0,1 µg/kg/mn
  - Milrinone 0,75 µg/kg/mn
- Intubation et mise sous ventilation mécanique.
  - En présence de l’équipe ECMO
  - Circuit ECMO monté, non « primé ».
- « Equipement » sous echo:
  - VVC fémorale gauche.
  - Artère fémorale droite.
  - Thrombus mural de la veine fémorale droite sur plusieurs tentatives de ponction à Nîmes .

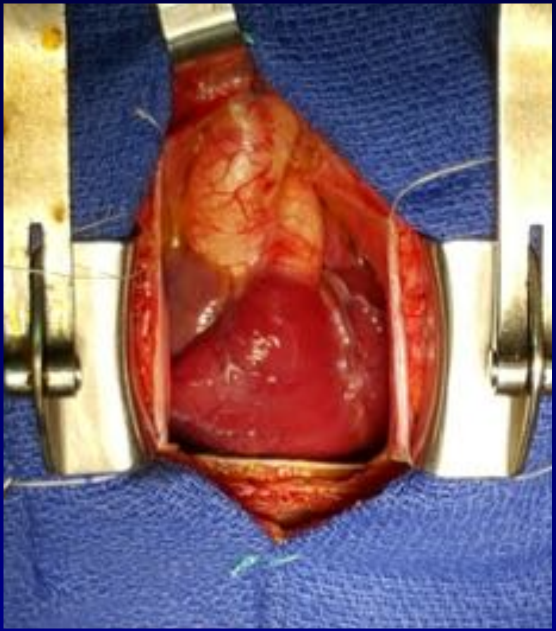

NETICS
INVOS OXIMETER
10.03.14 08:32:20 PEDIATRIQUE %rSO2
G 54
SSI
Cérébral
D 87
SSI
Rénal
100 90 80 70 60 50 40 30 20 10
95
40
01:11
8 HEURES
09:11
MENU LIGNE DE BASE
MARQUEUR EVENEMENT
MAR/ARR ALARM AUDIO

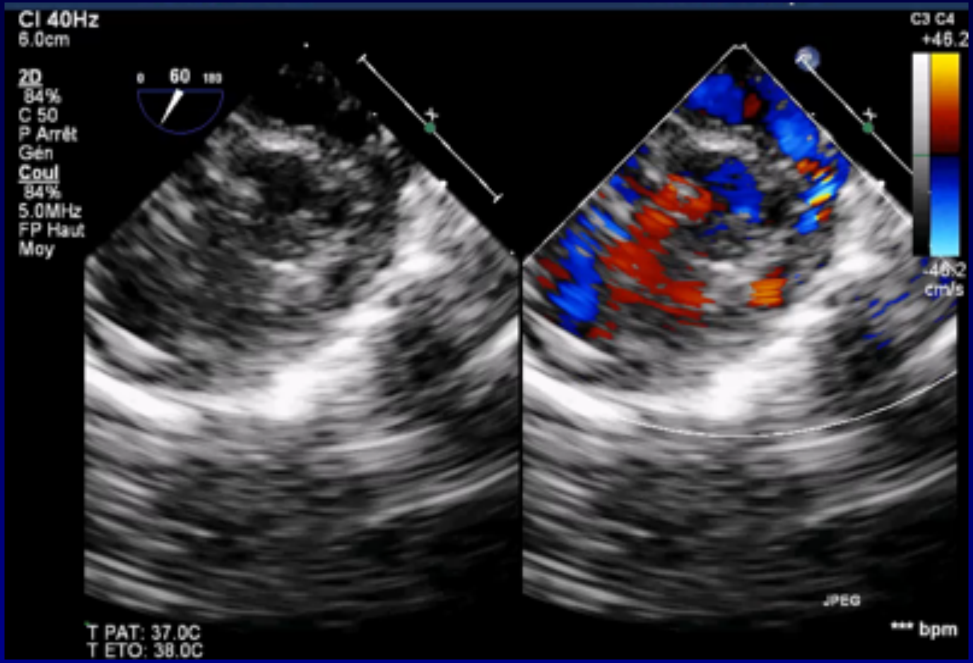
Pas d’ECMO!!

En tout cas pas tout de suite…

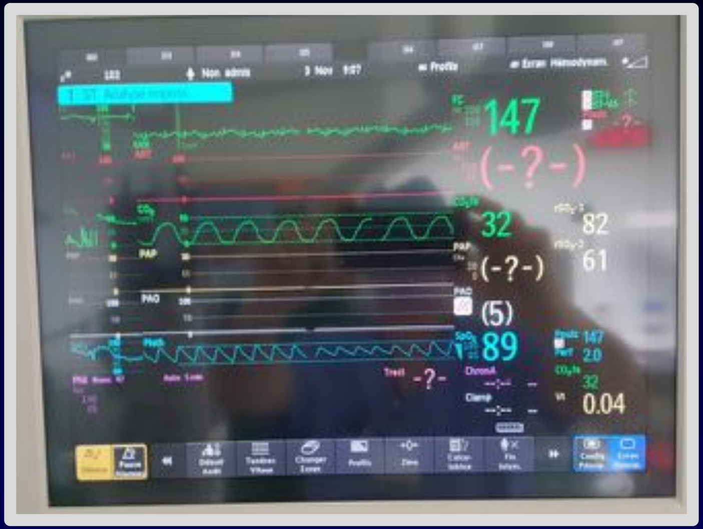
Un petit cas clinique rapide

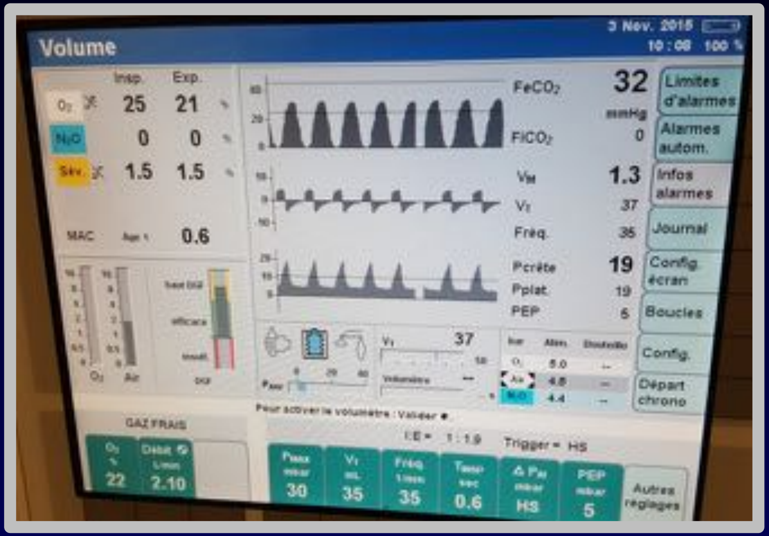
- Jade
- 12 jours de vie
- Diagnostic postnatal d’Atrésie pulmonaire +CIV
- Canal artériel malformatif
- Anastomose de Blalock droit

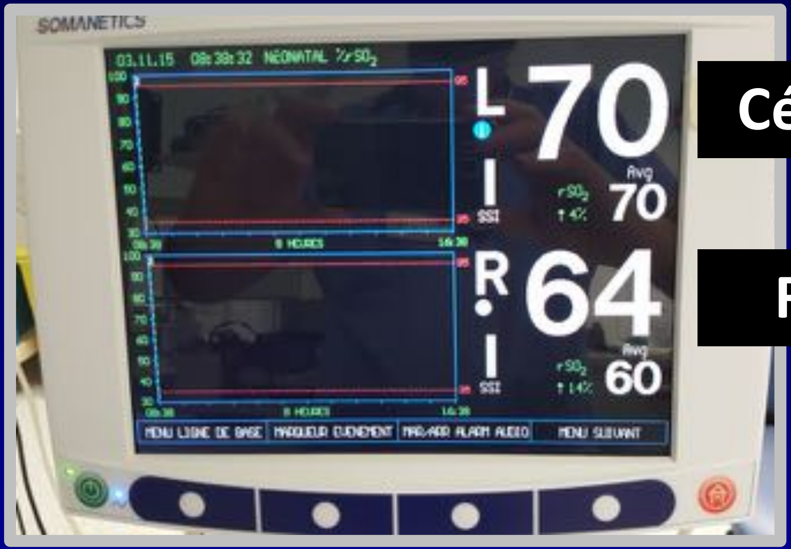



CI 40Hz
6.0cm
2D
84%
C 50
P Arrêt
Gén
Coul
84%
5.0MHz
FP Haut
Moy
0
60
180
C3 C4
+46.2
-46.2
cm/s
JPEG
*** bpm
T PAT: 37.0C
T ETO: 38.0C

La situation au début


147
(-?-)
32
(-?-)
(5)
89
82
61
0.04

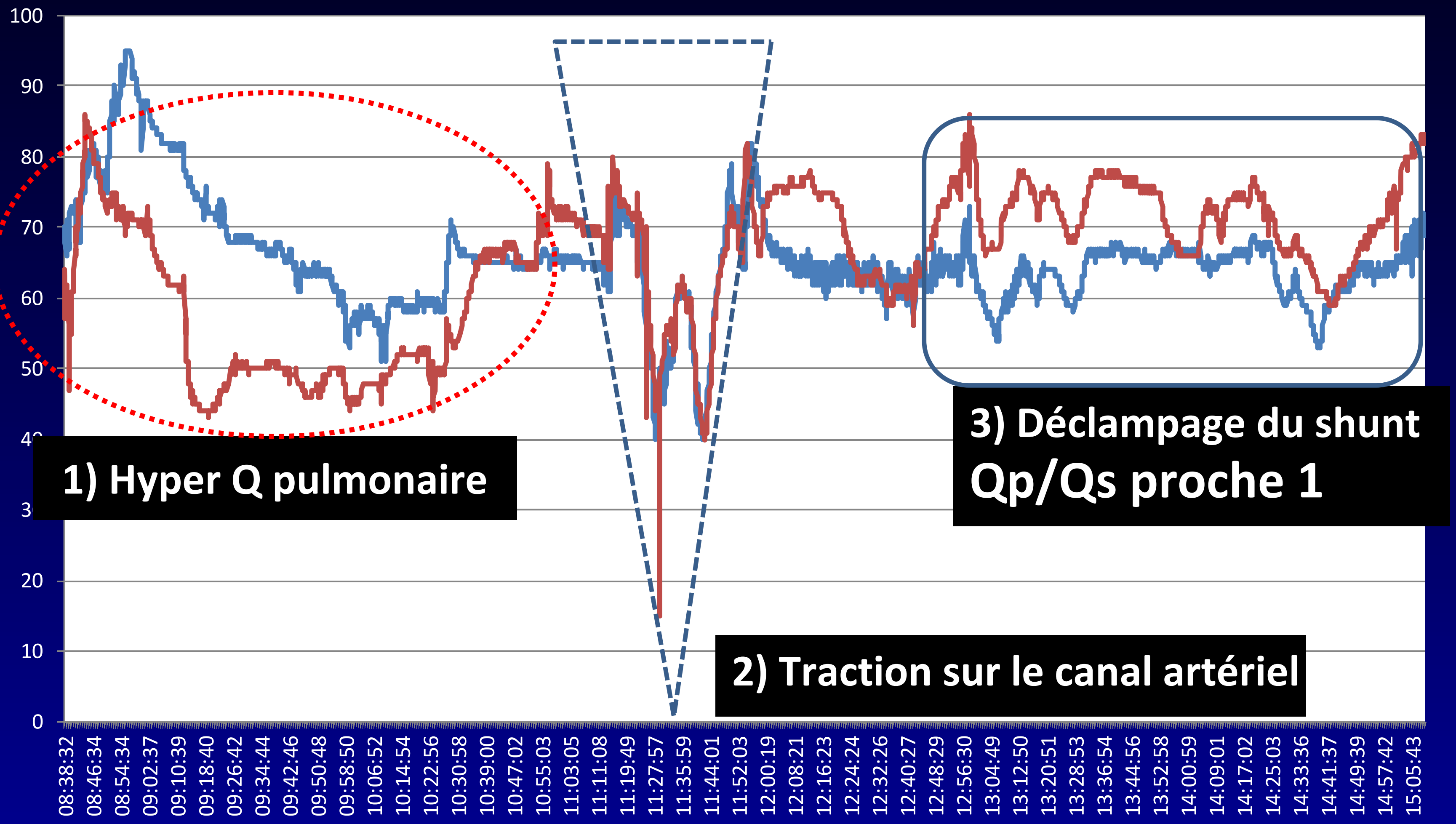

Volume
3 Nov. 2015
10:08
Insp.
Exp.
O2
25
21
N2O
0
0
Sév.
1.5
1.5
MAC
0.6
FeCO2
32
mmHg
FiCO2
0
VM
1.3
VT
37
Fréq.
35
Pcrête
19
Pplat
19
PEP
5
Limites d'alarmes
Alarmes autom.
Infos alarmes
Journal
Config. écran
Boucles
Config.
Départ chrono
GAZ FRAIS
O2 %
22
Débit L/min
2.10
I:E = 1:1.9
Trigger = HS
Pmax mbar
30
VT mL
35
Fréq 1/min
35
Tinsp sec
0.6
Δ Pai mbar
HS
PEP mbar
5
Autres réglages


SOMANETICS
03.11.15 08:38:32 NÉONATAL %rSO2
L
70
Avg
70
R
64
Avg
60
MENU LIGNE DE BASE
MARQUEUR ÉVÉNEMENT
MAR/ARR ALARM AUDIO
MENU SUIVANT

Cérébral

Rénal

NIRS cérébral (bleu) et rénal (rouge)



1) Hyper Q pulmonaire

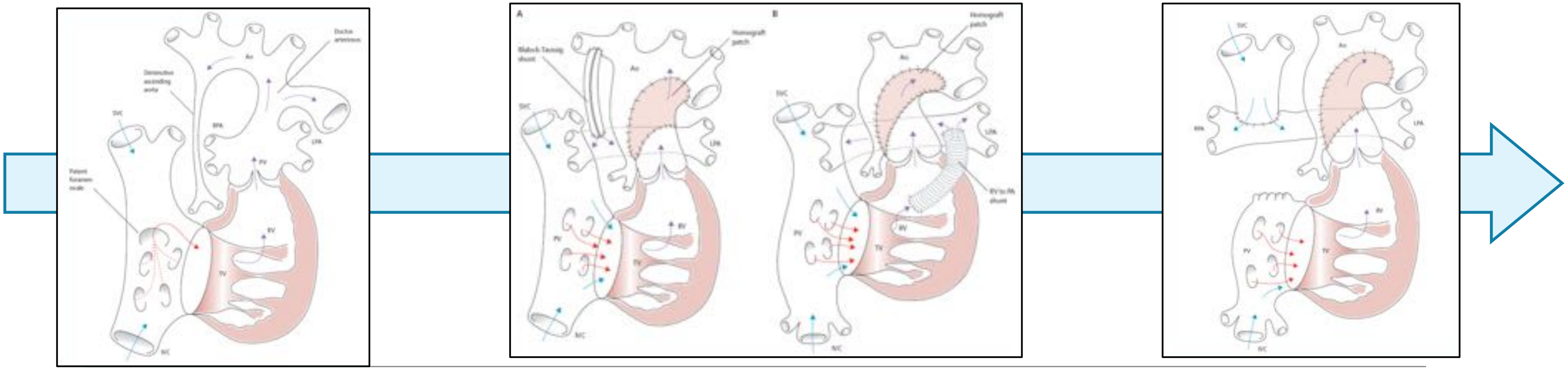
2) Traction sur le canal artériel

3) Déclampage du shunt
Qp/Qs proche 1

Prediction of imminent, severe deterioration of children with parallel circulations using real-time processing of physiologic data

Rusin et al J Thorac Cardiovasc Surg 2016;152:171-7

THE JOURNAL OF
THORACIC AND CARDIOVASCULAR SURGERY


Ductus arteriosus
Diminutive ascending aorta
Ao
SVC
RPA
LPA
PV
Patent foramen ovale
RV
TV
IVC
A
B
Blalock-Taussig shunt
Homograft patch
RV to PA shunt

Transplantation-Free Survival and Interventions at 3 Years in the Single Ventricle Reconstruction Trial

(*Circulation*. 2014;129:2013-2020.) **Congenital Heart Disease**

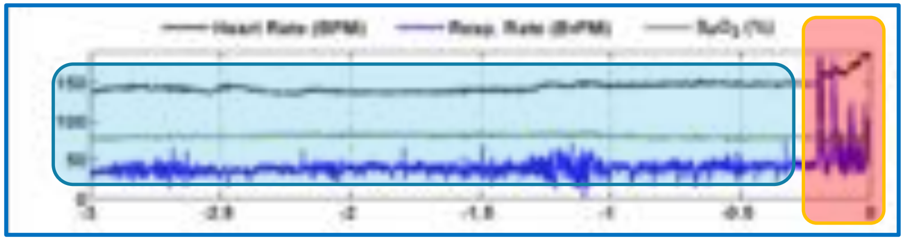
Circulation

American Heart Association

Congenital: Critical Care

Prediction of imminent, severe deterioration of children with parallel circulations using real-time processing of physiologic data

Rusin et al J Thorac Cardiovasc Surg 2016;152:171-7



Comment se douter qu'il va se passer quelque chose de grave…

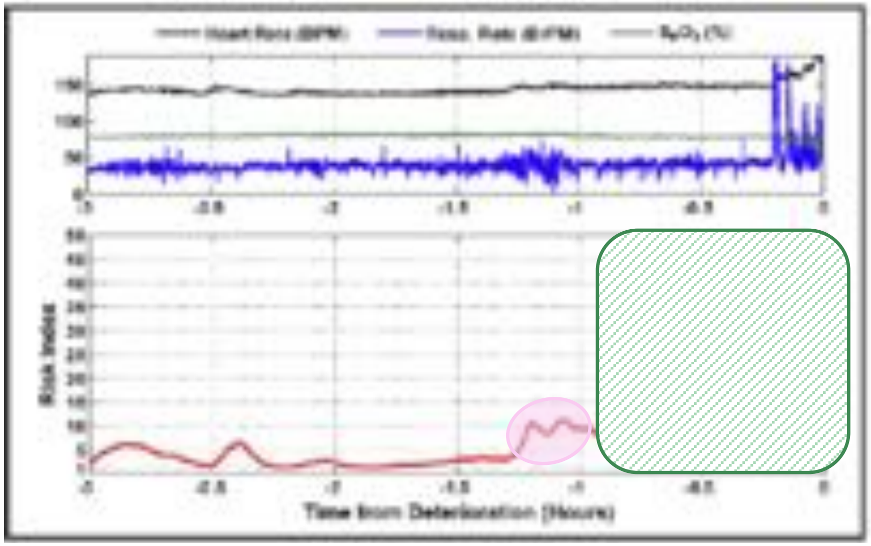
…aux vues de ces tendances?

- **Une hypothèse:**
  - La physiologie juste avant la dégradation, est anormale.
  - La physiologie a distance de la détérioration, est par contre normale.
- **Elaboration d'un « Risk Index », dérivé de paramètres physiologiques facilement disponibles:**
  1. Fréquence cardiaque.
  2. SpO2.
  3. Variabilité de la fréquence respiratoire.
  4. Variabilité de la fréquence cardiaque « beat to beat ».
  5. Segment S-T en V1.
  6. Variabilité du vecteur-segment S-T 3D
- **Continuous high résolution recording.**

Prediction of imminent, severe deterioration of children with parallel circulations using real-time processing of physiologic data

Rusin et al J Thorac Cardiovasc Surg 2016;152:171-7

- 13 patients / 25 ont présenté un ou plusieurs évènements cardio-respiratoires pendant la période « interstage ».
- 20 évènements au total:
  - Qui surviennent à J 48 ± 40 après la chirurgie initiale.
  - Dont 73% sont de nature respiratoire…
  - …et 27% de nature cardiogénique.
- 4 décès sont à déplorer dans la cohorte.



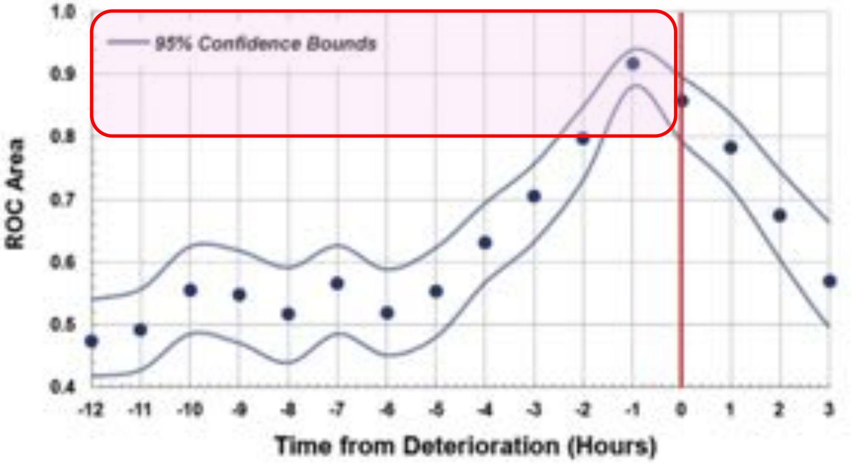
Prediction of imminent, severe deterioration of children with parallel circulations using real-time processing of physiologic data

Rusin et al J Thorac Cardiovasc Surg 2016;152:171-7

QUELLE EST LA CAPACITÉ DE CET INDEX A DÉTECTER EN AMONT UN ÉVÈNEMENT GRAVE?

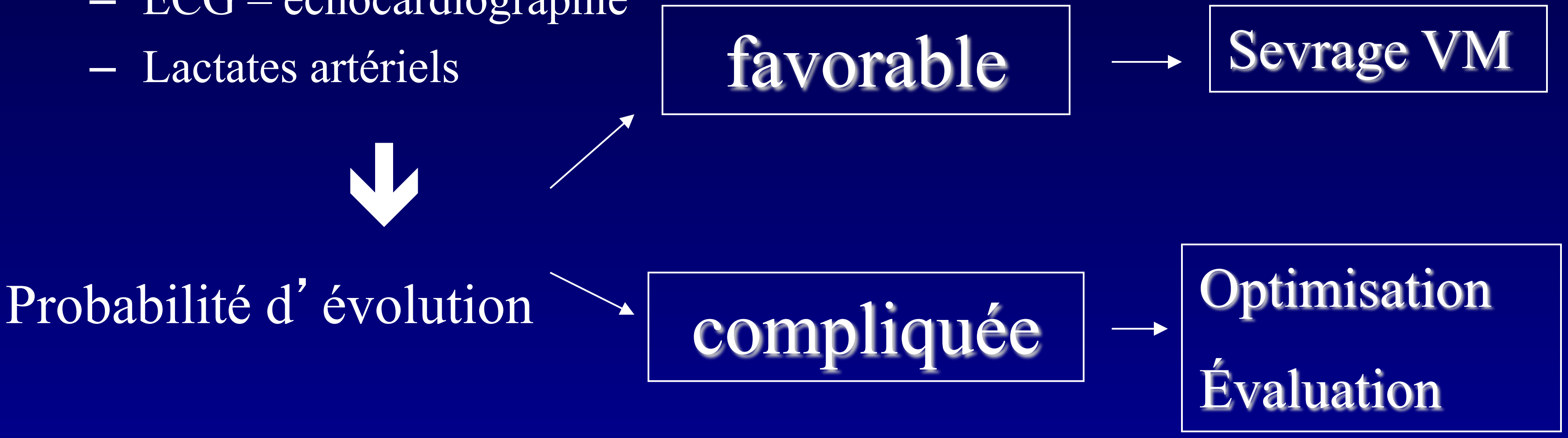
L'algorithme à une performance maximale entre 1 a 2h avant la détérioration clinique (S²ROC 0,91)

A partir de 4-5 heures avant l'évenement les S²ROC sont proches de 0,5 (absence totale de pouvoir discriminant).



Évaluation initiale

- **Qualité du montage chirurgical**
  - Schéma opératoire
  - ETO peropératoire +++
  - Échocardiographie postopératoire
- **Qualité de la fonction myocardique**
  - Hémodynamique objective (PA…)
  - ECG – échocardiographie
  - Lactates artériels



Probabilité d’ évolution

favorable → Sevrage VM

compliquée → Optimisation Évaluation

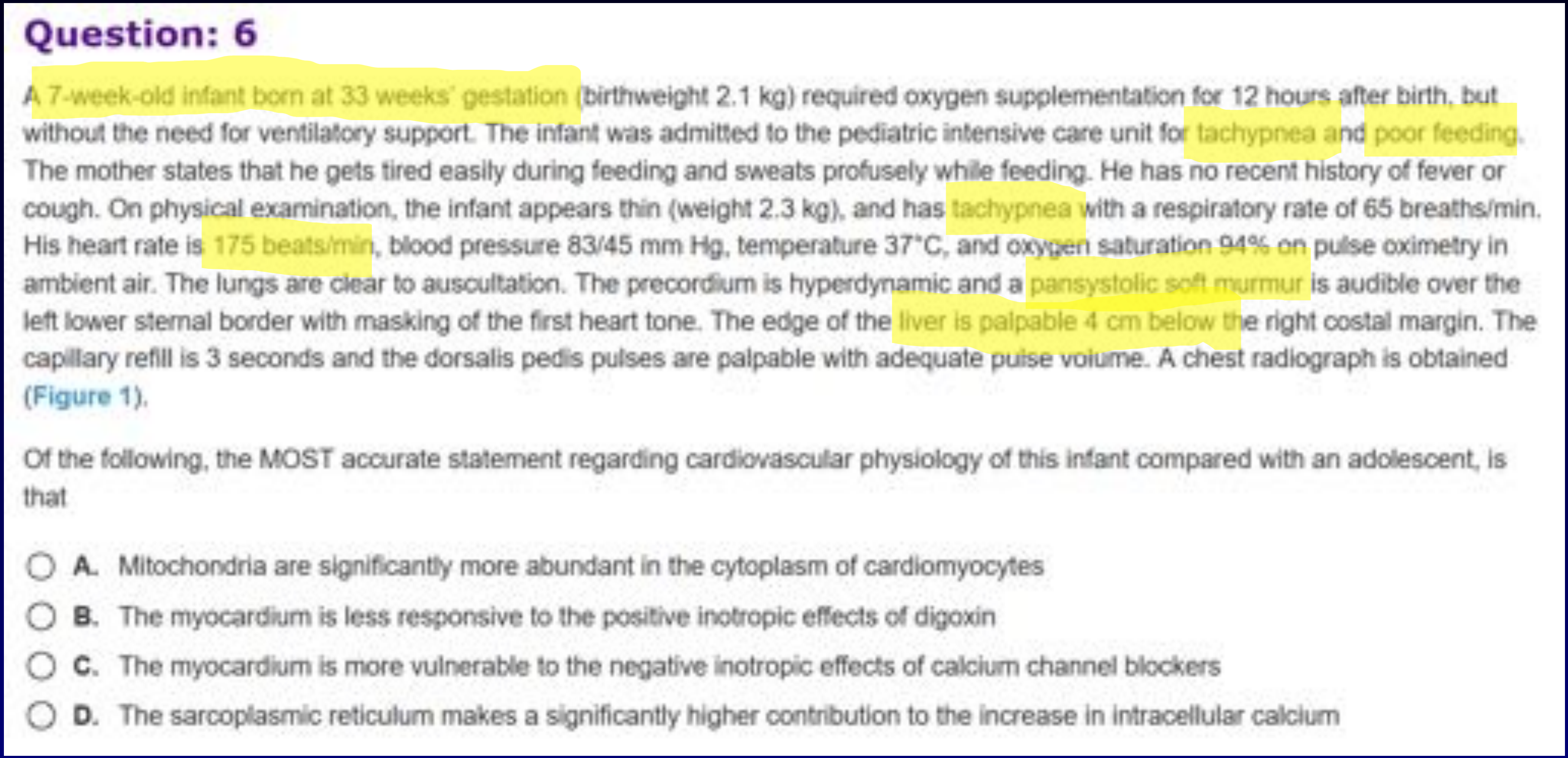
Et tous les jours nous nous poserons les mêmes questions…

- *Objectifs hémodynamiques ?*
  - Quel niveau de PAM / PAS ?
  - Quel niveau de POD / POG ?
  - Le transport d’oxygène est il adapté? (SvO2).
  - ∃ischémie myocardique? (ECG; tropo).
- *Echocardio (pluri) quotidienne:*
  - Fonctions ventriculaires
  - Shunt auriculaire / résiduels / ∃ ? Canal artériel
  - PAP / gradients valvulaires
  - Anatomie / Montage chirurgical.
  - Epanchements pleuraux +++

Dysfonction Ventriculaire Gauche

- Tachycardie-HypoTA
- ↗ POG
- ↘ SvO_2
- Acidose
- ↗ lactates
- Échocardiographie
  - FEVG ↘
  - ITVssAo ↘
  - Cinétique segmentaire
  - Dilatation VG

- ↗ Fc
- $8 < POG < 12$
- ↗ Contractilité
  - Dobutamine
  - Dopamine
  - Adrénaline
  - Milrinone
- ↘ post charge
  - Nitroprussiate
  - Milrinone
  - Urapidil
- Assistance circulatoire



Question: 6

A 7-week-old infant born at 33 weeks' gestation (birthweight 2.1 kg) required oxygen supplementation for 12 hours after birth, but without the need for ventilatory support. The infant was admitted to the pediatric intensive care unit for tachypnea and poor feeding. The mother states that he gets tired easily during feeding and sweats profusely while feeding. He has no recent history of fever or cough. On physical examination, the infant appears thin (weight 2.3 kg), and has tachypnea with a respiratory rate of 65 breaths/min. His heart rate is 175 beats/min, blood pressure 83/45 mm Hg, temperature 37°C, and oxygen saturation 94% on pulse oximetry in ambient air. The lungs are clear to auscultation. The precordium is hyperdynamic and a pansystolic soft murmur is audible over the left lower sternal border with masking of the first heart tone. The edge of the liver is palpable 4 cm below the right costal margin. The capillary refill is 3 seconds and the dorsalis pedis pulses are palpable with adequate pulse volume. A chest radiograph is obtained (Figure 1).

Of the following, the MOST accurate statement regarding cardiovascular physiology of this infant compared with an adolescent, is that

○ **A.** Mitochondria are significantly more abundant in the cytoplasm of cardiomyocytes

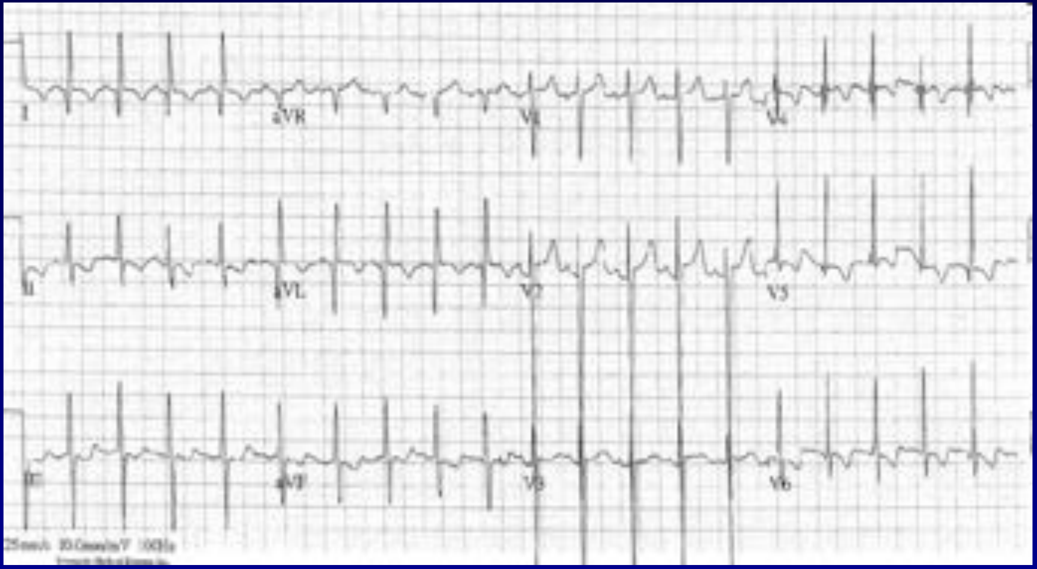
○ **B.** The myocardium is less responsive to the positive inotropic effects of digoxin

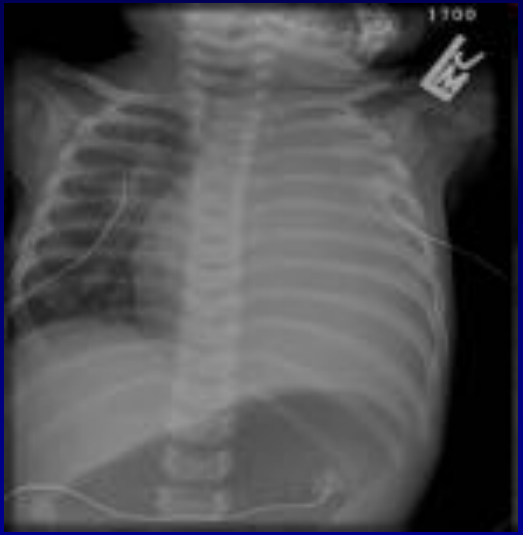
○ **C.** The myocardium is more vulnerable to the negative inotropic effects of calcium channel blockers

○ **D.** The sarcoplasmic reticulum makes a significantly higher contribution to the increase in intracellular calcium

- Un nourrisson de 5 mois est amené par sa mère aux urgences de votre institution pour une détresse respiratoire s'aggravant et un refus de toute alimentation. L'anamnèse retrouve des difficultés alimentaires depuis 3 mois accompagnées d'une irritabilité. Il ya 1 mois il a présenté un épisode de détresse respiratoire aboutissant à la prescription de B2mimétiques inhalés aggravant la symptomatologie. L'examen clinique retrouve un rythme cardiaque à 133/mn, une fréquence respiratoire à 50/mn, une pression artérielle à 79/34, un bruit de galop au niveau du précordium et des sibilants bilatéraux. On sent une hépatomégalie à 2 cm. La biologie standard est sans anomalie.
  Le mécanisme expliquant le tableau de cet enfant est plus probablement:

  1) Diminution de la perfusion de la coronaire G
  2) Epanchement péricardique
  3) Myocardite
  4) Insuffisance cardiaque par hyperdébit pulmonaire par shunt gauche droit





Inotropes

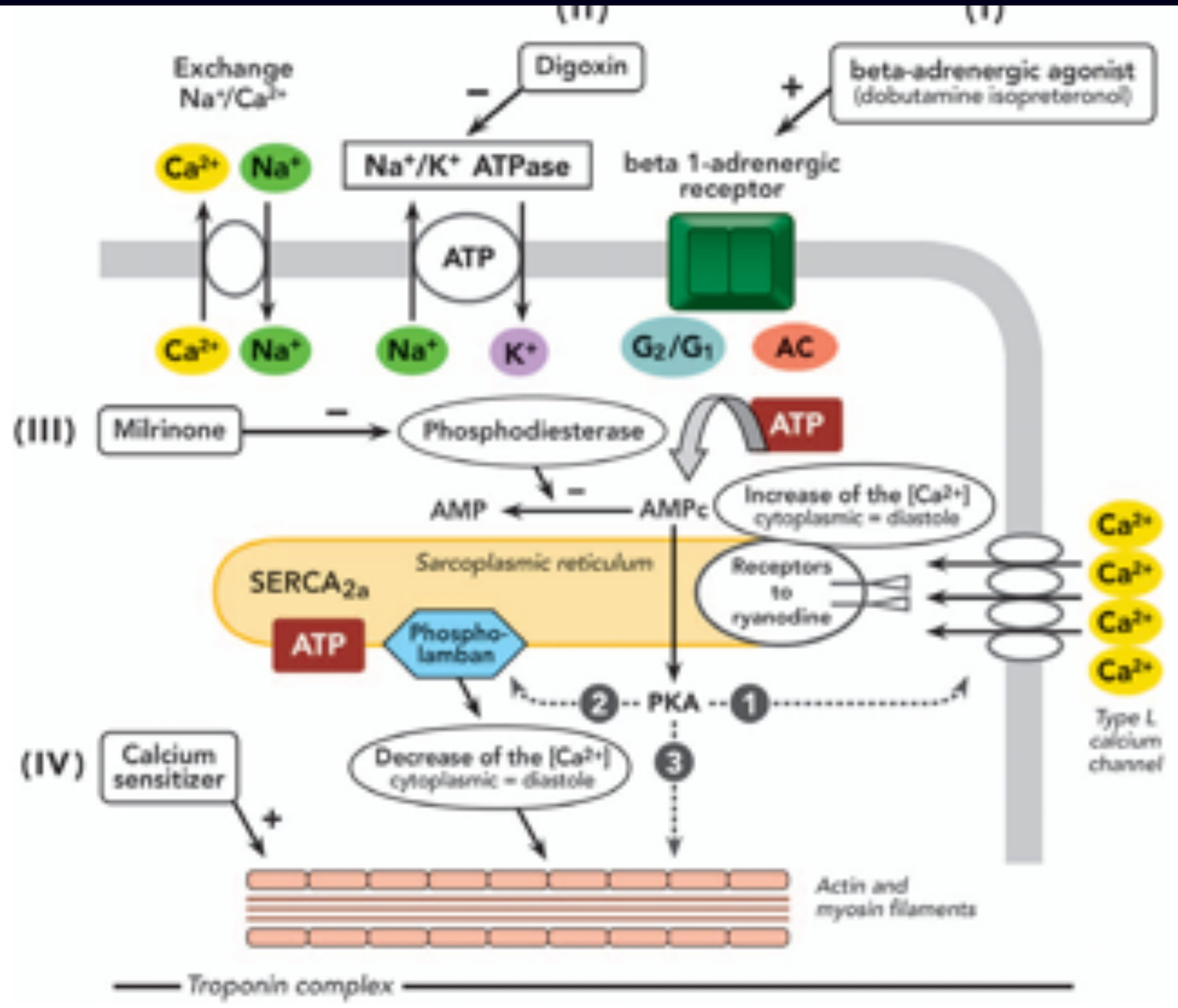
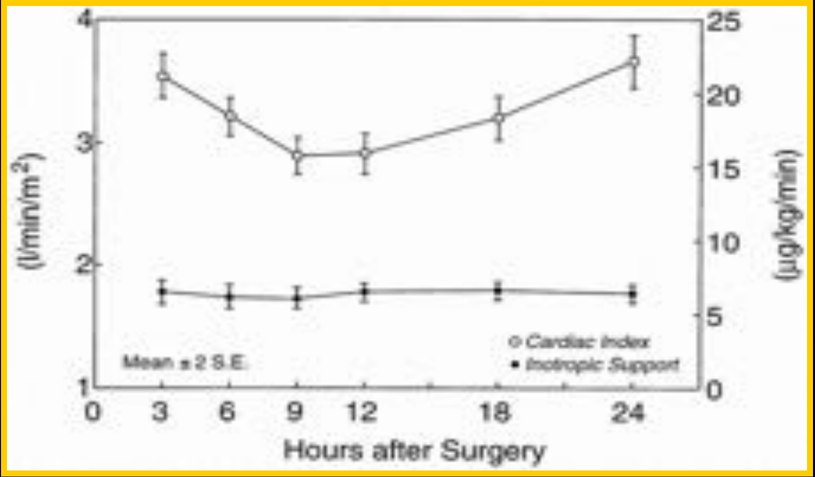

(II)
(I)
Exchange Na⁺/Ca²⁺
Digoxin
−
beta-adrenergic agonist
(dobutamine isopreteronol)
+
Ca²⁺
Na⁺
Na⁺/K⁺ ATPase
beta 1-adrenergic receptor
ATP
Ca²⁺
Na⁺
Na⁺
K⁺
G₂/G₁
AC
(III)
Milrinone
−
Phosphodiesterase
ATP
AMP
−
AMPc
Increase of the [Ca²⁺] cytoplasmic = diastole
Sarcoplasmic reticulum
SERCA2a
Receptors to ryanodine
ATP
Phospho-lamban
Ca²⁺
Ca²⁺
Ca²⁺
Ca²⁺
2
PKA
1
3
Type L calcium channel
(IV)
Calcium sensitizer
+
Decrease of the [Ca²⁺] cytoplasmic = diastole
Actin and myosin filaments
Troponin complex

Fig. 1. Cardiomyocyte cellular mechanisms of action of positive inotropic agents. (I): the β-adrenergic agonists (dobutamine and

Inotropes

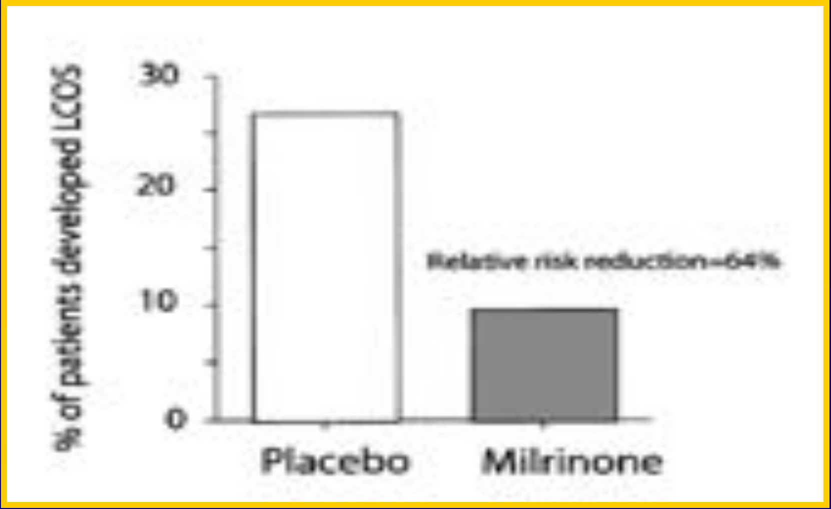
Wernovsky G and coll. Circulation 1995

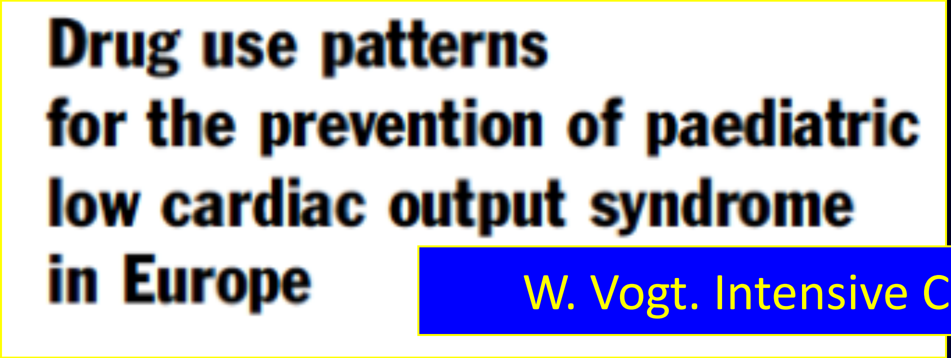
- Diminution de l’ IC max à la 12$^{\text{ème}}$ h, de 30% dans les suites d’ un « Switch ».
- 25% de ces 122 NN ont IC < 2l/m^2



Hoffman and coll. Circulation. 2003

Milrinone 75mcg/kg en 30 mn puis 0,75mcg/kg/mn diminue l’ incidence des bas débits postopératoires (RRR 64% ; p=0,007)





Drug use patterns for the prevention of paediatric low cardiac output syndrome in Europe

W. Vogt. Intensive Care Med 2011

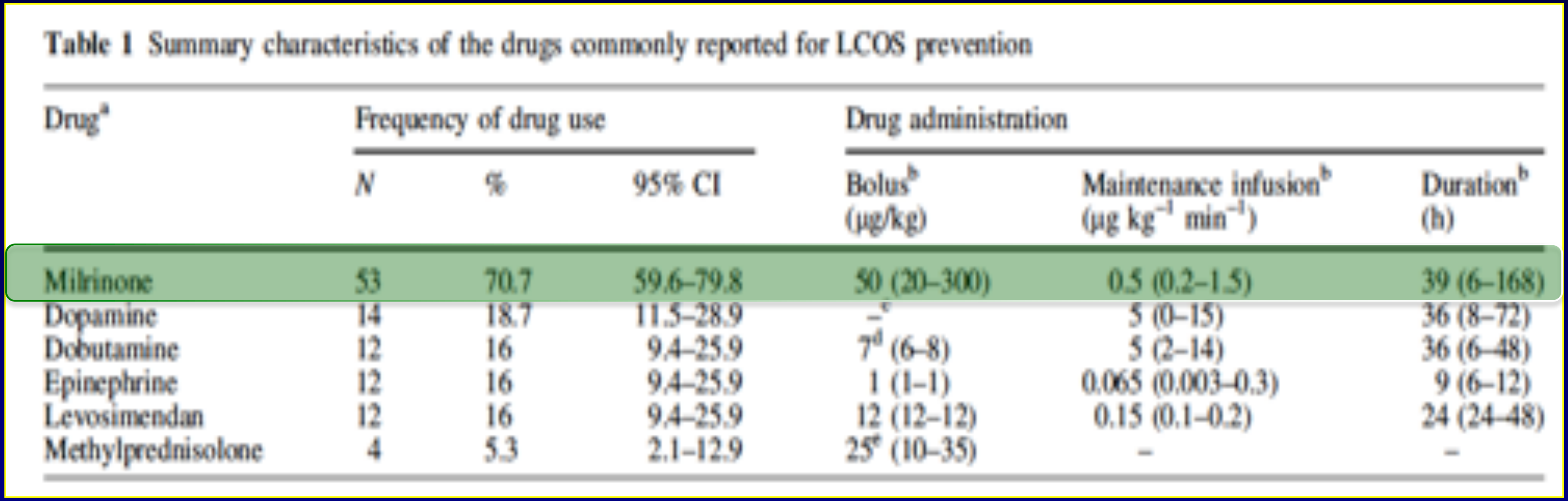


Table 1 Summary characteristics of the drugs commonly reported for LCOS prevention

Drug[a]	Frequency of drug use			Drug administration		
	N	%	95% CI	Bolus[b] (μg/kg)	Maintenance infusion[b] (μg kg⁻¹ min⁻¹)	Duration[b] (h)
Milrinone	53	70.7	59.6–79.8	50 (20–300)	0.5 (0.2–1.5)	39 (6–168)
Dopamine	14	18.7	11.5–28.9	–[c]	5 (0–15)	36 (8–72)
Dobutamine	12	16	9.4–25.9	7[d] (6–8)	5 (2–14)	36 (6–48)
Epinephrine	12	16	9.4–25.9	1 (1–1)	0.065 (0.003–0.3)	9 (6–12)
Levosimendan	12	16	9.4–25.9	12 (12–12)	0.15 (0.1–0.2)	24 (24–48)
Methylprednisolone	4	5.3	2.1–12.9	25[e] (10–35)	–	–

Levosimendan

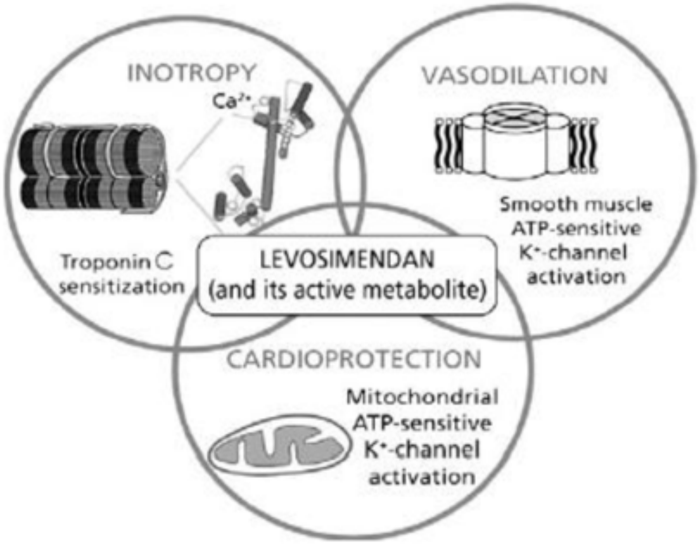
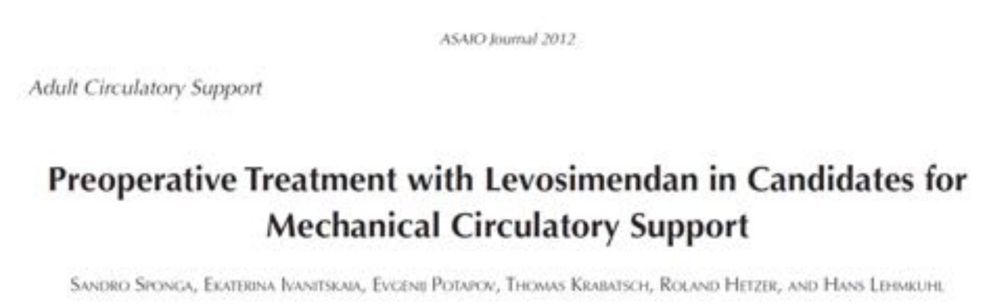

INOTROPY
Ca²⁺
Troponin C sensitization
VASODILATION
Smooth muscle ATP-sensitive K⁺-channel activation
LEVOSIMENDAN (and its active metabolite)
CARDIOPROTECTION
Mitochondrial ATP-sensitive K⁺-channel activation

Figure: Levosimendan

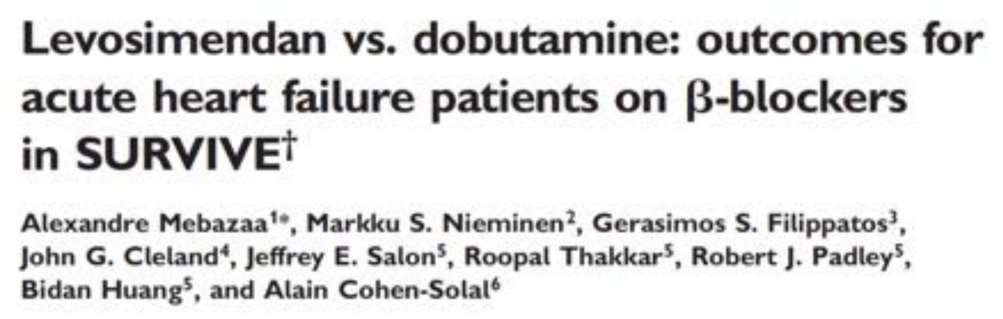


ASAIO Journal 2012

Adult Circulatory Support

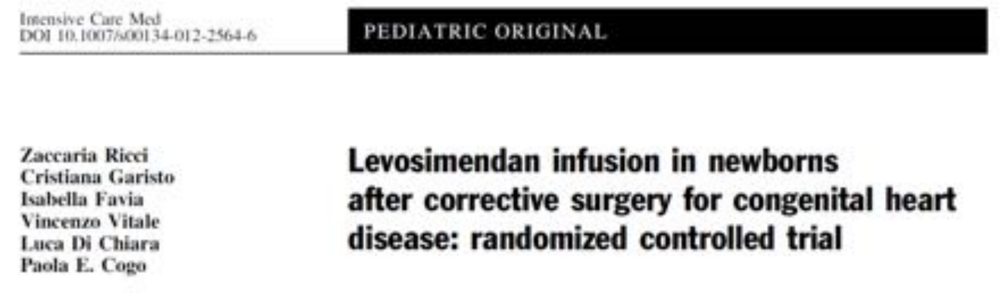
Preoperative Treatment with Levosimendan in Candidates for Mechanical Circulatory Support

Sandro Sponga, Ekaterina Ivanitskaia, Evgenij Potapov, Thomas Krabatsch, Roland Hetzer, and Hans Lehmkuhl



Levosimendan vs. dobutamine: outcomes for acute heart failure patients on β-blockers in SURVIVE†

Alexandre Mebazaa[1*], Markku S. Nieminen[2], Gerasimos S. Filippatos[3], John G. Cleland[4], Jeffrey E. Salon[5], Roopal Thakkar[5], Robert J. Padley[5], Bidan Huang[5], and Alain Cohen-Solal[6]

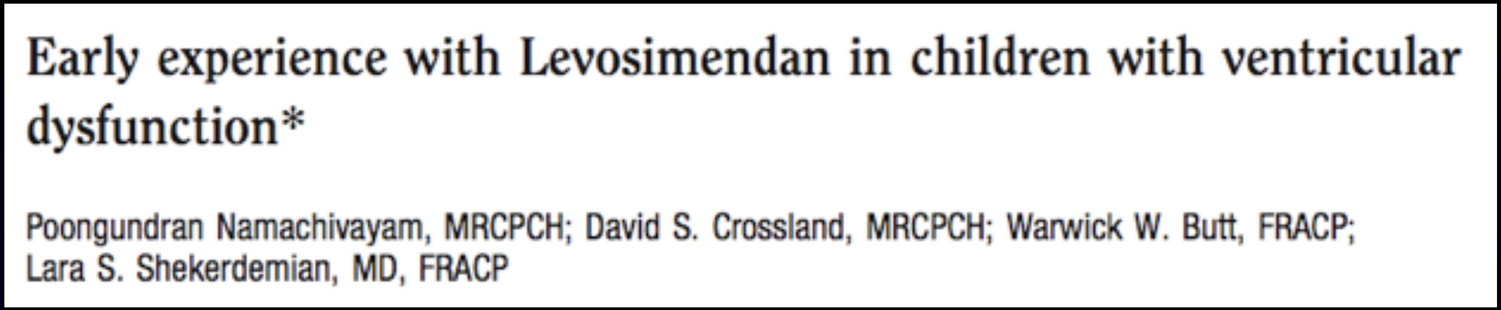


Intensive Care Med
DOI 10.1007/s00134-012-2564-6

PEDIATRIC ORIGINAL

Zaccaria Ricci
Cristiana Garisto
Isabella Favia
Vincenzo Vitale
Luca Di Chiara
Paola E. Cogo

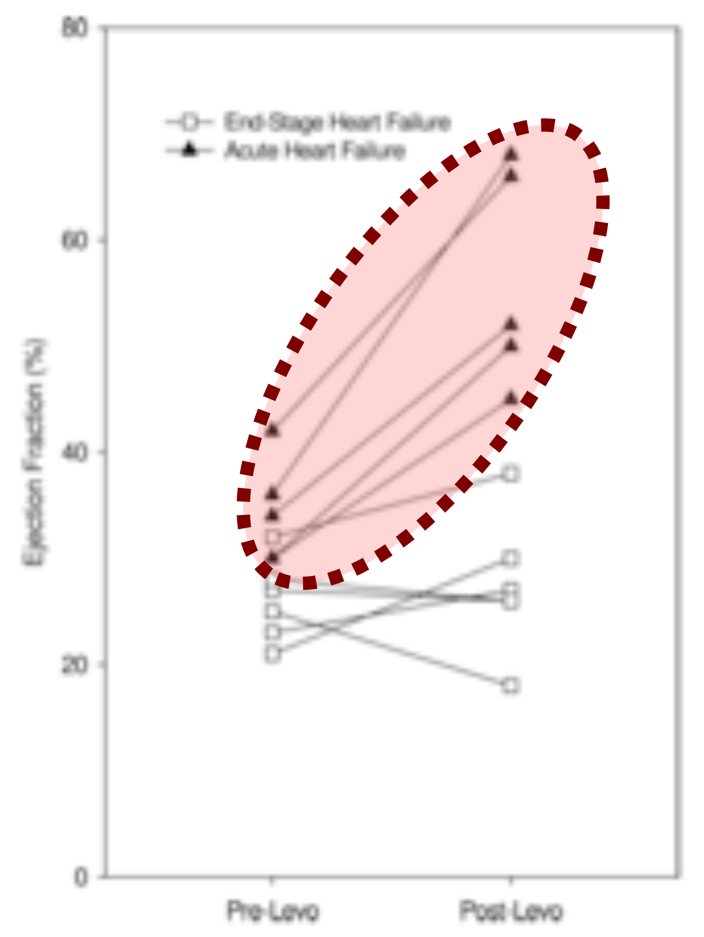
Levosimendan infusion in newborns after corrective surgery for congenital heart disease: randomized controlled trial



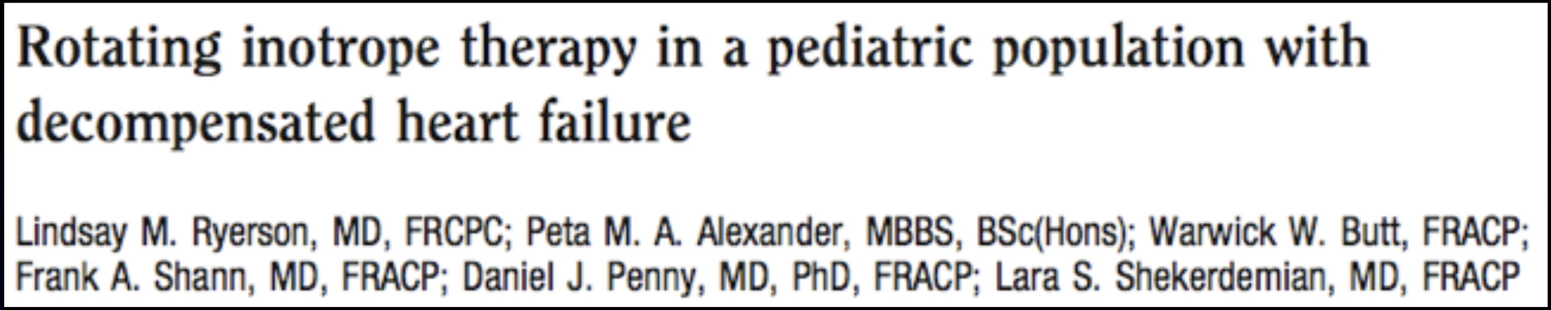
Early experience with Levosimendan in children with ventricular dysfunction*

Poongundran Namachivayam, MRCPCH; David S. Crossland, MRCPCH; Warwick W. Butt, FRACP; Lara S. Shekerdemian, MD, FRACP

Pediatric Critical Care Medicine



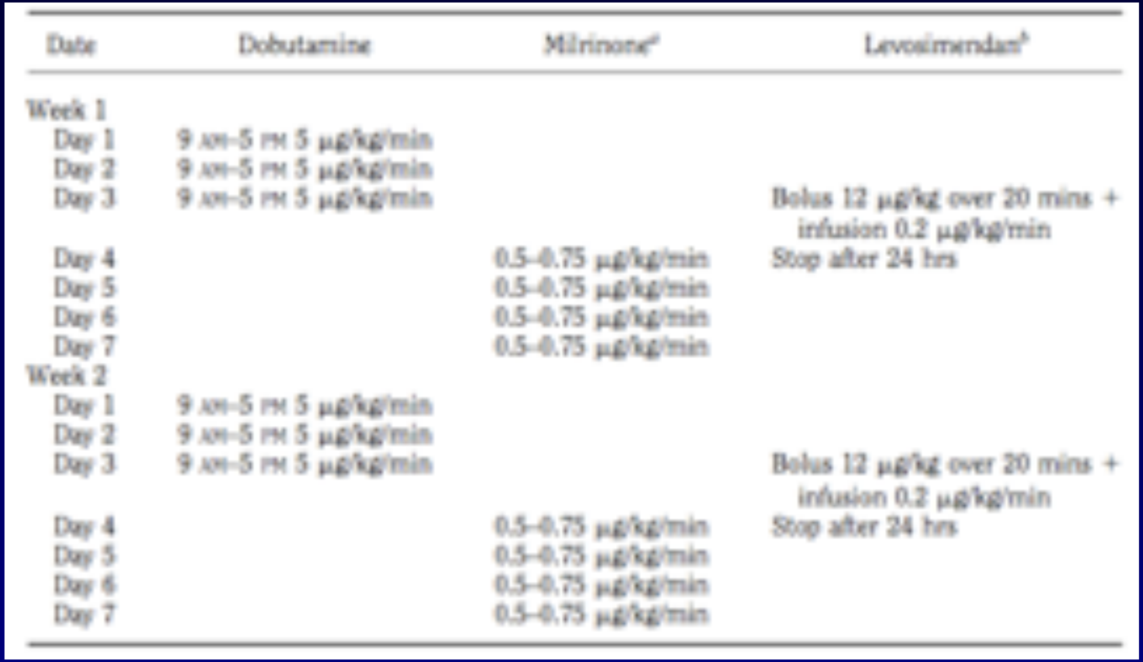
Patient	Diagnosis/Procedure	Timing of	Cause of Death
1	ESHF-DCM, Tx list	1 mo	Heart failure
2	Post-Ross, ECLS	5 days	Intractable PHT
3	HLHS, post-Tx, ECLS	6 days	Multiple organ failure
4	ESHF-DCM		
5	HLHS post-Norwood	28 days	NEC
6	ESHF-post-Fontan Tx list		
7	HLHS post-Norwood	2 mos	Cerebral bleed
8	Myocarditis, ECLS		
9	Myocarditis, ECLS		
10	Critical AS (balloon)		
11	ESHF-Ebstein's Tx list	10 days	Cardiac arrest, induction of GA
12	DCM		
13	ALL, postinduction, sepsis	11 days	Necrotizing fasciitis
14	DCM (metabolic)	18 days	Heart failure
15	ESHF-Corr TGA		



Rotating inotrope therapy in a pediatric population with decompensated heart failure

Lindsay M. Ryerson, MD, FRCPC; Peta M. A. Alexander, MBBS, BSc(Hons); Warwick W. Butt, FRACP; Frank A. Shann, MD, FRACP; Daniel J. Penny, MD, PhD, FRACP; Lara S. Shekerdemian, MD, FRACP

Pediatric Critical Care Medicine



Date	Dobutamine	Milrinone[a]	Levosimendan[b]
Week 1			
Day 1	9 AM–5 PM 5 μg/kg/min		
Day 2	9 AM–5 PM 5 μg/kg/min		
Day 3	9 AM–5 PM 5 μg/kg/min		Bolus 12 μg/kg over 20 mins + infusion 0.2 μg/kg/min
Day 4		0.5–0.75 μg/kg/min	Stop after 24 hrs
Day 5		0.5–0.75 μg/kg/min	
Day 6		0.5–0.75 μg/kg/min	
Day 7		0.5–0.75 μg/kg/min	
Week 2			
Day 1	9 AM–5 PM 5 μg/kg/min		
Day 2	9 AM–5 PM 5 μg/kg/min		
Day 3	9 AM–5 PM 5 μg/kg/min		Bolus 12 μg/kg over 20 mins + infusion 0.2 μg/kg/min
Day 4		0.5–0.75 μg/kg/min	Stop after 24 hrs
Day 5		0.5–0.75 μg/kg/min	
Day 6		0.5–0.75 μg/kg/min	
Day 7		0.5–0.75 μg/kg/min	

- Nine children with severe heart failure.
- 89% discharged from ICU.
- 78% survival at hospital discharge.

Mortality after neonatal cardiac surgery:Prediction from mean arterial pressure after rewarming in the operating room.

Joffe. J Thorac Cardiovasc Surg 2007

- Etude prospective
- Recueil rétrospectif de la PAM après déclampage
- Normothermie (T > 34°)
- 70 enfants
- Cardiopathies complexes
- Age < 6 semaines

Sont Prédictifs de décès

- Durée PAM < 30 mm Hg

  or 1.094 IC 95% [1.033-1.158]

- Réa. Cardo-Pulmonaire

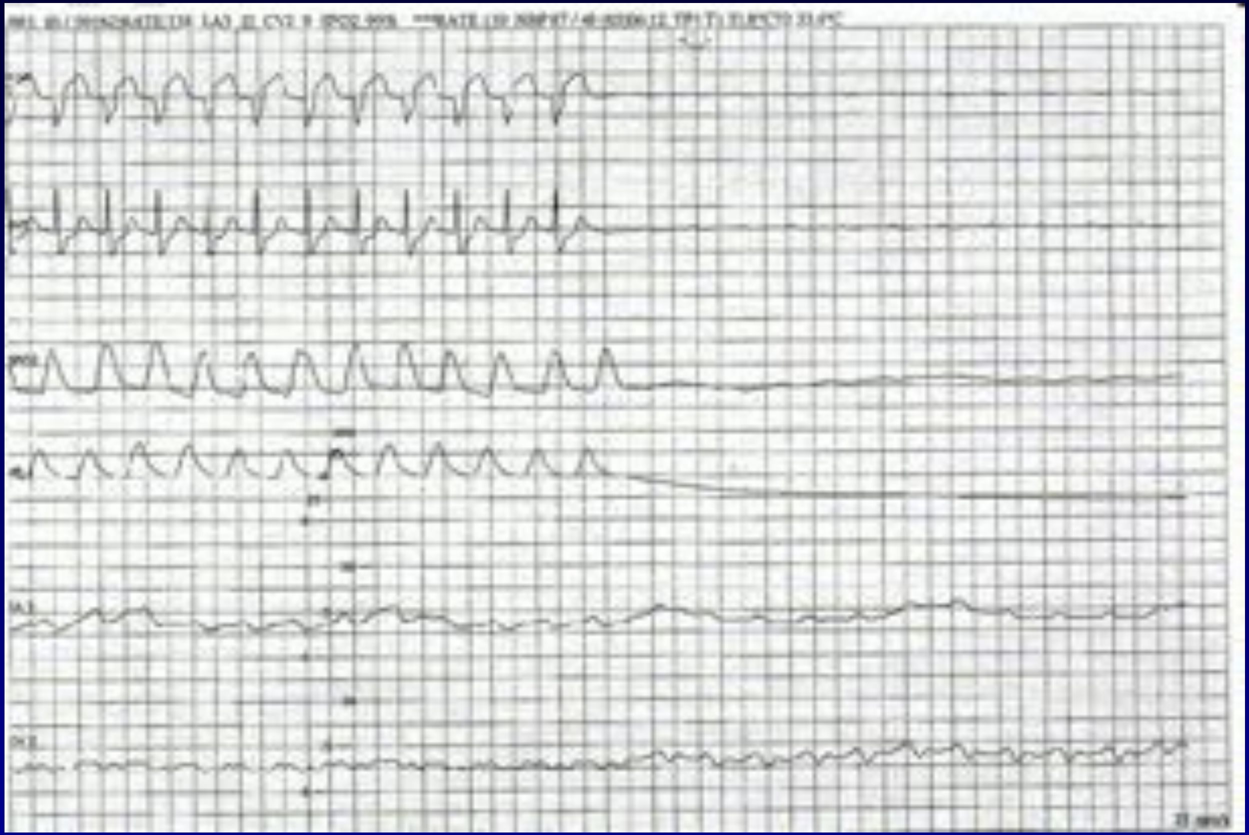
  or 13.8 IC95% [3.063-62.194]

Dysfonction ventriculaire droite

- ↗ fréquence cardiaque
- Précharge POD >15 mm Hg
- Hypotension
  - ↘ précharge VG
  - Interactions VD/VG
- ↗ contractilités
  - Dobutamine
  - Adrénaline (pression de perfusion coronaire)
- ↘ postcharge
  - NO
  - Milrinone
  - Sildénafil
  - FOP /canal artériel
- Assistance circulatoire

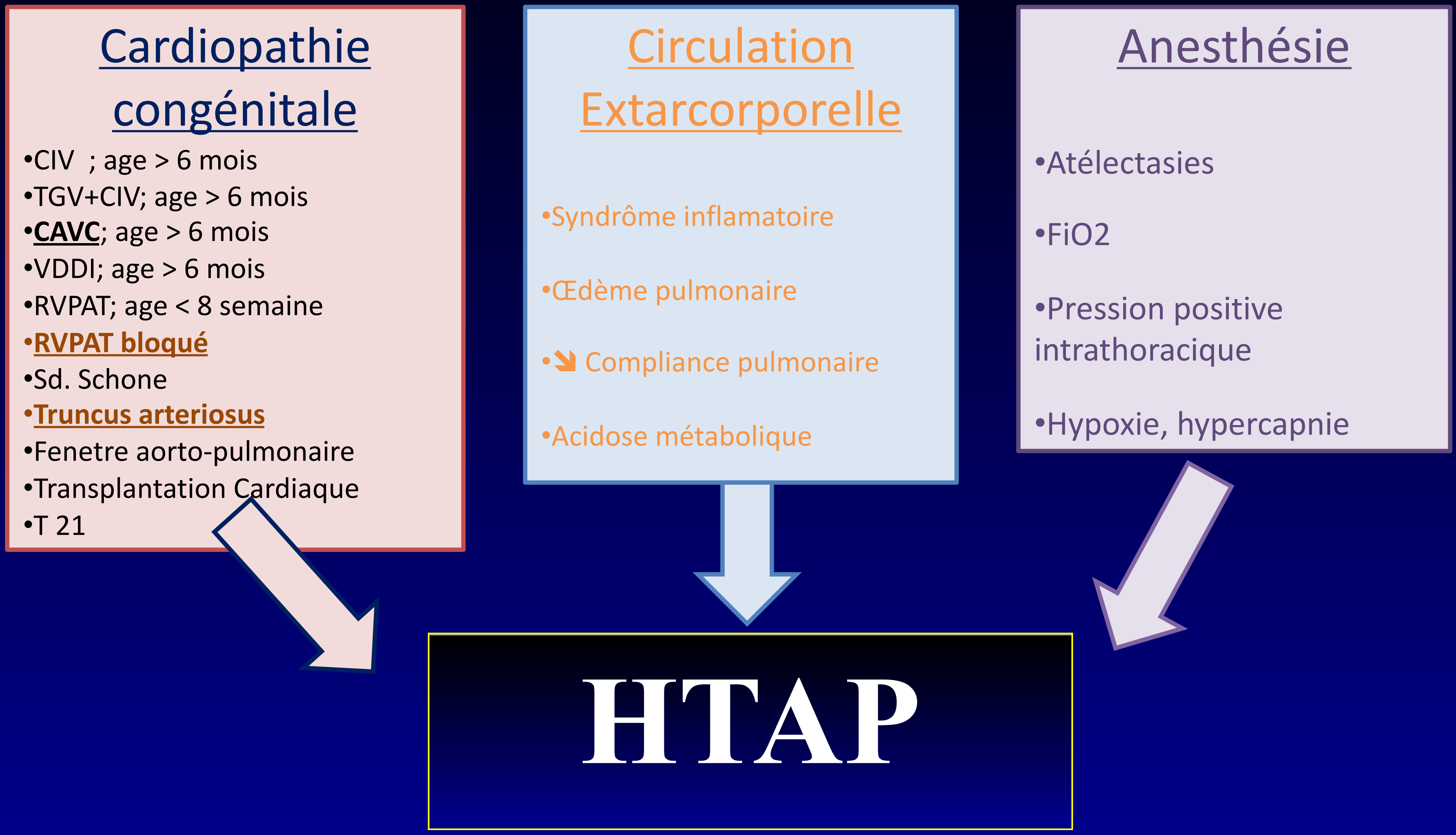
Un nourrisson de 6 mois porteur d'une T21 est opéré d'un CAV complet. A J1 postop cette petite fille est sédatée, ventilée et bénéficie d'un soutien inotrope par dopamine (5 mcg/kg/mn), milrinone (0.5 mcg/kg/mn), et adrénaline (0.05 mcg/kg/mn). Elle présente brutalement un trouble du rythme avec asystolie. (**Figure**). Les nurses commencent les manœuvres de ressuscitation (CPR) selon les principes des Pediatric Advanced Life Support guidelines

Parmi les suivantes, quelle est la meilleure proposition pour ce patient?



1. Atropine 0,02 mg/kg
2. Augmentation adrénaline à 0,1 mcg/kg/mn
3. Activer le Pace Maker en mode DDD
4. Défibrillation en mode synchronisé 1 J/kg
5. Stimulation auriculaire à haute fréquence

Spécificités de l’HTAP postopératoire



Cardiopathie congénitale

- CIV ; age > 6 mois
- TGV+CIV; age > 6 mois
- **CAVC**; age > 6 mois
- VDDI; age > 6 mois
- RVPAT; age < 8 semaine
- **RVPAT bloqué**
- Sd. Schone
- **Truncus arteriosus**
- Fenetre aorto-pulmonaire
- Transplantation Cardiaque
- T 21

Circulation Extarcorporelle

- Syndrôme inflamatoire
- Œdème pulmonaire
- ↘ Compliance pulmonaire
- Acidose métabolique

Anesthésie

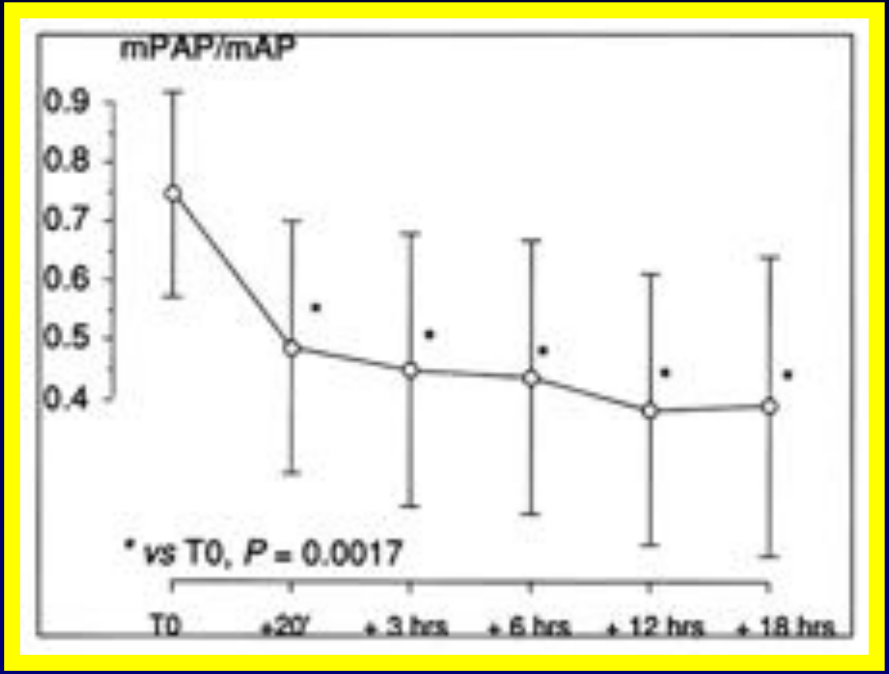
- Atélectasies
- FiO2
- Pression positive intrathoracique
- Hypoxie, hypercapnie

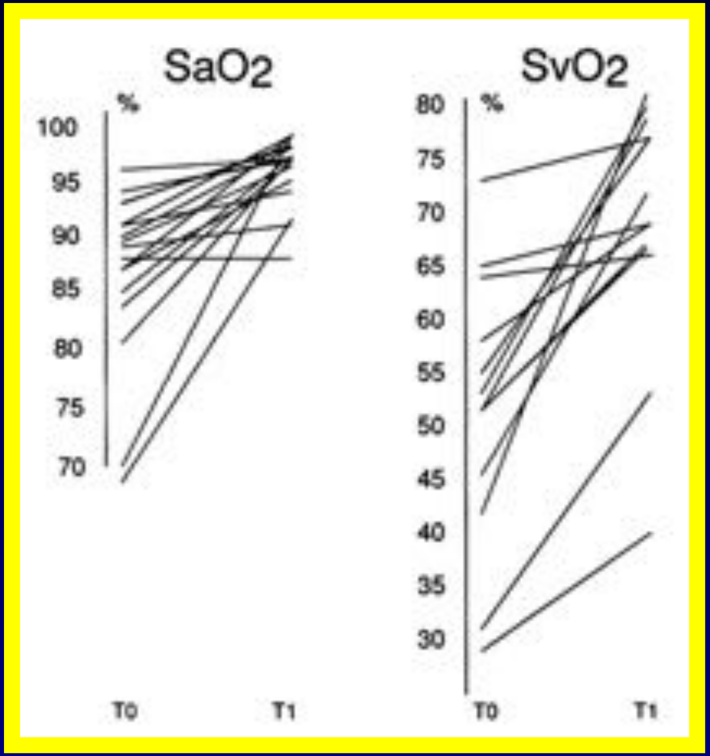
HTAP

Inhaled nitric oxide as a therapy for pulmonary hypertension after operations for congenital heart defects.

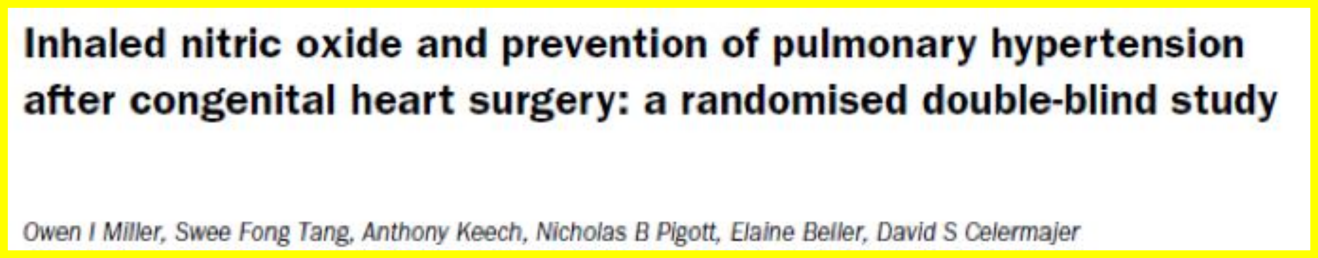
Journois and Coll. 1994

The Journal of
THORACIC AND
CARDIOVASCULAR SURGERY





- 17 enfants HTAP$_{\text{postop}}$ sévère
- iNO 20 ppm « rescue therapy »
- Respect de l’hémodynamique systémique

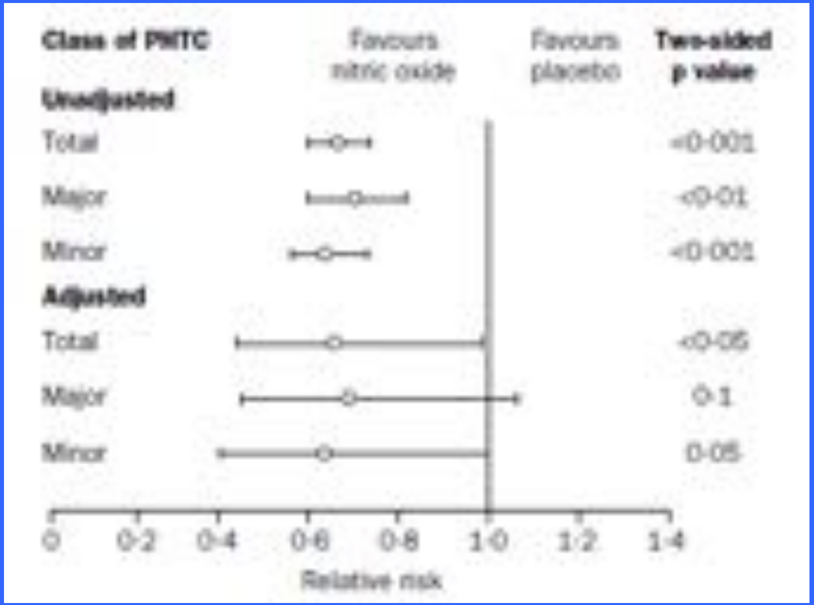


Inhaled nitric oxide and prevention of pulmonary hypertension after congenital heart surgery: a randomised double-blind study

Owen I Miller, Swee Fong Tang, Anthony Keech, Nicholas B Pigott, Elaine Beller, David S Celermajer

Lancet 2000

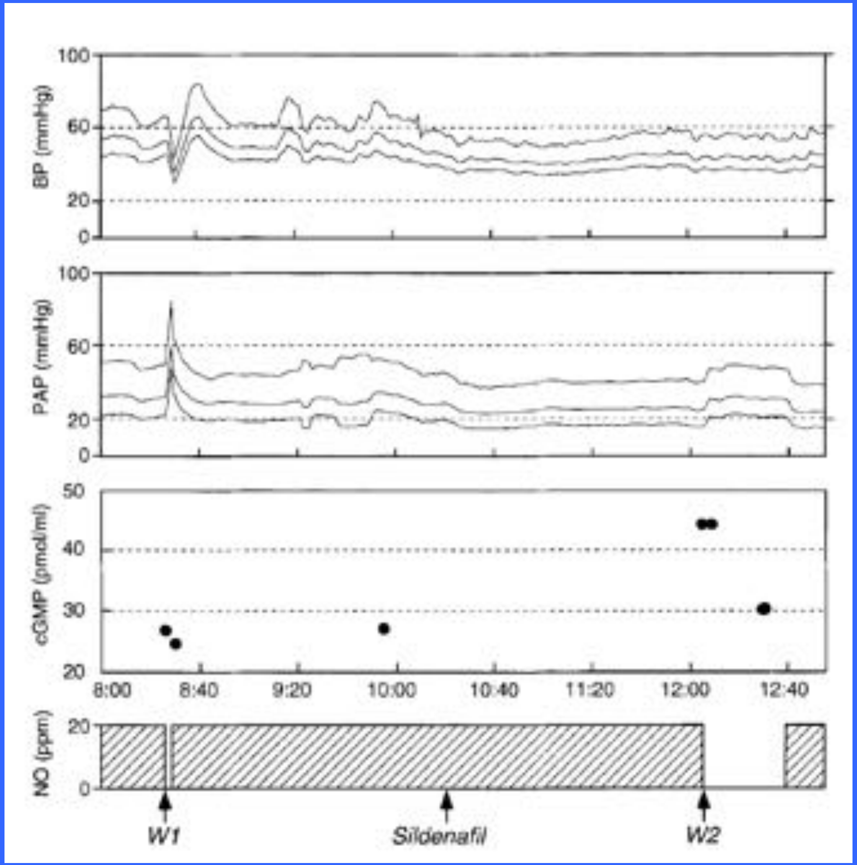
- $\text{HTAP}_{\text{postop}}$= 70% PA_{syst}.
- 6.5% de mortalité.
- Moins de poussées aigüe d’ $\text{HTAP}_{\text{postop}}$ dans le groupe iNO.
- Res. Vasc. Pulm. Indexées étaient plus basses dans le groupe iNO
- Sevrage de la ventialtion mécanique plus rapide dans le groupe iNO
- Absence de toxicité



Sildenafil Ameliorates Effects of Inhaled Nitric Oxide Withdrawal

Andrew M. Atz, M.D., David L. Wessel, M.D.†*

Anesthesiology 1999



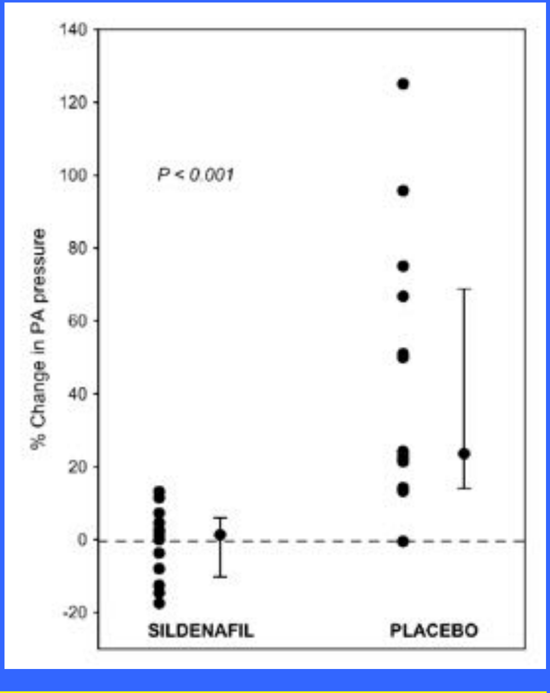
- Petite fille de 6 semaines- 3,1 kg.
- Cœur triatrial avec membrane restrictive.
- HTAPpostop traité par NO.
- Effet rebond traité par 1 mg de sildénafil.

Sildenafil Prevents Rebound Pulmonary Hypertension after Withdrawal of Nitric Oxide in Children

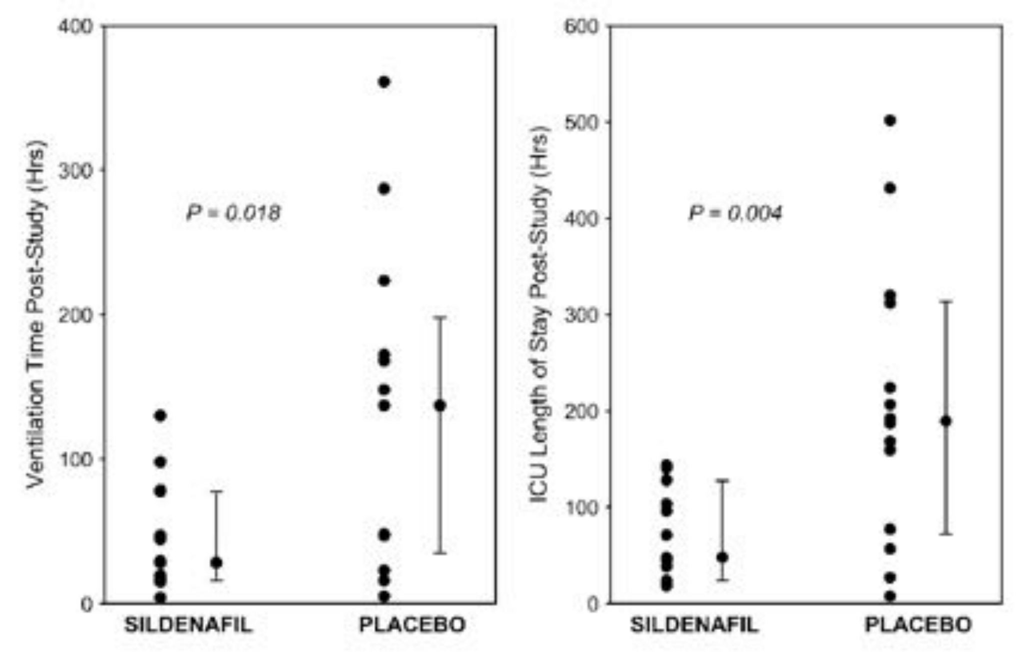
NAMASHIMAYAN AND COLL. AM J RESPIR CRIT CARE MED 2006

Respiratory and Critical Care Medicine

- Travail prospectif ,randomisé, en double aveugle, sildenafil vs placebo
- 30 patients (dont 20 en phase postopératoire de chirurgie cardiaque pédiatrique)
- 0,4 mg/kg de traitement donné 1h avant le sevrage de l’iNO.
- Critère de jugement principal: effet rebond (Δ PAP≥ +20%)



Effet sur les PAP



Durées de ventilation et de séjour en Réa

Comment manipuler Q_S et Q_P?

- Facteurs augmentant les R artérielles Pulm
  - Peep
  - Pression de plateau élevée
  - Atélectasies
  - Hypoxie ; hypercapnie
  - Acidose
  - Hématocrite élevé
  - Vasopresseurs

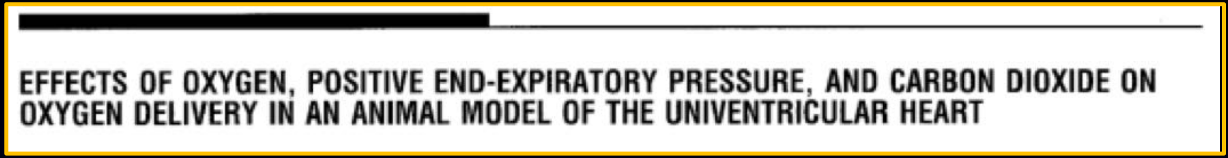
- Facteurs diminuant les R artérielles Pulm
  - No peep
  - Pression d'insufflation basse
  - FiO2 haute
  - Alcalose ; hypocapnie
  - Hématocrite bas
  - Anesthésie
  - Vasodilatateurs

Facteurs augmentant les R artérielles systémiques

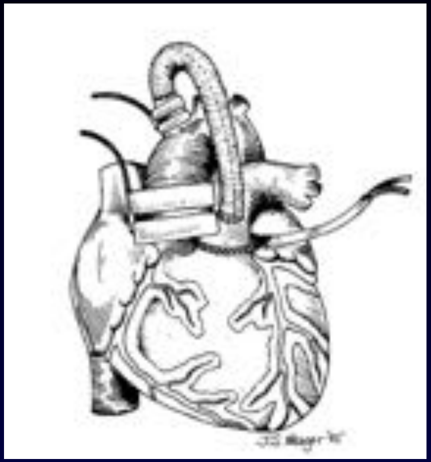
➔Vasoconstricteurs
➔Stimulation

Facteurs diminuant les R artérielles systémiques

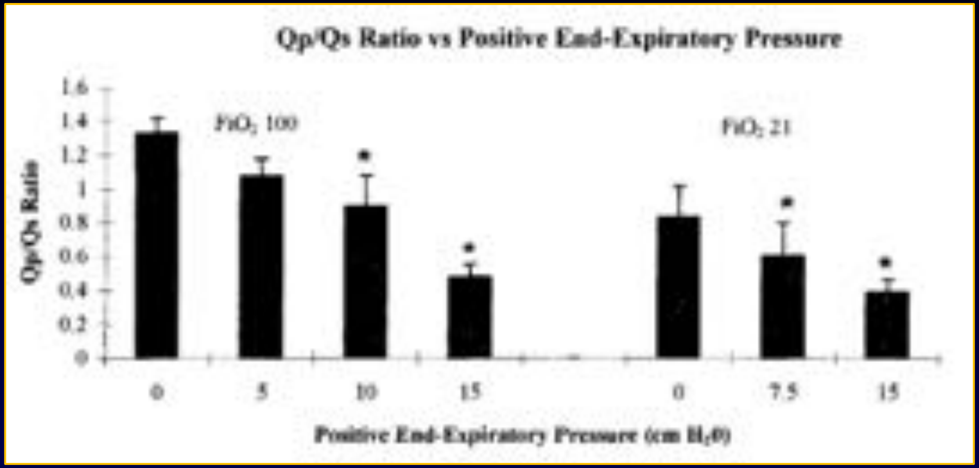
➔Anesthésie
➔Vasodilatateurs



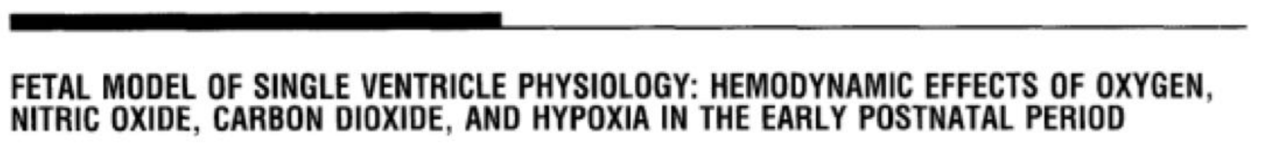
EFFECTS OF OXYGEN, POSITIVE END-EXPIRATORY PRESSURE, AND CARBON DIOXIDE ON OXYGEN DELIVERY IN AN ANIMAL MODEL OF THE UNIVENTRICULAR HEART



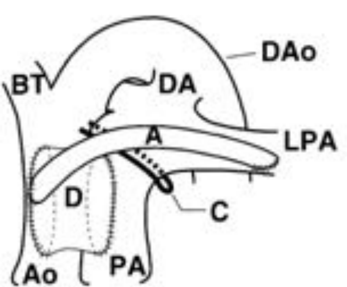
- 6 piglets 3-6kg.
- Le chirurgien transforme le cœur en un model de cœur univentriculaire.
    - ➢ Creation d'une CIA (rashkind)
    - ➢ Occlusion de l'AP.
    - ➢ Valve tricuspide incompétente.
    - ➢ Flux pulmonaire → shunt Blalock like tendu entre le TABC et le tronc de l'AP.
- Mesure des pressions un peu partout.
- Mesure du débit Aortique et du débit dans le shunt.



- Ce petit schéma vous montre que l'application d'une pression positive diminue, dans ce model animal, le débit pulmonaire.
- Il vous montre aussi que cet effet est renforcé, potentialisé par la diminution de la FiO2.
    - ➢ FiO2=100% → vasodilatation pulmonaire → ↗Qp.
    - ➢ FiO2=21% → ↘ Qp par augmentation du tonus vasculaire pulmonaire.
    - ➢ AU USA, certains mélange hypoxique sont autorisés pour ventiler ces enfants presentant un hyper-débit pulmonaire important (HypoVG, Norwood; Truncus etc…)



FETAL MODEL OF SINGLE VENTRICLE PHYSIOLOGY: HEMODYNAMIC EFFECTS OF OXYGEN, NITRIC OXIDE, CARBON DIOXIDE, AND HYPOXIA IN THE EARLY POSTNATAL PERIOD



- 14 fetal sheeps opérés dans la vie fœtales avec création d’une physiologie « VU like ».
- Sternotomie + CEC+ arrêt circulatoire en hypothermie profonde.
- Evaluation de diverses manipulations respiratoires sur la circulation pulmonaire de l’agneau nouveau né.

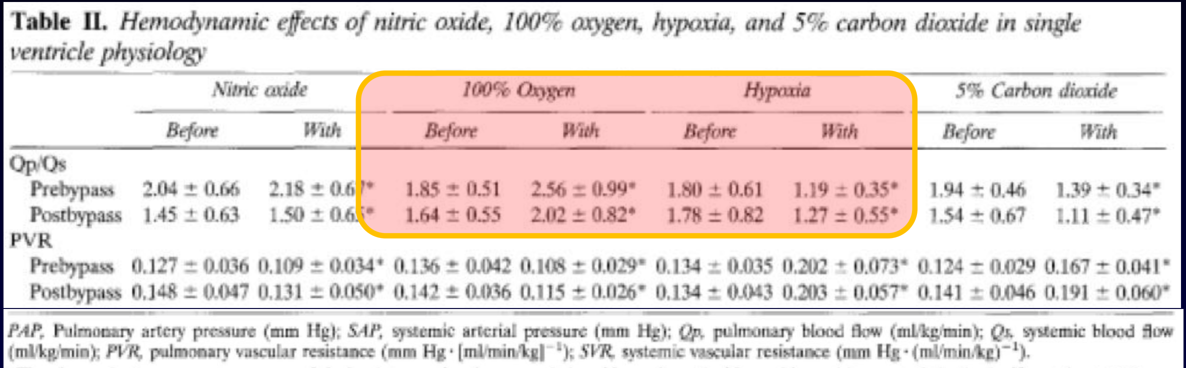


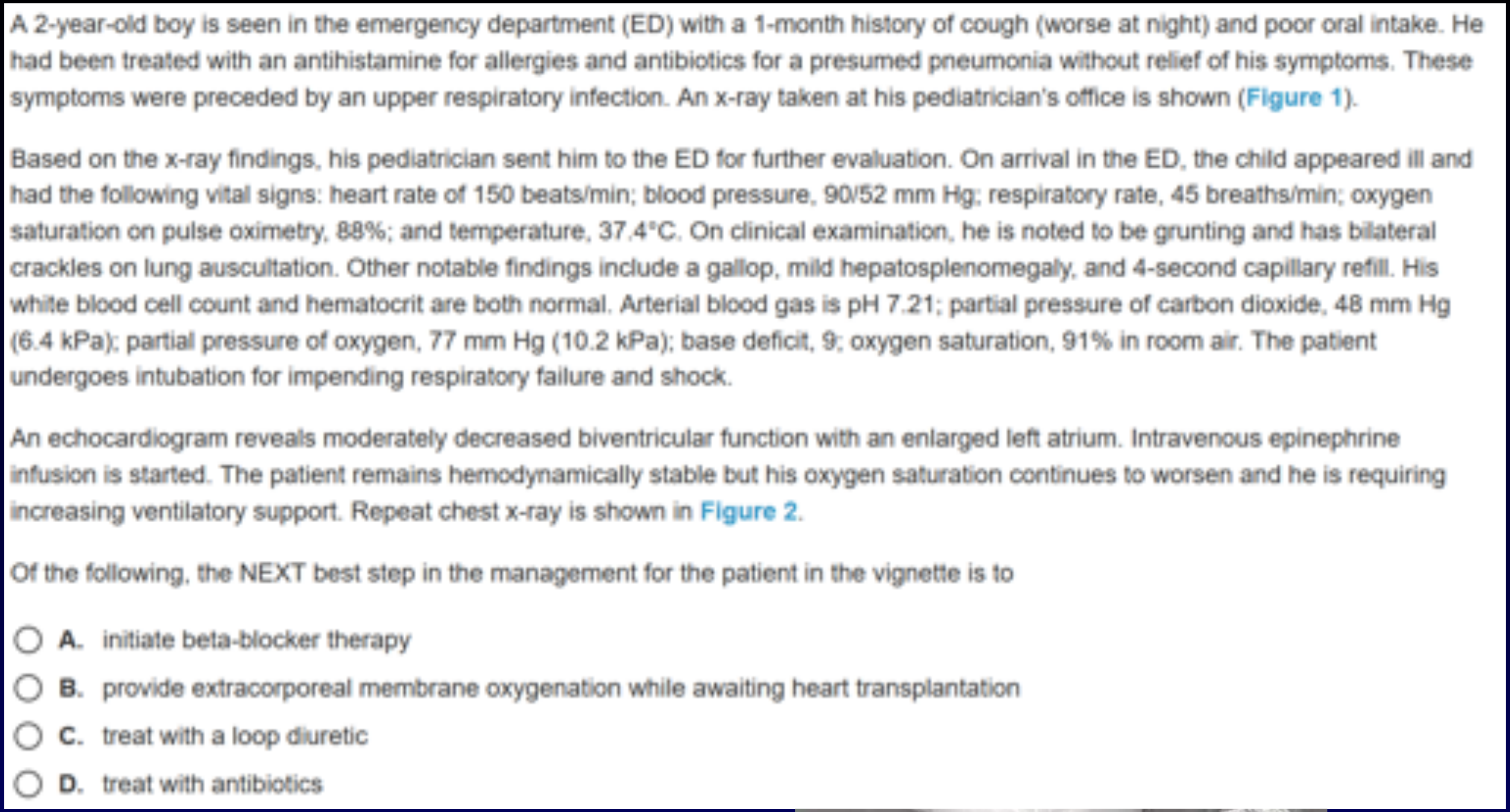
Table II. *Hemodynamic effects of nitric oxide, 100% oxygen, hypoxia, and 5% carbon dioxide in single ventricle physiology*

	Nitric oxide		*100% Oxygen*		*Hypoxia*		*5% Carbon dioxide*	
	Before	*With*	*Before*	*With*	*Before*	*With*	*Before*	*With*
Qp/Qs								
Prebypass	2.04 ± 0.66	2.18 ± 0.67*	1.85 ± 0.51	2.56 ± 0.99*	1.80 ± 0.61	1.19 ± 0.35*	1.94 ± 0.46	1.39 ± 0.34*
Postbypass	1.45 ± 0.63	1.50 ± 0.65*	1.64 ± 0.55	2.02 ± 0.82*	1.78 ± 0.82	1.27 ± 0.55*	1.54 ± 0.67	1.11 ± 0.47*
PVR								
Prebypass	0.127 ± 0.036	0.109 ± 0.034*	0.136 ± 0.042	0.108 ± 0.029*	0.134 ± 0.035	0.202 ± 0.073*	0.124 ± 0.029	0.167 ± 0.041*
Postbypass	0.148 ± 0.047	0.131 ± 0.050*	0.142 ± 0.036	0.115 ± 0.026*	0.134 ± 0.043	0.203 ± 0.057*	0.141 ± 0.046	0.191 ± 0.060*

PAP, Pulmonary artery pressure (mm Hg); *SAP,* systemic arterial pressure (mm Hg); *Qp,* pulmonary blood flow (ml/kg/min); *Qs,* systemic blood flow (ml/kg/min); *PVR,* pulmonary vascular resistance (mm Hg · [ml/min/kg]$^{-1}$); *SVR,* systemic vascular resistance (mm Hg · (ml/min/kg)$^{-1}$).

*The change in the parameter measured during intervention (oxygen, nitric oxide, carbon dioxide, and hypoxia) was statistically significant ($p \le 0.05$).

- FiO2=100% ➔ Le Qp monte
- En Hypoxie (FiO2 10%) ➔ le Qp baisse avec amélioration du du QP/Qs qui se rapproche de 1.
- Le mélange commercial CO2 5% (disponible uniquement aux USA) permet d’obtenir un Qp/Qsproche de 1.
- Observez les effets de la CEC…



A 2-year-old boy is seen in the emergency department (ED) with a 1-month history of cough (worse at night) and poor oral intake. He had been treated with an antihistamine for allergies and antibiotics for a presumed pneumonia without relief of his symptoms. These symptoms were preceded by an upper respiratory infection. An x-ray taken at his pediatrician's office is shown (Figure 1).

Based on the x-ray findings, his pediatrician sent him to the ED for further evaluation. On arrival in the ED, the child appeared ill and had the following vital signs: heart rate of 150 beats/min; blood pressure, 90/52 mm Hg; respiratory rate, 45 breaths/min; oxygen saturation on pulse oximetry, 88%; and temperature, 37.4°C. On clinical examination, he is noted to be grunting and has bilateral crackles on lung auscultation. Other notable findings include a gallop, mild hepatosplenomegaly, and 4-second capillary refill. His white blood cell count and hematocrit are both normal. Arterial blood gas is pH 7.21; partial pressure of carbon dioxide, 48 mm Hg (6.4 kPa); partial pressure of oxygen, 77 mm Hg (10.2 kPa); base deficit, 9; oxygen saturation, 91% in room air. The patient undergoes intubation for impending respiratory failure and shock.

An echocardiogram reveals moderately decreased biventricular function with an enlarged left atrium. Intravenous epinephrine infusion is started. The patient remains hemodynamically stable but his oxygen saturation continues to worsen and he is requiring increasing ventilatory support. Repeat chest x-ray is shown in Figure 2.

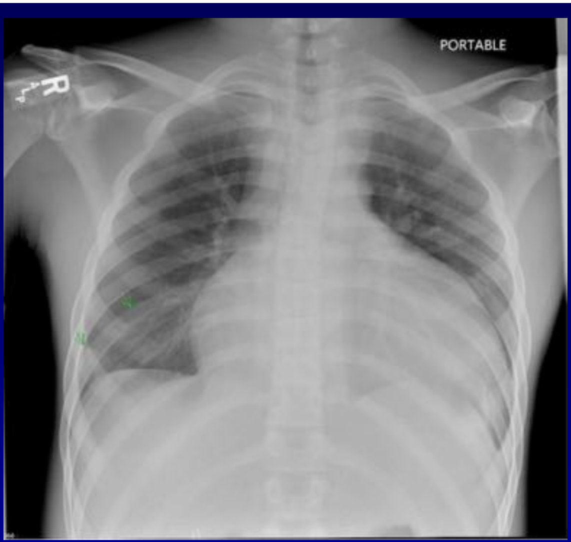
Of the following, the NEXT best step in the management for the patient in the vignette is to

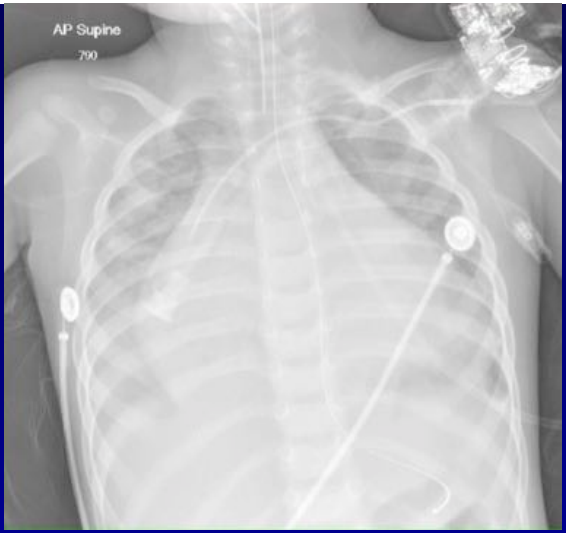
○ **A.** initiate beta-blocker therapy

○ **B.** provide extracorporeal membrane oxygenation while awaiting heart transplantation

○ **C.** treat with a loop diuretic

○ **D.** treat with antibiotics





Et tous les jours nous nous poserons les mêmes questions…

FLUID

IS

POISON

Fluid Overload in Infants Following Congenital Heart Surgery

Ped Crit Care Med 2013

Matthew A. Hazle, MD[1]; Robert J. Gajarski, MD[1]; Sunkyung Yu, MS[1]; Janet Donohue, MPH[1];
Neal B. Blatt, MD, PhD[2]

- Etude prospective
- Composite poor outcome:
  - Décès < 30 j
  - Dialyse
  - Durée de ventilation / séjour quartile le plus élevé
- Comparaison des bilans hydriques groupe « poor » outcome vs groupe « standart outcome »

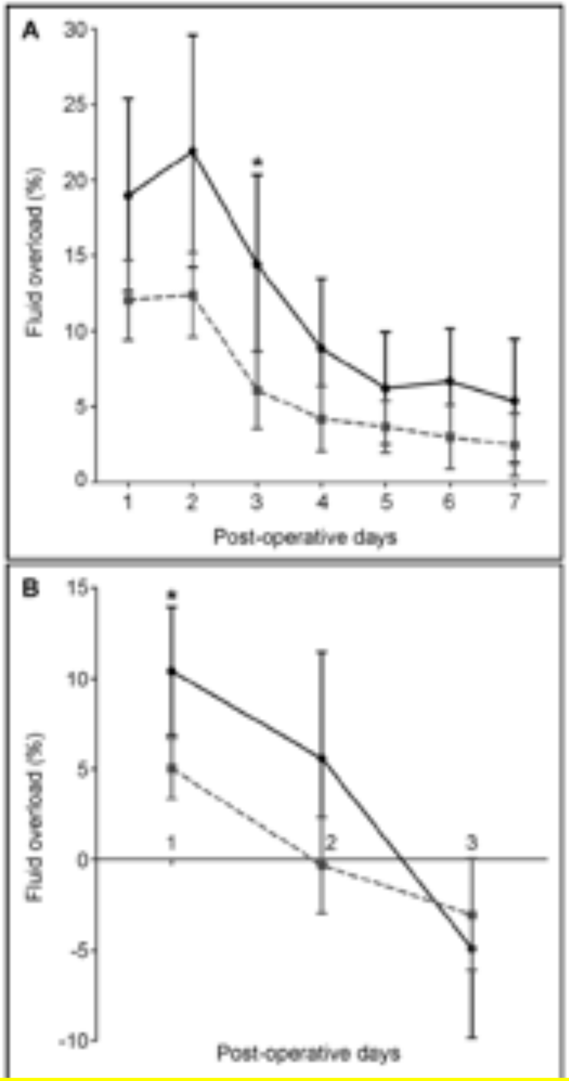
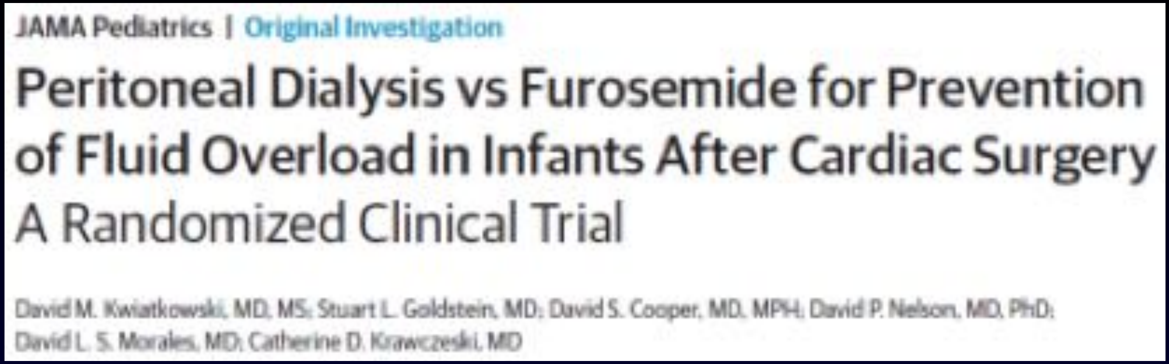


Figure 1. Fluid overload by postoperative day. Daily fluid overload in patients with a good (*dashed line*) vs. poor (*solid black line*) outcome by daily weight (**A**) or fluid balance (**B**) methods. Data are presented as mean ± 95% confidence intervals, *$p < 0.05$ for good vs. poor outcome.

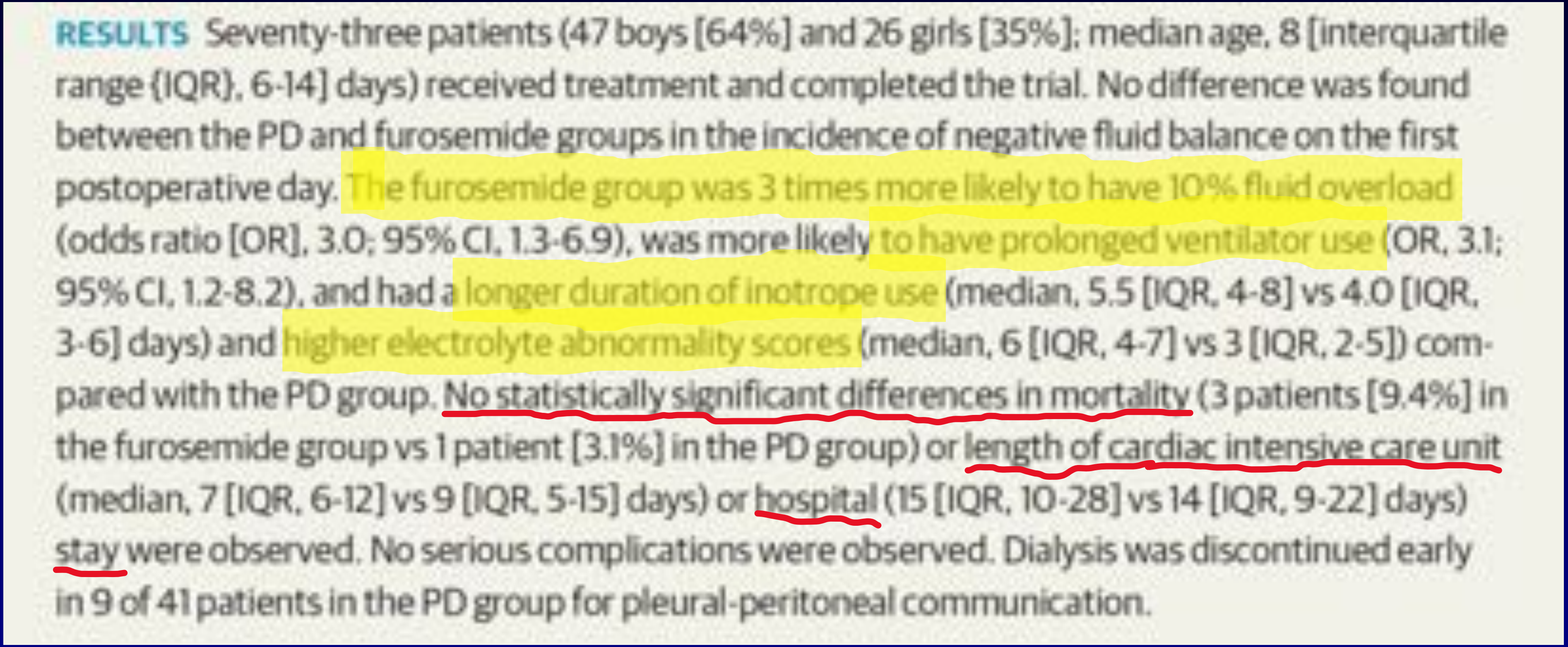


JAMA Pediatrics | Original Investigation

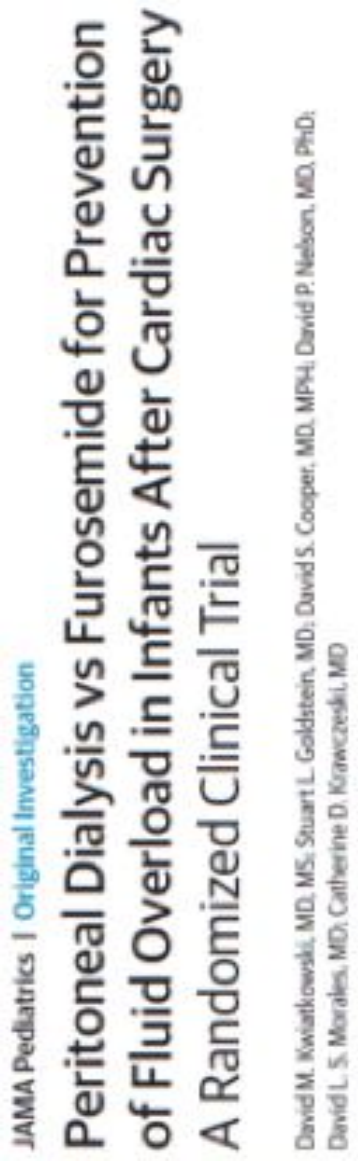
Peritoneal Dialysis vs Furosemide for Prevention of Fluid Overload in Infants After Cardiac Surgery

A Randomized Clinical Trial

David M. Kwiatkowski, MD, MS; Stuart L. Goldstein, MD; David S. Cooper, MD, MPH; David P. Nelson, MD, PhD; David L. S. Morales, MD; Catherine D. Krawczeski, MD



RESULTS Seventy-three patients (47 boys [64%] and 26 girls [35%]; median age, 8 [interquartile range {IQR}, 6-14] days) received treatment and completed the trial. No difference was found between the PD and furosemide groups in the incidence of negative fluid balance on the first postoperative day. The furosemide group was 3 times more likely to have 10% fluid overload (odds ratio [OR], 3.0; 95% CI, 1.3-6.9), was more likely to have prolonged ventilator use (OR, 3.1; 95% CI, 1.2-8.2), and had a longer duration of inotrope use (median, 5.5 [IQR, 4-8] vs 4.0 [IQR, 3-6] days) and higher electrolyte abnormality scores (median, 6 [IQR, 4-7] vs 3 [IQR, 2-5]) compared with the PD group. No statistically significant differences in mortality (3 patients [9.4%] in the furosemide group vs 1 patient [3.1%] in the PD group) or length of cardiac intensive care unit (median, 7 [IQR, 6-12] vs 9 [IQR, 5-15] days) or hospital (15 [IQR, 10-28] vs 14 [IQR, 9-22] days) stay were observed. No serious complications were observed. Dialysis was discontinued early in 9 of 41 patients in the PD group for pleural-peritoneal communication.



JAMA Pediatrics | Original Investigation

Peritoneal Dialysis vs Furosemide for Prevention of Fluid Overload in Infants After Cardiac Surgery

A Randomized Clinical Trial

David M. Kwiatkowski, MD, MS; Stuart L. Goldstein, MD; David S. Cooper, MD, MPH; David P. Nelson, MD, PhD; David L. S. Morales, MD; Catherine D. Krawczeski, MD

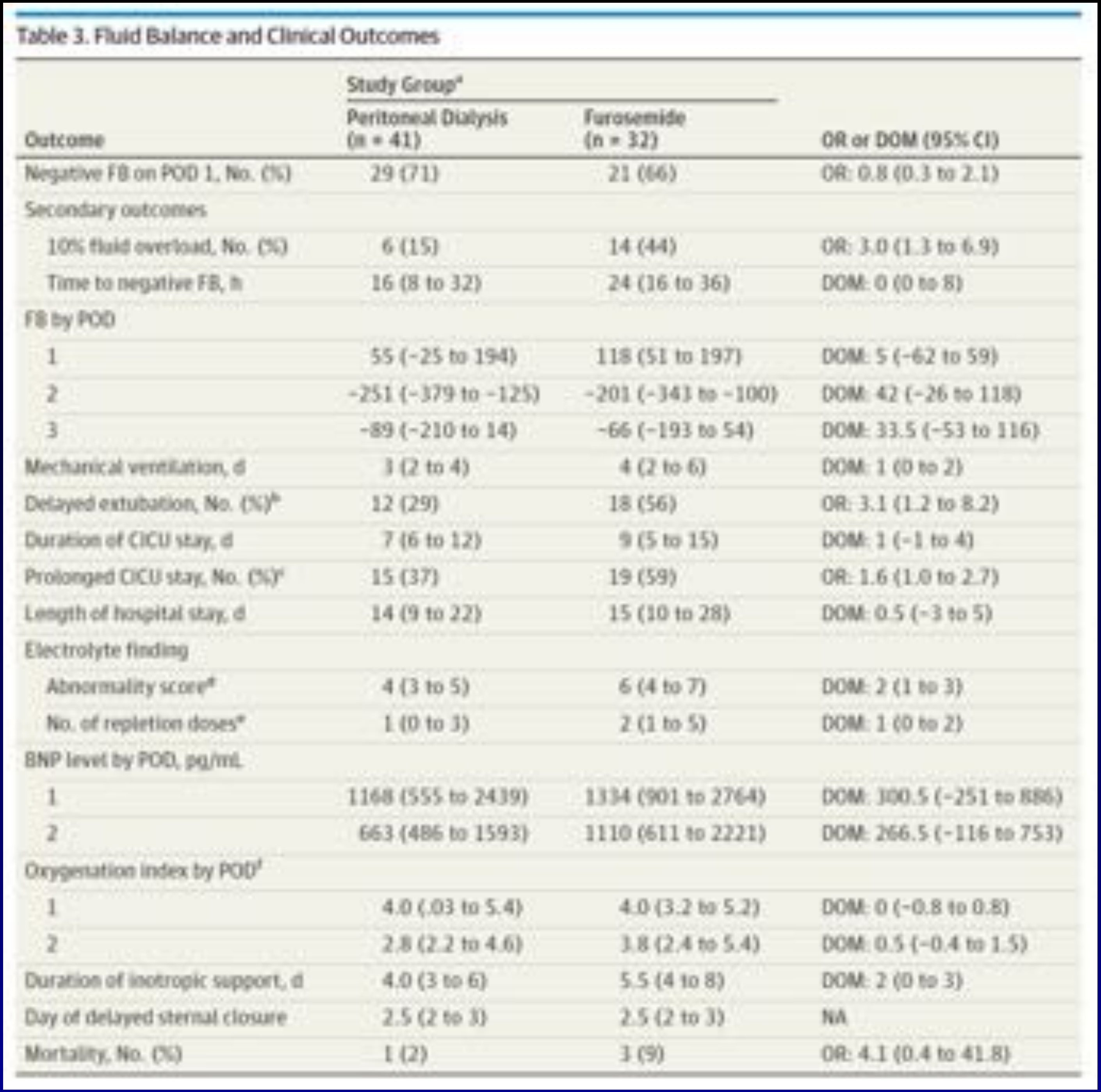


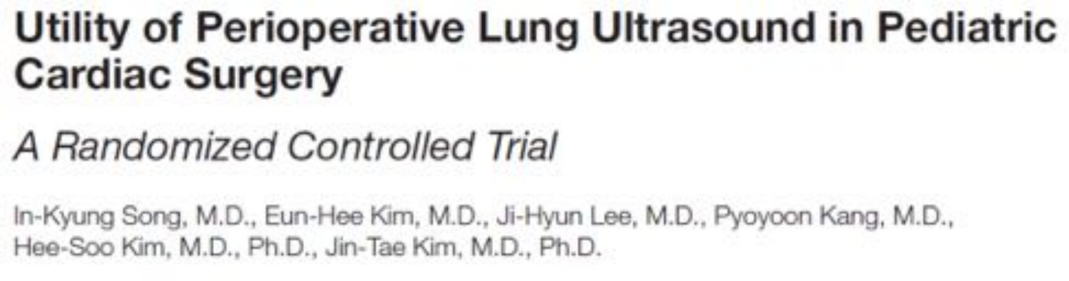
Table 3. Fluid Balance and Clinical Outcomes

Outcome	Study Group[a] Peritoneal Dialysis (n = 41)	Furosemide (n = 32)	OR or DOM (95% CI)
Negative FB on POD 1, No. (%)	29 (71)	21 (66)	OR: 0.8 (0.3 to 2.1)
Secondary outcomes			
10% fluid overload, No. (%)	6 (15)	14 (44)	OR: 3.0 (1.3 to 6.9)
Time to negative FB, h	16 (8 to 32)	24 (16 to 36)	DOM: 0 (0 to 8)
FB by POD			
1	55 (−25 to 194)	118 (51 to 197)	DOM: 5 (−62 to 59)
2	−251 (−379 to −125)	−201 (−343 to −100)	DOM: 42 (−26 to 118)
3	−89 (−210 to 14)	−66 (−193 to 54)	DOM: 33.5 (−53 to 116)
Mechanical ventilation, d	3 (2 to 4)	4 (2 to 6)	DOM: 1 (0 to 2)
Delayed extubation, No. (%)[b]	12 (29)	18 (56)	OR: 3.1 (1.2 to 8.2)
Duration of CICU stay, d	7 (6 to 12)	9 (5 to 15)	DOM: 1 (−1 to 4)
Prolonged CICU stay, No. (%)[c]	15 (37)	19 (59)	OR: 1.6 (1.0 to 2.7)
Length of hospital stay, d	14 (9 to 22)	15 (10 to 28)	DOM: 0.5 (−3 to 5)
Electrolyte finding			
Abnormality score[d]	4 (3 to 5)	6 (4 to 7)	DOM: 2 (1 to 3)
No. of repletion doses[e]	1 (0 to 3)	2 (1 to 5)	DOM: 1 (0 to 2)
BNP level by POD, pg/mL			
1	1168 (555 to 2439)	1334 (901 to 2764)	DOM: 300.5 (−251 to 886)
2	663 (486 to 1593)	1110 (611 to 2221)	DOM: 266.5 (−116 to 753)
Oxygenation index by POD[f]			
1	4.0 (.03 to 5.4)	4.0 (3.2 to 5.2)	DOM: 0 (−0.8 to 0.8)
2	2.8 (2.2 to 4.6)	3.8 (2.4 to 5.4)	DOM: 0.5 (−0.4 to 1.5)
Duration of inotropic support, d	4.0 (3 to 6)	5.5 (4 to 8)	DOM: 2 (0 to 3)
Day of delayed sternal closure	2.5 (2 to 3)	2.5 (2 to 3)	NA
Mortality, No. (%)	1 (2)	3 (9)	OR: 4.1 (0.4 to 41.8)

Et tous les jours nous nous poserons les mêmes questions…

- *Objectifs de ventilation ?*
  - Objectifs de SpO2? Quels objectifs de PH, de PaO2?
  - Arrêt des curares? de la sédation?
  - Débuter le sevrage de la ventilation mécanique?
  - Extubation ce jour?
  - Corticothérapie? Relais LHD ? CPAP ? VNI ?
  - Kinésithérapie respiratoire?

- *Paraclinique:*
  - Radiographie du thorax
  - Bilan entrée/sortie
  - Gazométrie
  - Données du ventilateurs (réglages ; spirométrie ; compliance…)



Utility of Perioperative Lung Ultrasound in Pediatric Cardiac Surgery

A Randomized Controlled Trial

In-Kyung Song, M.D., Eun-Hee Kim, M.D., Ji-Hyun Lee, M.D., Pyoyoon Kang, M.D.,
Hee-Soo Kim, M.D., Ph.D., Jin-Tae Kim, M.D., Ph.D.

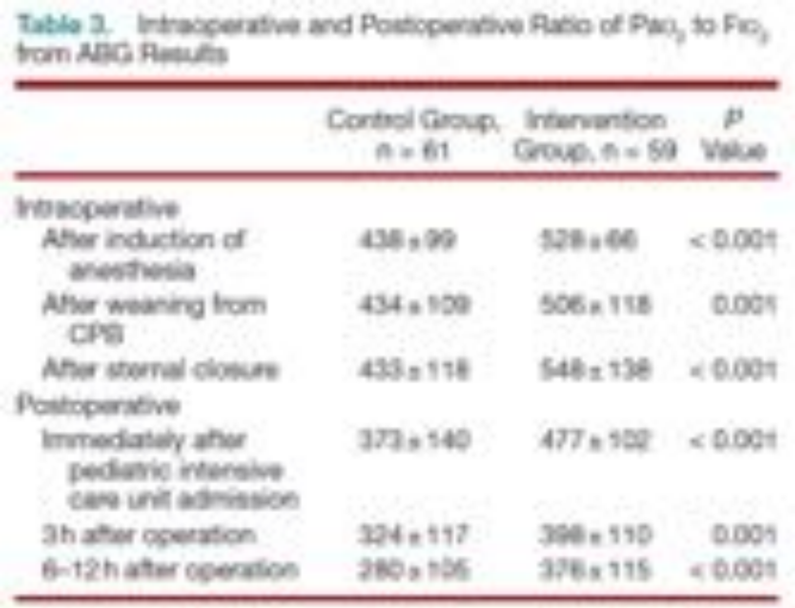
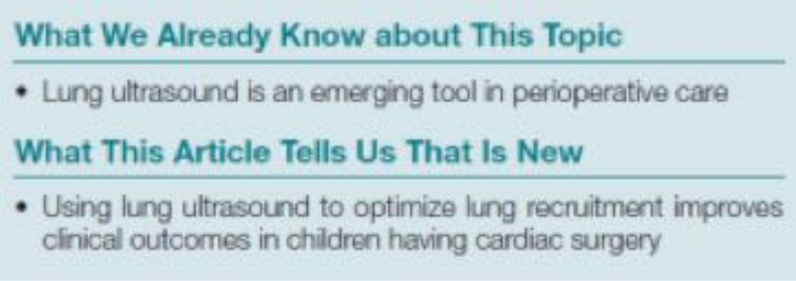


Table 3. Intraoperative and Postoperative Ratio of Pa_{O_2} to Fi_{O_2} from ABG Results

	Control Group, $n = 61$	Intervention Group, $n = 59$	P Value
Intraoperative			
After induction of anesthesia	438 ± 99	528 ± 66	< 0.001
After weaning from CPB	434 ± 109	506 ± 118	0.001
After sternal closure	433 ± 118	548 ± 138	< 0.001
Postoperative			
Immediately after pediatric intensive care unit admission	373 ± 140	477 ± 102	< 0.001
3 h after operation	324 ± 117	398 ± 110	0.001
6–12 h after operation	280 ± 106	376 ± 115	< 0.001

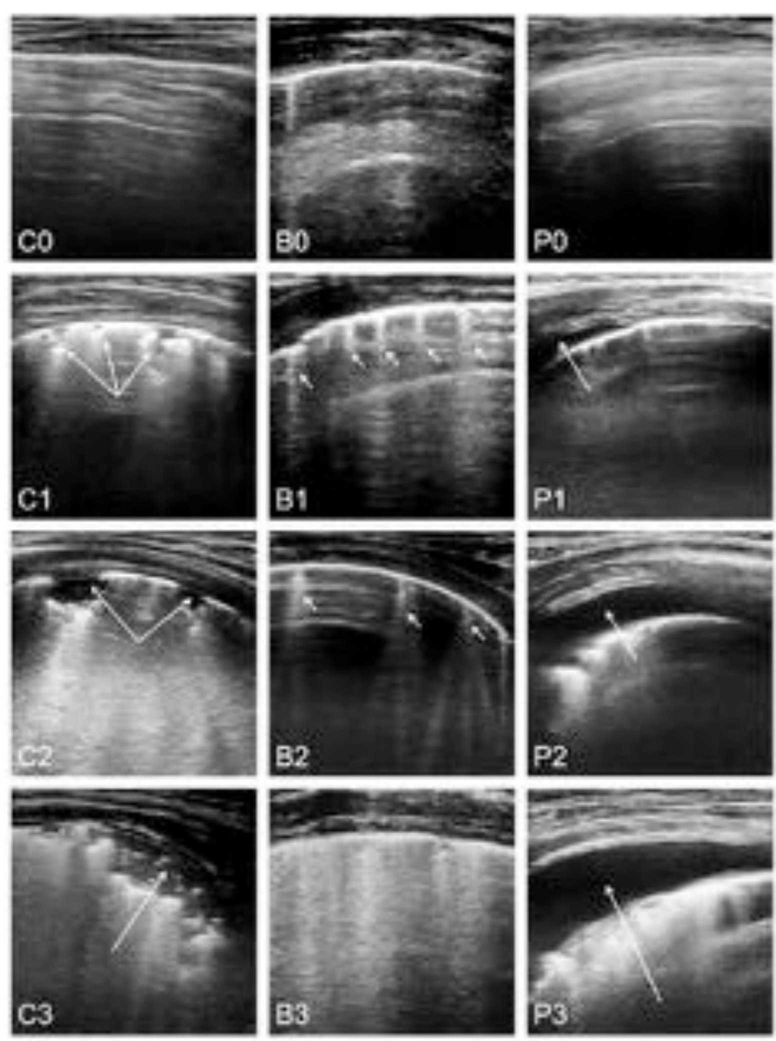


What We Already Know about This Topic

- Lung ultrasound is an emerging tool in perioperative care

What This Article Tells Us That Is New

- Using lung ultrasound to optimize lung recruitment improves clinical outcomes in children having cardiac surgery



- Vous rédigez la feuille de perfusion d’un nourrisson de 4 mois, dans les suites d’une chirurgie correctrice d’un CAVC. La CEC a durée 94 mn avec un temps de clampage aortique de 58 mn. La radiographie du thorax montre un œdème pulmonaire diffus et l’échocardiographie montre une altération de la fonction systolique biventriculaire, sans shunt résiduel, avec une fuite valvulaire minime.

- Parmi les proposition suivantes, le réglage du respirateur le plus approprié est:

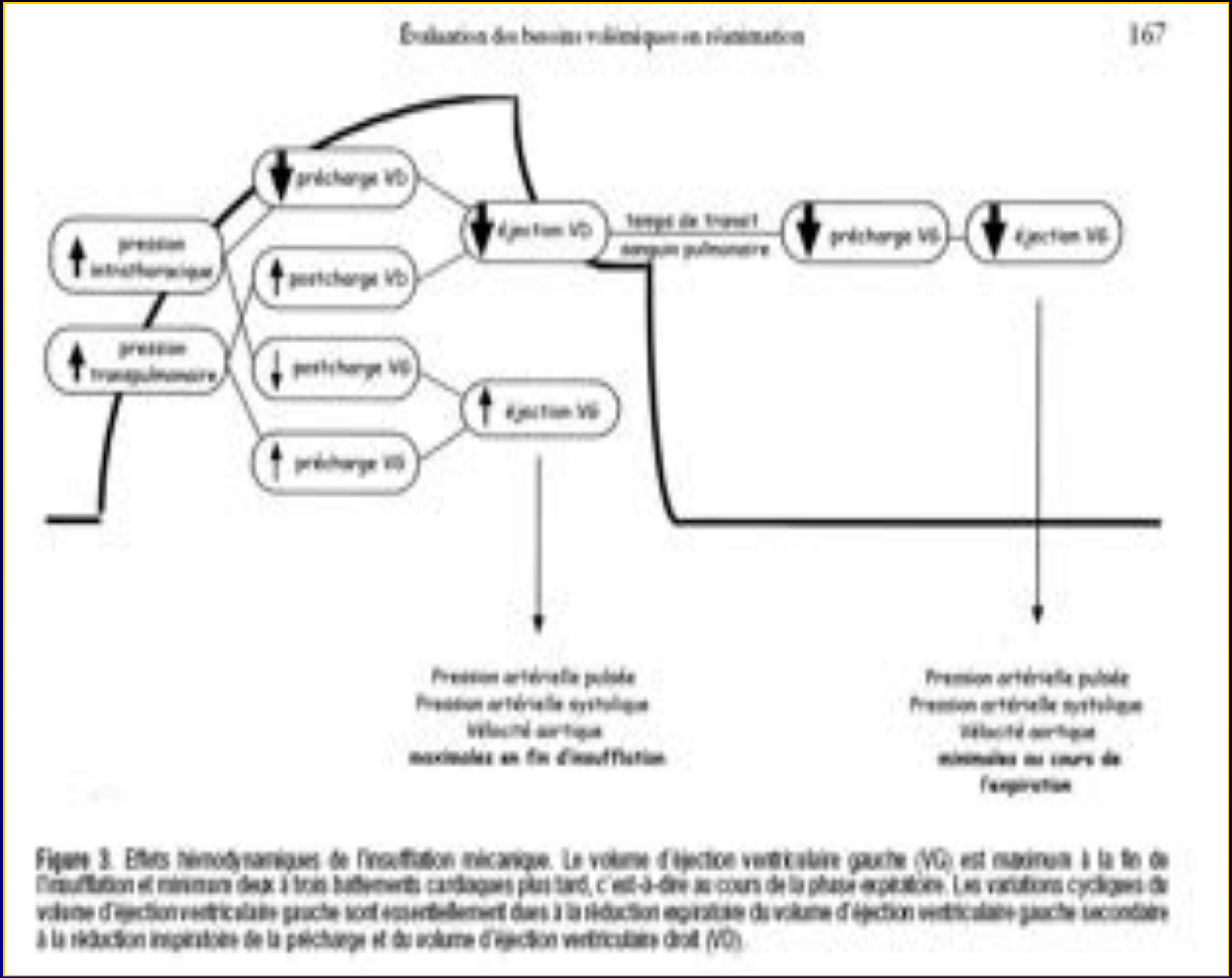
1. Une augmentation de la PEEP pour diminuer la postcharge VG.
2. Une fréquence respiratoire élevée pour compenser une acidose métabolique et ainsi diminuer les résistances vasculaires pulmonaires.
3. Une peep basse pour améliorer le retour veineux et ainsi optimiser la prés charge VD
4. Diminuer la fréquence respiratoire à la recherche d’une hypercapnie permissive
5. Un volume courrant de 9-12 ml/kg pour ouvrir un poumon oedémateux.

- Vous vous occupez d'un nourrisson de 13 mois, 24h après correction complète d'une tétralogie de Fallot. L'enfant est sédaté, sous ventilation artificielle et bénéficie d'un soutien inotrope par milrinone 0,5 mcg/kg/mn et adrénaline 0,05 mcg/kg/mn. Il présente une tachycardie sinusale. Les réglages du respirateur sont: Vt 6ml/kg, pression inspiratoire maximale 25 cm H2O, la PEEP à 8 cm H2O, 30 cycle par mn. La gazométrie artérielle montre un PH à 7,30, PaCO2 à 43 mmHg, PaO2 118 mmHg, HCO3- à 22 meq/l, BE à -6. La PVC est mesurée à 15 mHg et l'échocardiographie retrouve une altération de la fonction ventriculaire droite.

- Parmi les propositions suivantes qu'elle celle qui est le plus suceptible d'améliorer la fonction ventriculaire droite?

1. Diminution de la peep de 8 à 5 cmH2O
2. Diminution de la fréquence respiratoire à 25 cm H2O
3. Augmentation du temps inspiratoire de 0,5 à 0,8 secondes.
4. Augmentation de la Pression inspiratoire max à 30 cmH2O
5. Augmentation du volume courrant à 8 ml/kg

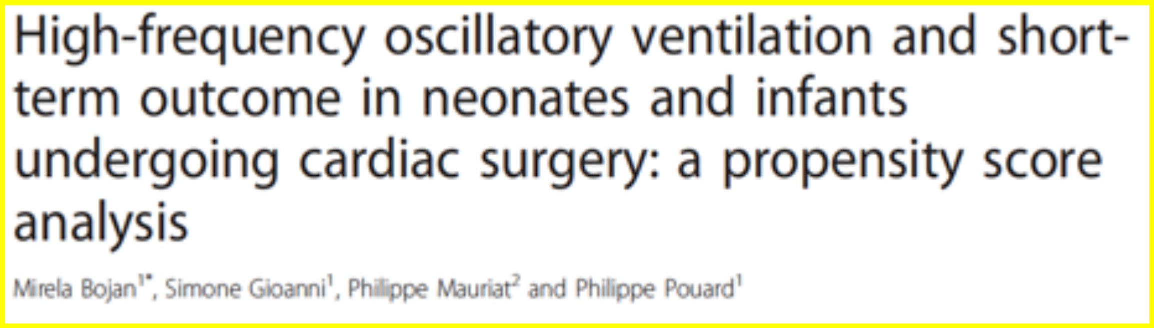
Interaction cardio-pulmonaire



Évaluation des besoins volémiques en réanimation 167

↑ pression intrathoracique
↑ pression transpulmonaire
↓ précharge VD
↑ postcharge VD
↓ postcharge VG
↑ précharge VG
↓ éjection VD
↑ éjection VG
temps de transit sanguin pulmonaire
↓ précharge VG
↓ éjection VG
Pression artérielle pulsée
Pression artérielle systolique
Vélocité aortique
maximales en fin d'insufflation
Pression artérielle pulsée
Pression artérielle systolique
Vélocité aortique
minimales au cours de l'expiration

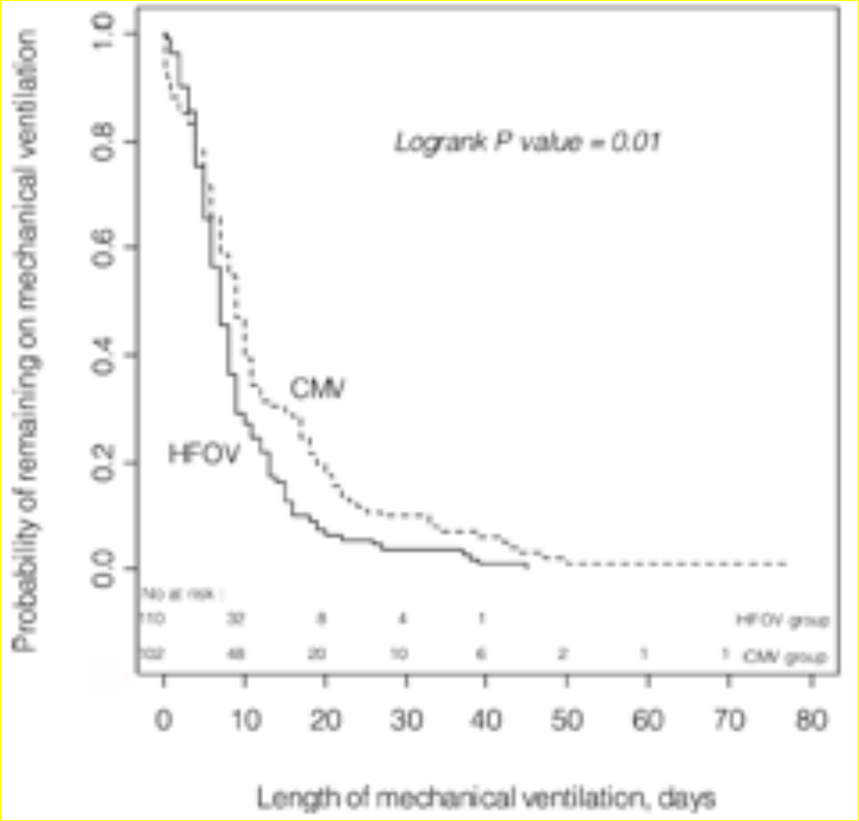
Figure 3. Effets hémodynamiques de l'insufflation mécanique. Le volume d'éjection ventriculaire gauche (VG) est maximum à la fin de l'insufflation et minimum deux à trois battements cardiaques plus tard, c'est-à-dire au cours de la phase expiratoire. Les variations cycliques du volume d'éjection ventriculaire gauche sont essentiellement dues à la réduction expiratoire du volume d'éjection ventriculaire gauche secondaire à la réduction inspiratoire de la précharge et du volume d'éjection ventriculaire droit (VD).

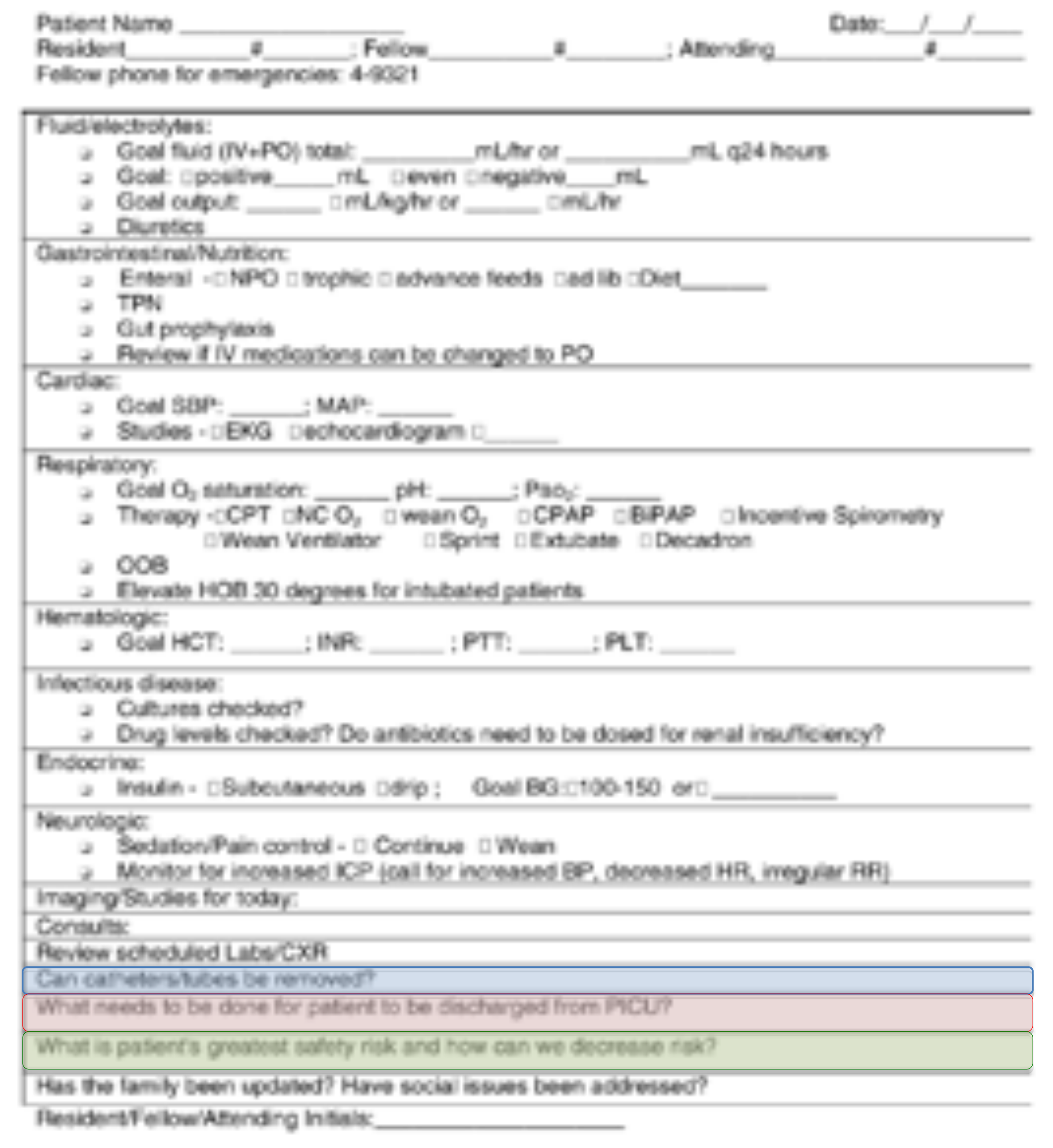


High-frequency oscillatory ventilation and short-term outcome in neonates and infants undergoing cardiac surgery: a propensity score analysis

Mirela Bojan[1*], Simone Gioanni[1], Philippe Mauriat[2] and Philippe Pouard[1]

- 120 nouveaux nés mis sous HFO comparés à 120 patients en ventilation conventionnelle pendant la même période.
- Durée de ventilation plus courte. Dans le groupe HFO.
- Durée de séjour plus courte dans le groupe HFO.
- Pas d'étude prospective pour le moment.





Patient Name ____________________ Date:___/___/____
Resident____________#________; Fellow___________#________; Attending_____________#________
Fellow phone for emergencies: 4-9021

Fluid/electrolytes:
- Goal fluid (IV+PO) total: __________mL/hr or ___________mL q24 hours
- Goal: ☐positive_____mL ☐even ☐negative____mL
- Goal output: _______ ☐mL/kg/hr or _______ ☐mL/hr
- Diuretics

Gastrointestinal/Nutrition:
- Enteral - ☐NPO ☐trophic ☐advance feeds ☐ad lib ☐Diet________
- TPN
- Gut prophylaxis
- Review if IV medications can be changed to PO

Cardiac:
- Goal SBP: _______; MAP: _______
- Studies - ☐EKG ☐echocardiogram ☐_______

Respiratory:
- Goal O_2 saturation: _______ pH: _______; Pa_{O_2}: _______
- Therapy - ☐CPT ☐NC O_2 ☐wean O_2 ☐CPAP ☐BiPAP ☐Incentive Spirometry ☐Wean Ventilator ☐Sprint ☐Extubate ☐Decadron
- OOB
- Elevate HOB 30 degrees for intubated patients

Hematologic:
- Goal HCT: _______; INR: _______ ; PTT: _______; PLT: _______

Infectious disease:
- Cultures checked?
- Drug levels checked? Do antibiotics need to be dosed for renal insufficiency?

Endocrine:
- Insulin - ☐Subcutaneous ☐drip ; Goal BG:☐100-150 or☐ ___________

Neurologic:
- Sedation/Pain control - ☐ Continue ☐ Wean
- Monitor for increased ICP (call for increased BP, decreased HR, irregular RR)

Imaging/Studies for today:

Consults:

Review scheduled Labs/CXR

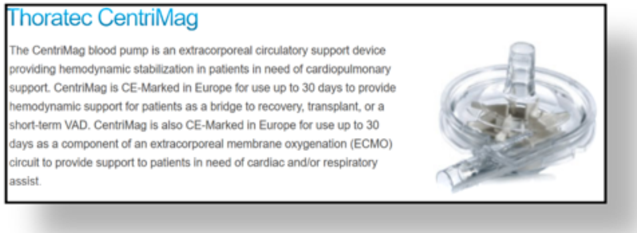
Can catheters/tubes be removed?

What needs to be done for patient to be discharged from PICU?

What is patient's greatest safety risk and how can we decrease risk?

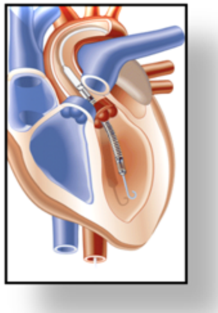
Has the family been updated? Have social issues been addressed?

Resident/Fellow/Attending Initials:______________________



Thoratec CentriMag

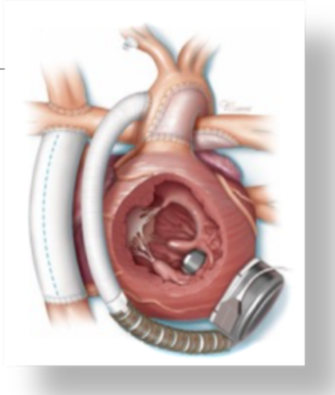
The CentriMag blood pump is an extracorporeal circulatory support device providing hemodynamic stabilization in patients in need of cardiopulmonary support. CentriMag is CE-Marked in Europe for use up to 30 days to provide hemodynamic support for patients as a bridge to recovery, transplant, or a short-term VAD. CentriMag is also CE-Marked in Europe for use up to 30 days as a component of an extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) circuit to provide support to patients in need of cardiac and/or respiratory assist.



Assistances Circulatoires
et
Cardiopathies de l'Enfant

ROTAFLOW Centrifugal Pump

One of the smallest centrifugal pumps available.



« Assister » pour quel projet thérapeutique?

ECMO:

- Bridge to recovery
- Bridge to bridge
- Bridge do transplantation
- ~~Bridge to nowhere~~

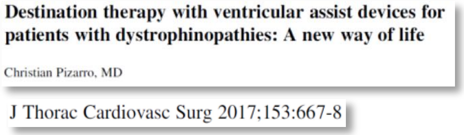
VAD:

- Bridge to recovery
- Bridge do transplantation

Les nouvelles assistances:

- Bridge to recovery
- Bridge do transplantation
- ***Bridge to destination ???***

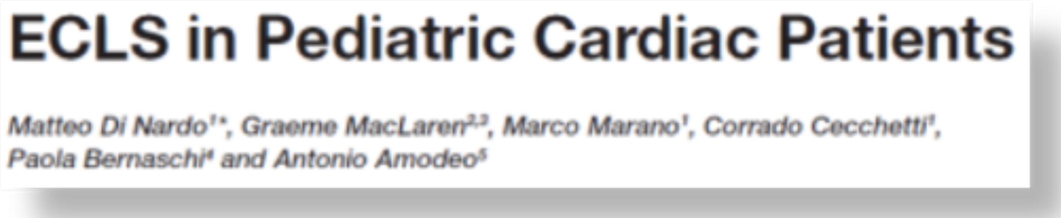
BRIDGE
TO
SUCCESS!



Destination therapy with ventricular assist devices for patients with dystrophinopathies: A new way of life

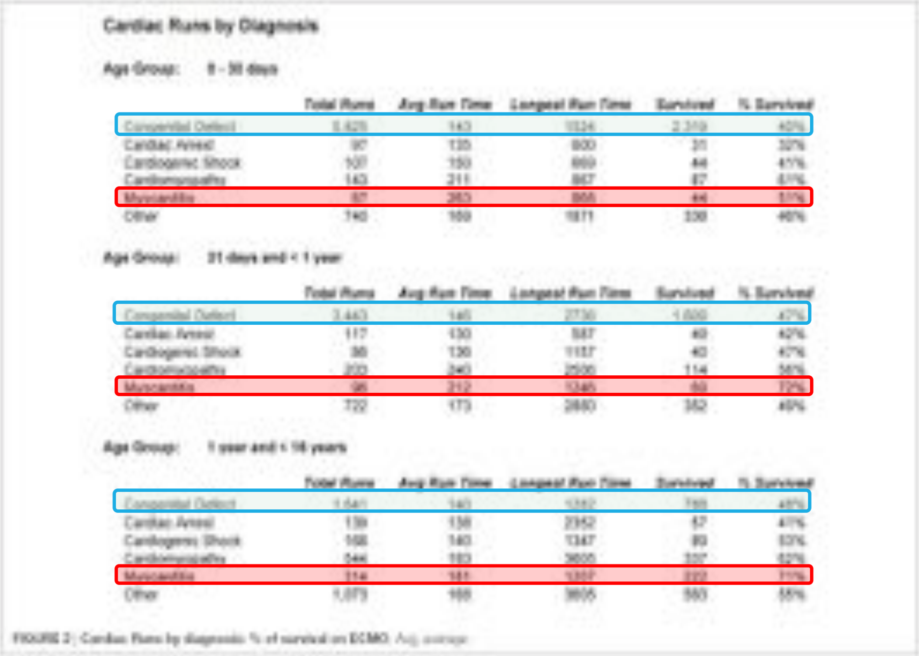
Christian Pizarro, MD

J Thorac Cardiovasc Surg 2017;153:667-8



ECLS in Pediatric Cardiac Patients

Matteo Di Nardo[1], Graeme MacLaren[2,3], Marco Marano[1], Corrado Cecchetti[1], Paola Bernaschi[4] and Antonio Amodeo[5]*



Cardiac Runs by Diagnosis

Age Group: 0 - 30 days

	Total Runs	Avg Run Time	Longest Run Time	Survived	% Survived
Congenital Defect	5,625	143	1524	2,319	40%
Cardiac Arrest	97	135	800	31	32%
Cardiogenic Shock	107	150	669	44	41%
Cardiomyopathy	143	211	867	87	61%
Myocarditis	87	263	866	44	51%
Other	740	169	1871	338	46%

Age Group: 31 days and < 1 year

	Total Runs	Avg Run Time	Longest Run Time	Survived	% Survived
Congenital Defect	3,443	146	2730	1,600	47%
Cardiac Arrest	117	130	587	49	42%
Cardiogenic Shock	86	130	1157	40	47%
Cardiomyopathy	203	240	2500	114	56%
Myocarditis	96	212	1246	69	72%
Other	722	173	2880	352	49%

Age Group: 1 year and < 16 years

	Total Runs	Avg Run Time	Longest Run Time	Survived	% Survived
Congenital Defect	1,641	140	1282	789	48%
Cardiac Arrest	139	138	2352	57	41%
Cardiogenic Shock	168	140	1347	89	53%
Cardiomyopathy	546	183	3605	337	62%
Myocarditis	314	181	1357	222	71%
Other	1,073	168	3605	593	55%

FIGURE 2 | Cardiac Runs by diagnosis: % of survival on ECMO. Avg, average.

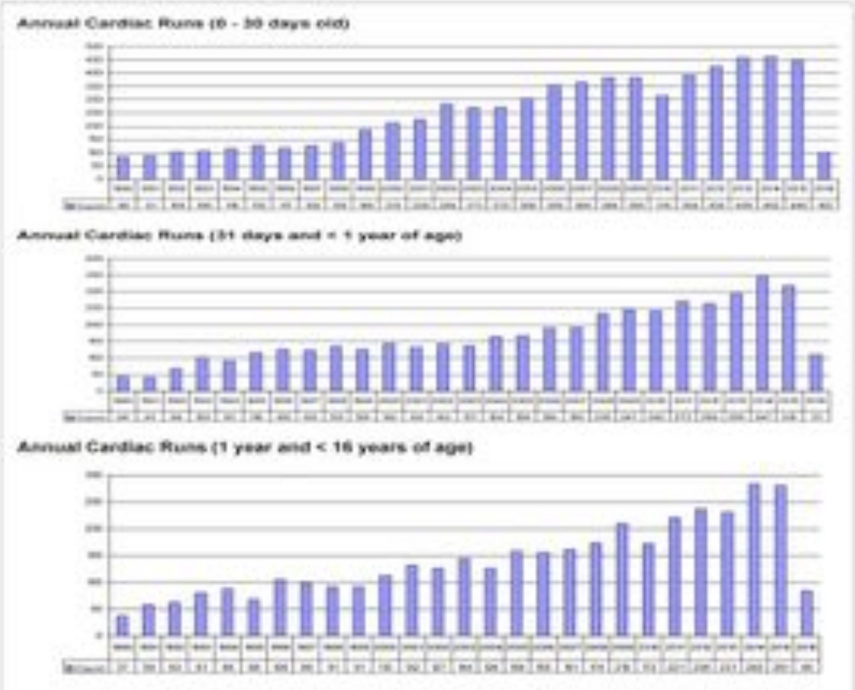


FIGURE 1 | Annual neo/ped ECMO runs. (International Summary 2016, Courtesy of P. Rycus from the ELSO Registry)

Ce que l’on m’a enseignés et que j’ai,hélas, vérifié

A Faire	A ne pas Faire
• Travailler en équipe (Cardio-Réa-Chir).	Eviter les décisions solitaires.
• Utiliser une monitorage fiable de l’oxygénation tissulaire (SvO_2; Sv_cO_2; NIRS).	Etre trompé par une stabilité relative uniquement lié aux mécanismes d’adaptation physiologique.
• Suivre le principe de simplicité est souvent préférable à une solution complexe et hasardeuse.	Soumettre le cœur et les autres organes à des choix thérapeutiques délétères.
• Soigner le patient, pas l’echocardiographie.	Epuiser pharmacologiquement le cœur.
• Ne pas penser qu’au cœur. Penser aux autres organes.	Pousser le patient jusqu’à ses limites.
• Promouvoir l’anabolisme (c’est pas facile)	Accepter des objectifs et des résultats intermédiaires.
• Etre pro-actif: Poser l’indication de l’ECMO sur les tendances et non sur les évènements.	Accepter les défaillances d’organes.
• Information et soutien des familles.	Accepter l’hypothèse d’un arrêt cardiaque.
• Penser aux soins de réhabilitation dés le début	

Factors Associated with Bleeding and Thrombosis in Children Receiving Extracorporeal Membrane Oxygenation

RESPIRATORY AND CRITICAL CARE MEDICINE

Heidi J. Dalton[1] American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine Volume 196 Number 6 2017

1ere étude prospective consacrée à l’ECMO.

Buts de l’étude:

- ➢ Incidence des évènements thrombotiques et hémorragiques.
- ➢ Identifier les facteurs associés à ces évènements.
- ➢ Evaluer leur impact sur le pronostic du patient.

514 patients < 19 ans (centres US majeurs)

- ◦ Survie globale à 54,9%.
- ◦ 27,5 évènements hémorragiques % jours ECMO.
- ◦ 11 évènements thrombotiques % jours ECMO.

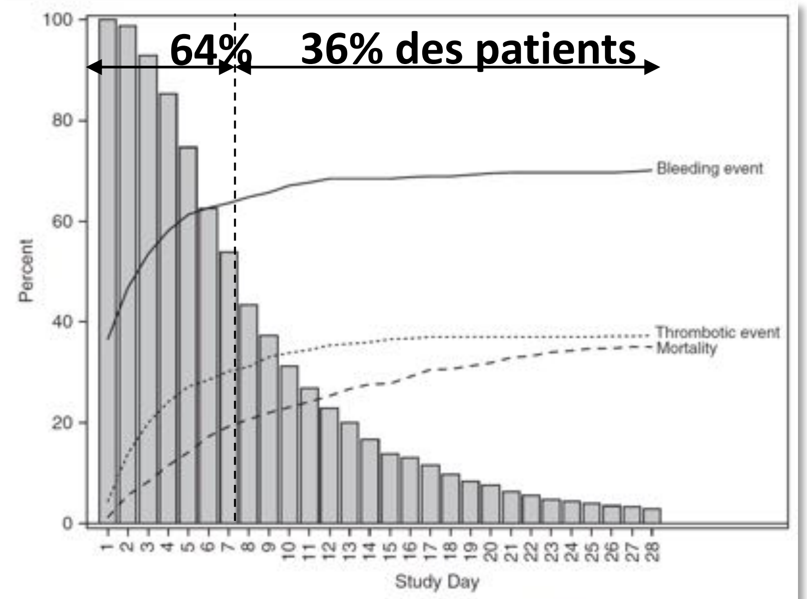
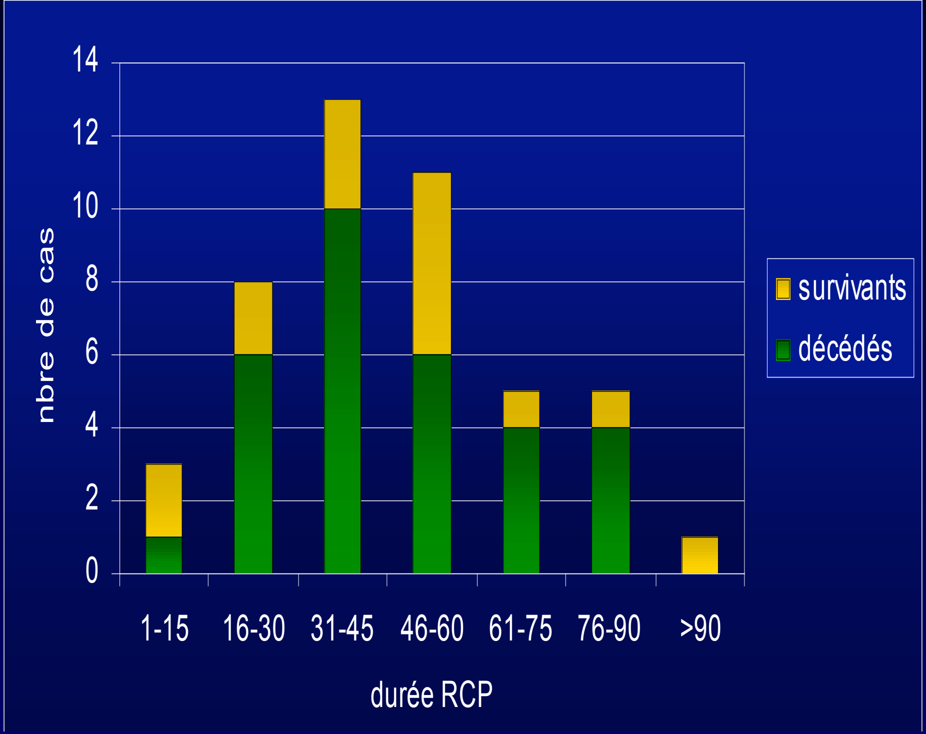


Figure 1. The cumulative percent of patients who have suffered mortality, bleeding events, or thrombotic events by day of extracorporeal membrane oxygenation support. The histogram shows the percent of patients who remain on extracorporeal membrane oxygenation support as the duration of support increases.

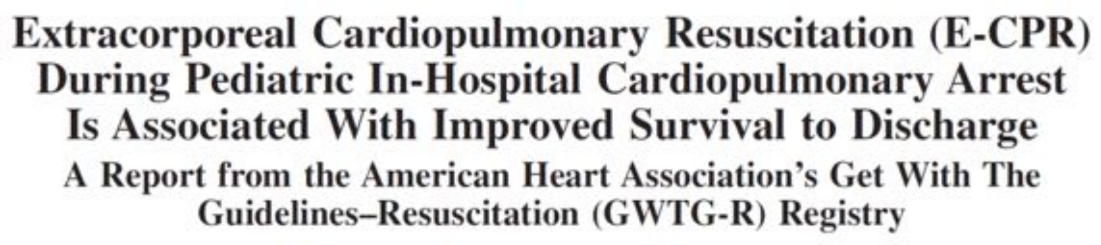
Risque de décès de 1-3% par jour d’ECMO

ECMO et arrêt cardiaque

- Etude retrospective
- 66 arrêts cardiaques “réfractaires”
- Cannulation pendant le MCE
- 33% survie hospitalière
  - 44% si cardiopathie isolée
  - 9,5% si pathologie médicale
- 50% enfants avec MCE > 60 min ont un examen neurologique normal

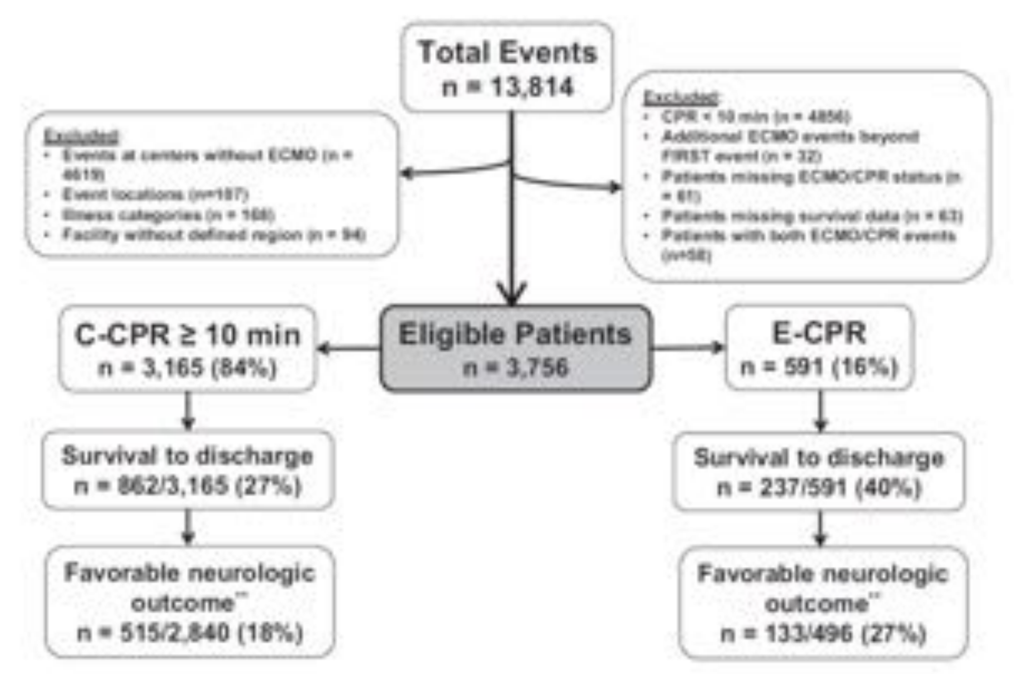


Morris Pediatr Crit Care Med 2004



Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation (E-CPR) During Pediatric In-Hospital Cardiopulmonary Arrest Is Associated With Improved Survival to Discharge

A Report from the American Heart Association's Get With The Guidelines–Resuscitation (GWTG-R) Registry



Total Events
n = 13,814

Excluded:
- Events at centers without ECMO (n = 4619)
- Event locations (n=107)
- Illness categories (n = 168)
- Facility without defined region (n = 94)

Excluded:
- CPR < 10 min (n = 4856)
- Additional ECMO events beyond FIRST event (n = 32)
- Patients missing ECMO/CPR status (n = 61)
- Patients missing survival data (n = 63)
- Patients with both ECMO/CPR events (n=58)

Eligible Patients
n = 3,756

C-CPR ≥ 10 min
n = 3,165 (84%)

Survival to discharge
n = 862/3,165 (27%)

Favorable neurologic outcome**
n = 515/2,840 (18%)

E-CPR
n = 591 (16%)

Survival to discharge
n = 237/591 (40%)

Favorable neurologic outcome**
n = 133/496 (27%)

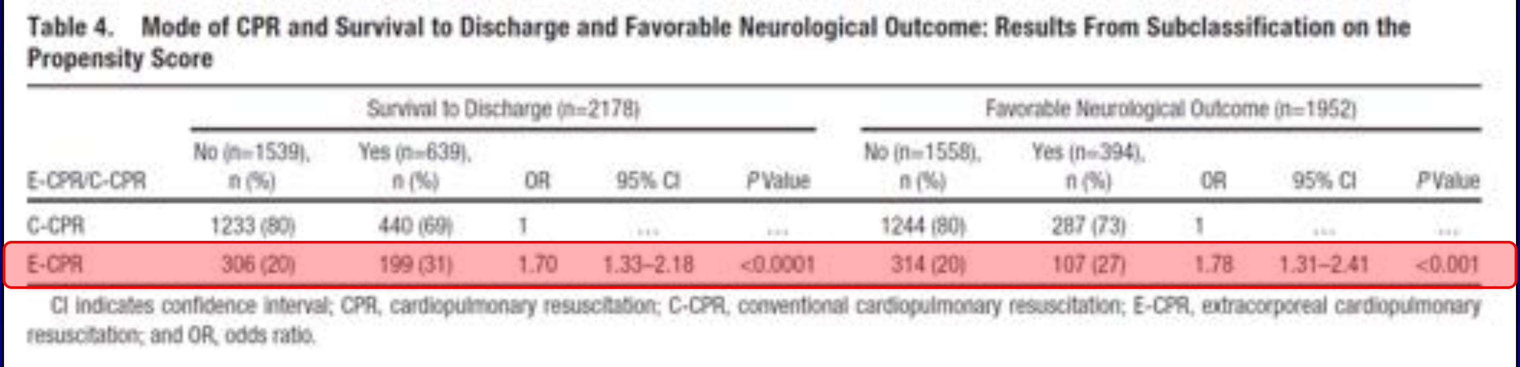


Table 4. Mode of CPR and Survival to Discharge and Favorable Neurological Outcome: Results From Subclassification on the Propensity Score

	Survival to Discharge (n=2178)					Favorable Neurological Outcome (n=1952)				
E-CPR/C-CPR	No (n=1539), n (%)	Yes (n=639), n (%)	OR	95% CI	*P* Value	No (n=1558), n (%)	Yes (n=394), n (%)	OR	95% CI	*P* Value
C-CPR	1233 (80)	440 (69)	1	...	...	1244 (80)	287 (73)	1	...	...
E-CPR	306 (20)	199 (31)	1.70	1.33–2.18	<0.0001	314 (20)	107 (27)	1.78	1.31–2.41	<0.001

CI indicates confidence interval; CPR, cardiopulmonary resuscitation; C-CPR, conventional cardiopulmonary resuscitation; E-CPR, extracorporeal cardiopulmonary resuscitation; and OR, odds ratio.

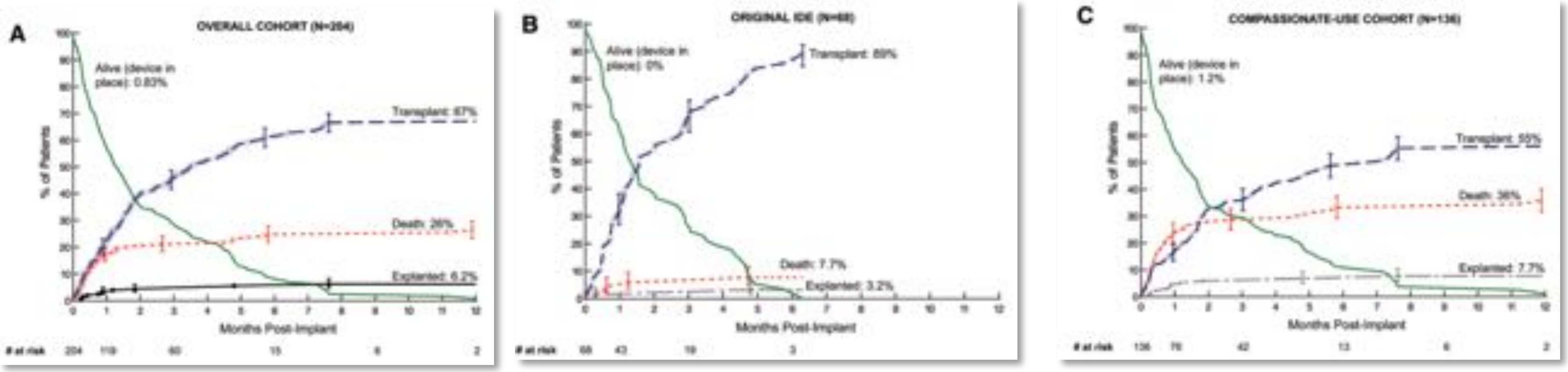
- Un nouveau né de 2 jours né à 42 SA est soigné en réanimation pour une inhalation méconiale avec HTAP. Son état clinique s'aggrave malgré une alcalinisation, une ventilation en oxygène pur par HFO, assosciés à du NO 20 ppm. La radiographie du thorax montre un syndrome alvéolaire bilatéral. L'échocardiographie retrouve un petit canal artériel qui shunte en bidirectionnel, une insuffisance tricuspide modérée et un shunt droit-gauche au nivau du FOP. Malgré cette prise en charge, l'enfant développe une hypoxémie menaçante avec acidose lactique. Une ECMO est installée par voie veino-artérielle, mais il présente un arrêt circulatoire juste avant le démarrage de l'assistance. Immédiatement après le démarrage de l'ECMO (débit=120 ml/kg/mn), l'ECG redevient sinusal, la SaO2 est mesurée à 100%. La PA, qui est non pulsée, est mesurée au niveau de l'artère radiale droite à 70 mm Hg . On n'entends pas les bruits de cœur et les pouls sont imperceptibles. La saturation en sang veineux mélé est mesurée à 70%. Des échocardiographies répétées montre un ventricule gauche dilaté et très hypocontractile.

- Parmi les propositions suivantes quelle est la première intervention thérapeutique la plus appropriée?

1. Augmenter le NO à 40 ppm
2. Augmenter le débit d'assistance à 150 ml/kg/mn
3. Débuter un massage cardiaque externe
4. Vasodilatateur systémique
5. Pratiquer une septostomie pour décharger l'oreillette gauche

Berlin Heart EXCOR Pediatric Ventricular Assist Device for Bridge to Heart Transplantation in US Children

Christopher S. Almond *Circulation.* 2013;127:1702-1711 Circulation

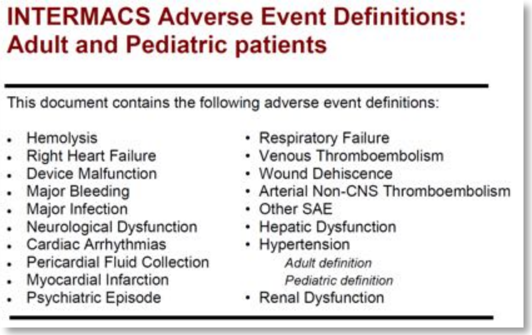


204 patients pédiatriques réunissant l’effectif d’une étude prospective et une cohorte ayant bénéficiée d’une implantation compassionnelle.

Mortalité corrélée au petit âge, à l’hyperbillirubinémie et au recours à un BiVAD de façon indépendante.

La 1ère cause de décès = stroke.

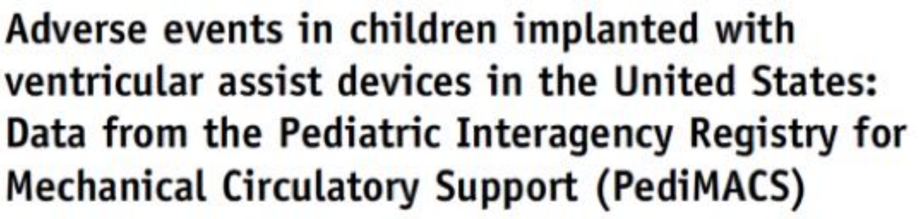
33% d’AVC: 2/3 ischémiques – 1/3 hémorragiques, dont 13% sont fatals.



INTERMACS Adverse Event Definitions: Adult and Pediatric patients

This document contains the following adverse event definitions:

- Hemolysis
- Right Heart Failure
- Device Malfunction
- Major Bleeding
- Major Infection
- Neurological Dysfunction
- Cardiac Arrhythmias
- Pericardial Fluid Collection
- Myocardial Infarction
- Psychiatric Episode
- Respiratory Failure
- Venous Thromboembolism
- Wound Dehiscence
- Arterial Non-CNS Thromboembolism
- Other SAE
- Hepatic Dysfunction
- Hypertension
  - *Adult definition*
  - *Pediatric definition*
- Renal Dysfunction



Adverse events in children implanted with ventricular assist devices in the United States: Data from the Pediatric Interagency Registry for Mechanical Circulatory Support (PediMACS)

J Heart Lung Transplant 2016;35:569–577

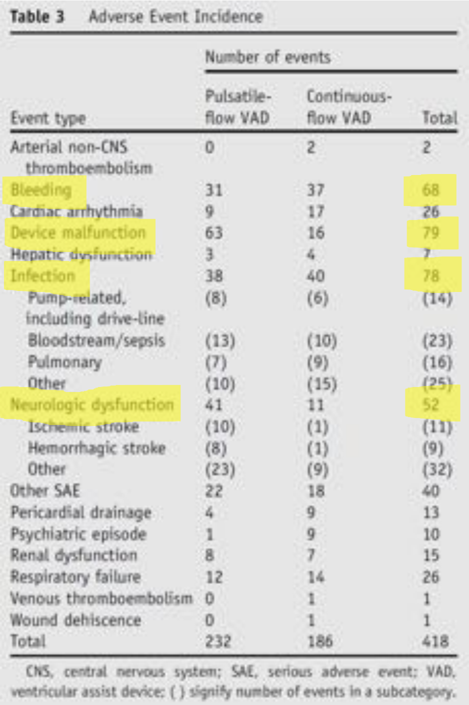
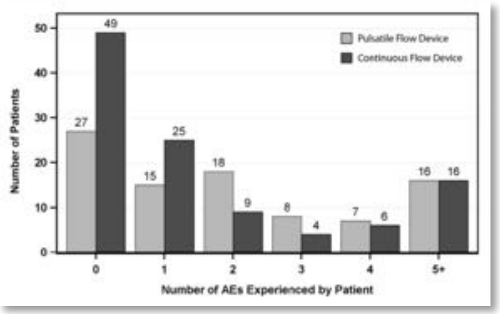


Table 3 Adverse Event Incidence

	Number of events		
Event type	Pulsatile-flow VAD	Continuous-flow VAD	Total
Arterial non-CNS thromboembolism	0	2	2
Bleeding	31	37	68
Cardiac arrhythmia	9	17	26
Device malfunction	63	16	79
Hepatic dysfunction	3	4	7
Infection	38	40	78
Pump-related, including drive-line	(8)	(6)	(14)
Bloodstream/sepsis	(13)	(10)	(23)
Pulmonary	(7)	(9)	(16)
Other	(10)	(15)	(25)
Neurologic dysfunction	41	11	52
Ischemic stroke	(10)	(1)	(11)
Hemorrhagic stroke	(8)	(1)	(9)
Other	(23)	(9)	(32)
Other SAE	22	18	40
Pericardial drainage	4	9	13
Psychiatric episode	1	9	10
Renal dysfunction	8	7	15
Respiratory failure	12	14	26
Venous thromboembolism	0	1	1
Wound dehiscence	0	1	1
Total	232	186	418

CNS, central nervous system; SAE, serious adverse event; VAD, ventricular assist device; ( ) signify number of events in a subcategory.

Ces quatre complications réunissent 66% de toutes les complications



28 décès

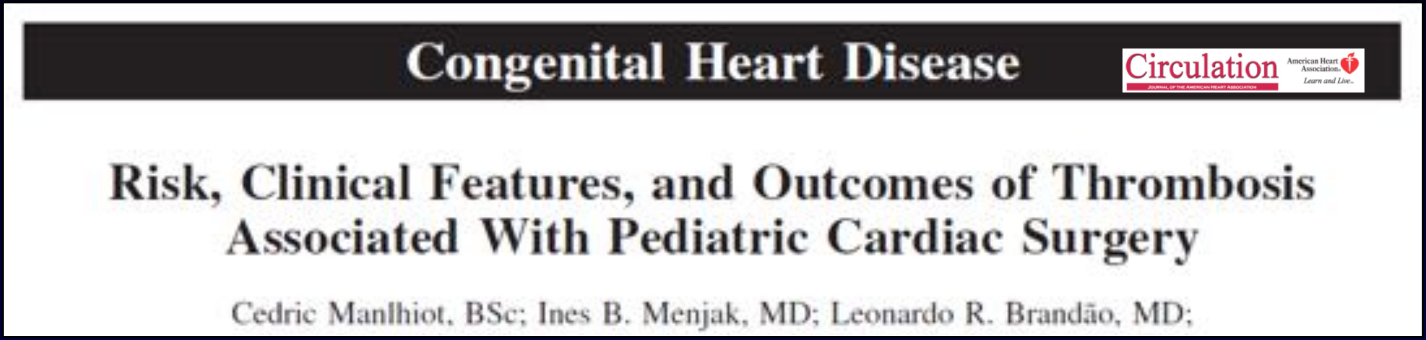
- 11 de défaillance multi-organe.
- 7 de défaillance circulatoire.
- 1 de défaillance respiratoire.
- 1 sevrage dans le cadre d'une L.A.T.A.

53,4 complications%patient/jour

Au moins 1 complication chez:

- 70% de patients-pulsatile flow.
- 55% des patients – continuous flow.

Un Risque thrombotique plus important

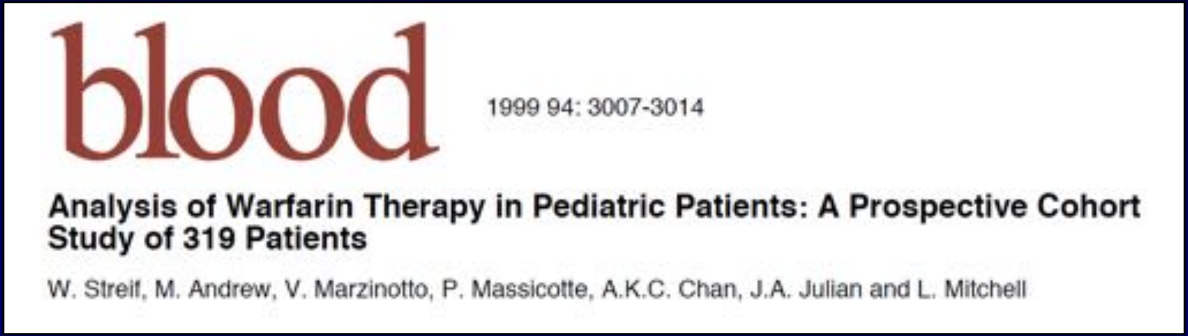


Congenital Heart Disease Circulation

American Heart Association
Learn and Live

Risk, Clinical Features, and Outcomes of Thrombosis Associated With Pediatric Cardiac Surgery

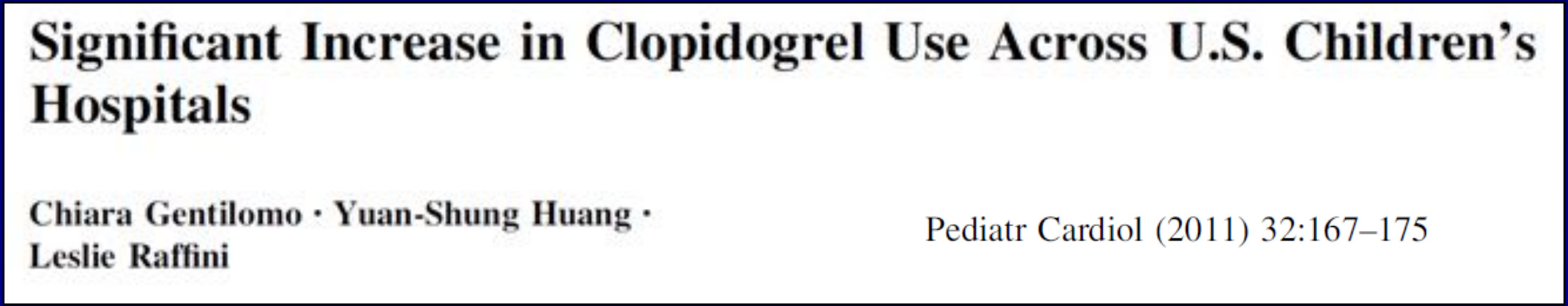
Cedric Manlhiot, BSc; Ines B. Menjak, MD; Leonardo R. Brandão, MD;



blood 1999 94: 3007-3014

Analysis of Warfarin Therapy in Pediatric Patients: A Prospective Cohort Study of 319 Patients

W. Streif, M. Andrew, V. Marzinotto, P. Massicotte, A.K.C. Chan, J.A. Julian and L. Mitchell

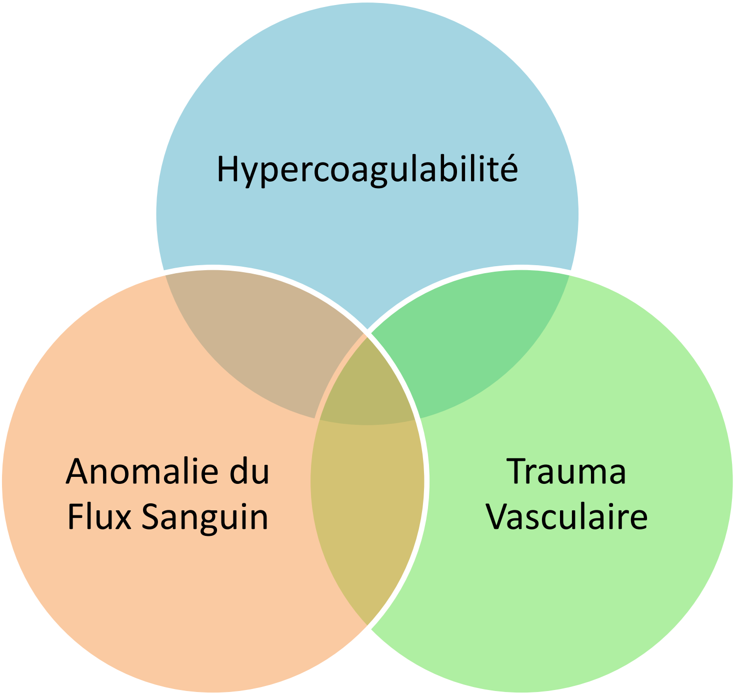


Significant Increase in Clopidogrel Use Across U.S. Children's Hospitals

Chiara Gentilomo · Yuan-Shung Huang · Leslie Raffini

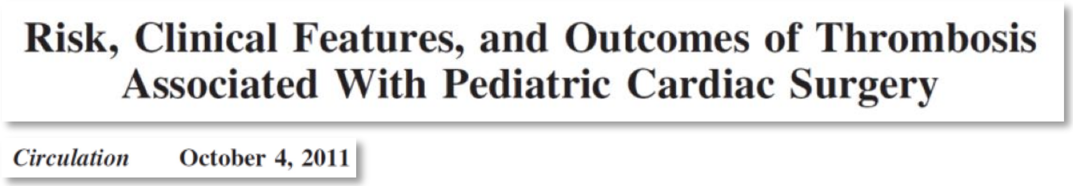
Pediatr Cardiol (2011) 32:167–175

Prévention de la thrombose: Un objectif central


Hypercoagulabilité

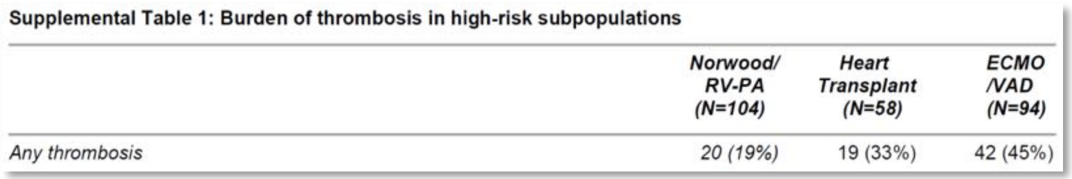
Anomalie du Flux Sanguin

Trauma Vasculaire

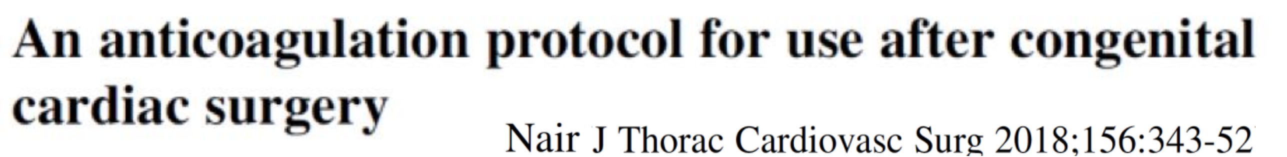

Risk, Clinical Features, and Outcomes of Thrombosis Associated With Pediatric Cardiac Surgery

Circulation October 4, 2011

- 1542 chirugies / 1361 patients.
- 171 procédures/151 patients(11%) associé(e)s à 444 épisodes thrombotiques.
- Extrathoracic venous (7,9%) > Intrathoracic venous (4,2%) > Extrathoracic arterial (2,7%).
- 3,4% associent ces différentes thromboses/sites.

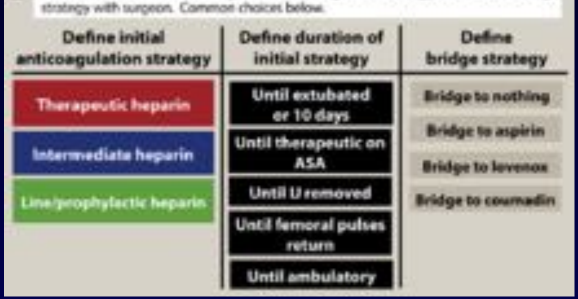

Supplemental Table 1: Burden of thrombosis in high-risk subpopulations

	Norwood/ RV-PA (N=104)	*Heart Transplant (N=58)*	*ECMO /VAD (N=94)*
Any thrombosis	*20 (19%)*	19 (33%)	42 (45%)



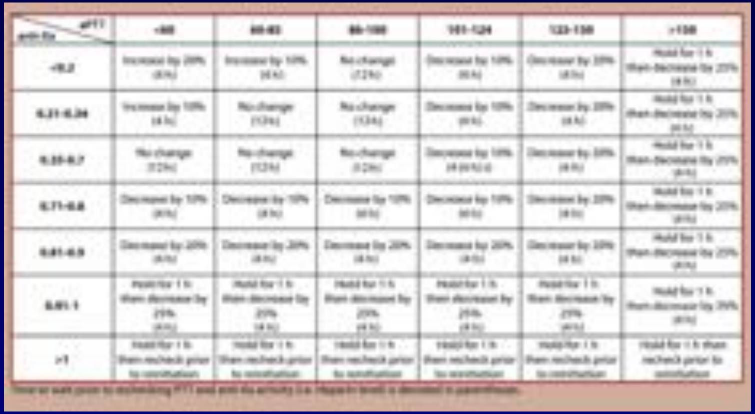
An anticoagulation protocol for use after congenital cardiac surgery

Nair J Thorac Cardiovasc Surg 2018;156:343-52

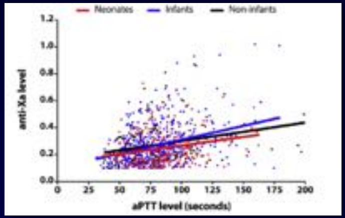


2 Define **indication** for and timing of initial anticoagulation strategy, duration and bridge strategy with surgeon. Common choices below.

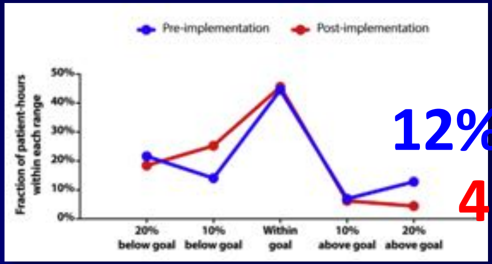
Define initial anticoagulation strategy	Define duration of initial strategy	Define bridge strategy
Therapeutic heparin	Until extubated or 10 days	Bridge to nothing
Intermediate heparin	Until therapeutic on ASA	Bridge to aspirin
Line/prophylactic heparin	Until LI removed	Bridge to lovenox
	Until femoral pulses return	Bridge to coumadin
	Until ambulatory	



- Faible corrélation entre antiXa et TCA



- « Time to target » équivalent (≈ 9h)
- Augmentation des prélèvements sanguins.
- Incidence thromboses cliniquement apparentes constante.



12%

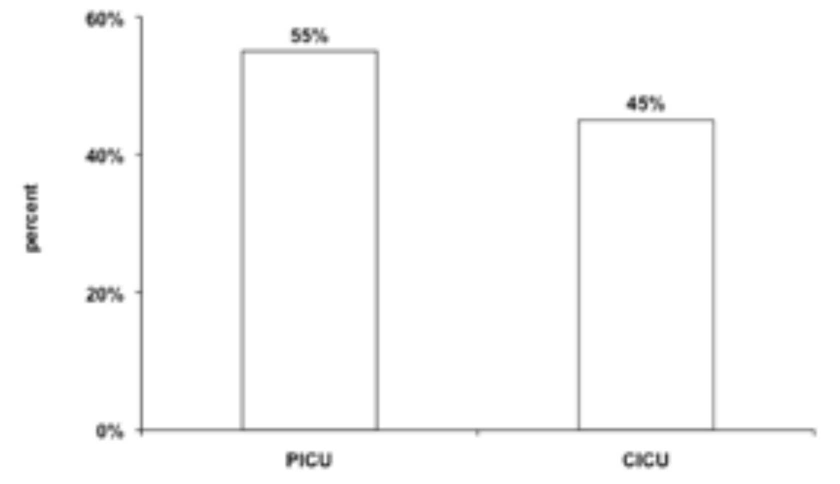
4%

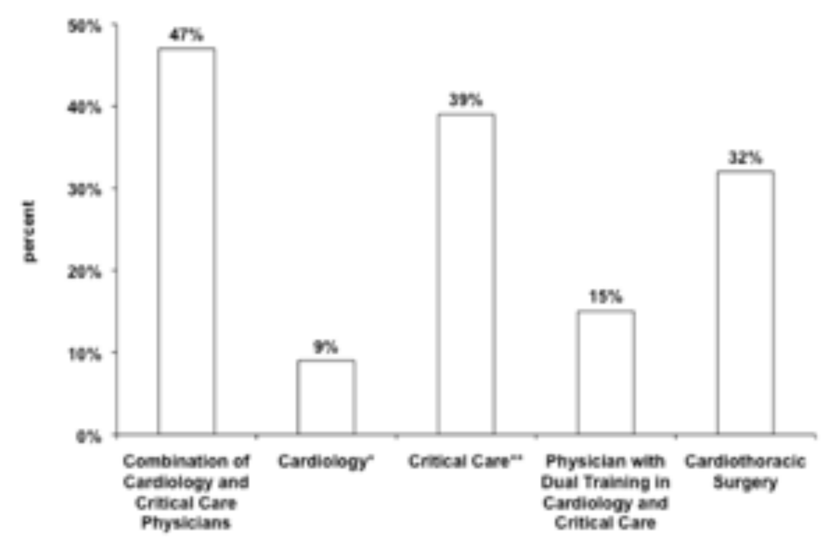
- Significativement moins d'accidents hémorragiques.

Variation in Models of Care Delivery for Children Undergoing Congenital Heart Surgery in the United States

Burnstein *World J Ped Cong Heart Sug* 2010

- Questionnaire. USA.
- ≈ 300 médecins / 94 centres médicaux.
- PCICU dédiées:
  - ≈ 45% des cas.
  - Hôpitaux d'Enfants.
  - Affiliation Universitaire.
- Equipes médicales pluridisciplinaires.
- Compétences transversales peu développées.





Care Models and Associated Outcomes in Congenital Heart Surgery

Danielle S. Burstein, Jeffrey P. Jacobs, Jennifer S. Li, Shubin Sheng, Sean M. O'Brien, Anthony F. Rossi, Paul A. Checchia, Gil Wernovsky, Karl F. Welke, Eric D. Peterson, Marshall L. Jacobs and Sara K. Pasquali

Pediatrics 2011;127;e1482; originally published online May 16, 2011;

- 47 centres / 85 aux USA
  - 25 PCICU ➔ 14037 patients.
  - 22 PICU ➔ 6885 patients

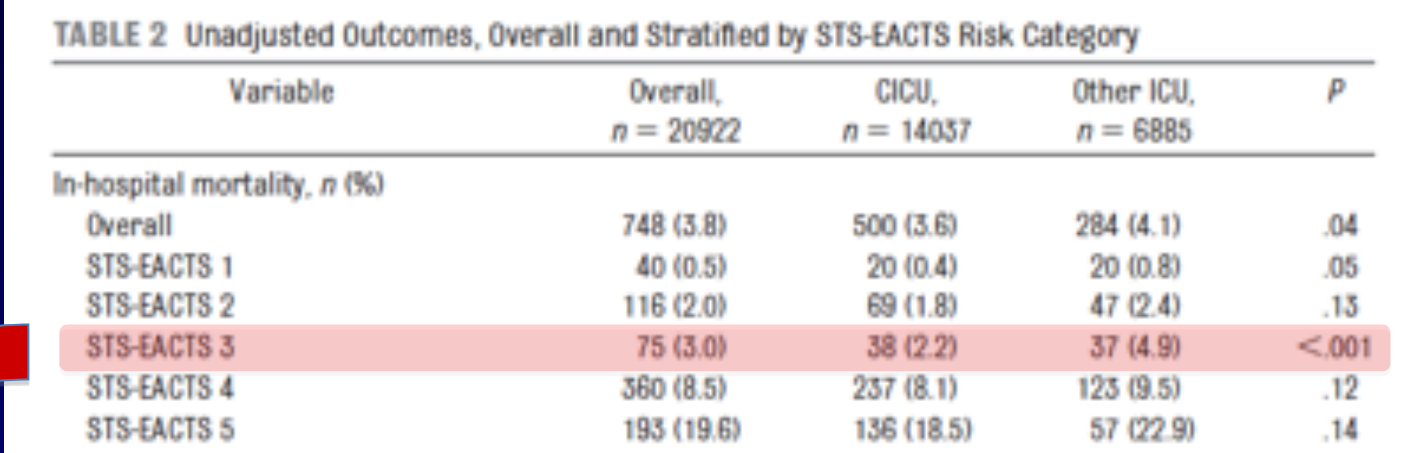
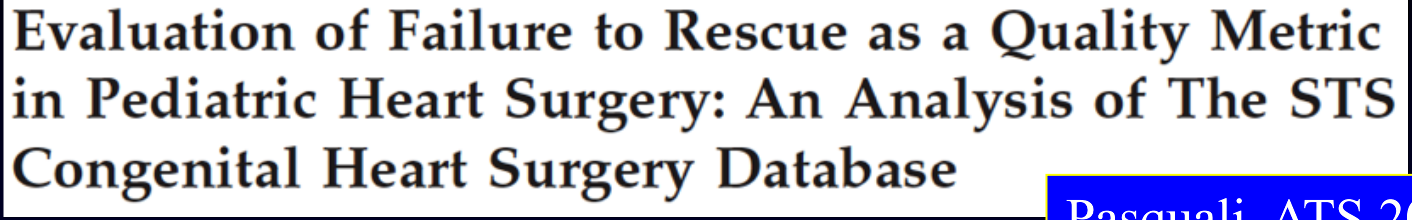


TABLE 2 Unadjusted Outcomes, Overall and Stratified by STS-EACTS Risk Category

Variable	Overall, n = 20922	CICU, n = 14037	Other ICU, n = 6885	P
In-hospital mortality, n (%)				
Overall	748 (3.8)	500 (3.6)	284 (4.1)	.04
STS-EACTS 1	40 (0.5)	20 (0.4)	20 (0.8)	.05
STS-EACTS 2	116 (2.0)	69 (1.8)	47 (2.4)	.13
STS-EACTS 3	75 (3.0)	38 (2.2)	37 (4.9)	<.001
STS-EACTS 4	360 (8.5)	237 (8.1)	123 (9.5)	.12
STS-EACTS 5	193 (19.6)	136 (18.5)	57 (22.9)	.14

Mortalité par cardiopathie et par type de réanimation

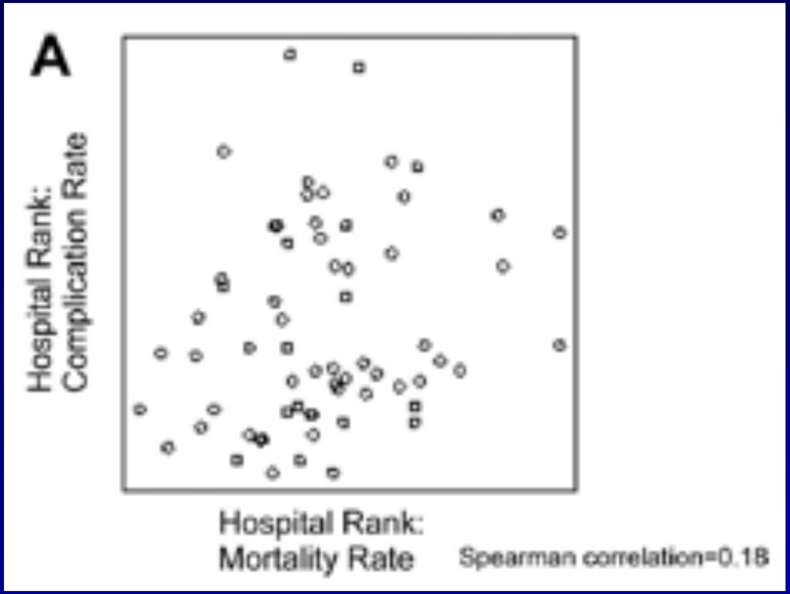
	PCICU	PICU	
TGV	0,3 %	5,6 %	P<0;001
CAVC	1,2 %	3,4 %	P=0;05

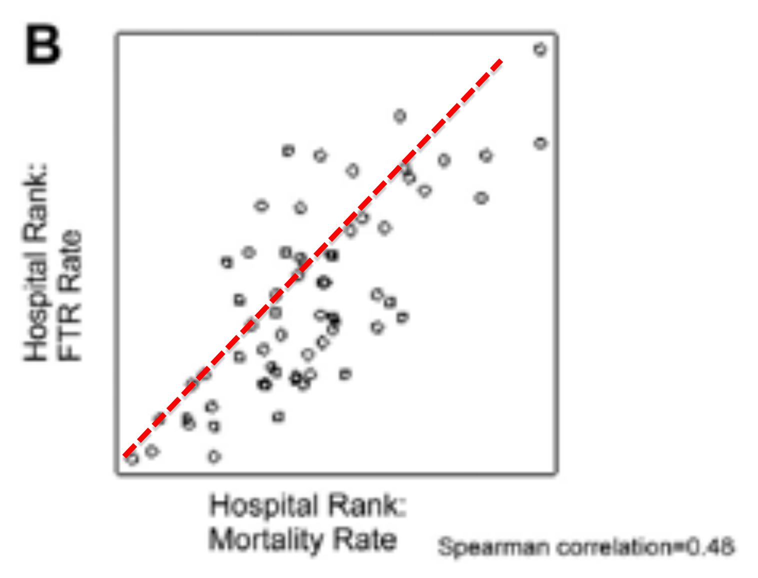


Evaluation of Failure to Rescue as a Quality Metric in Pediatric Heart Surgery: An Analysis of The STS Congenital Heart Surgery Database

Pasquali. ATS 2012

- Les variations de mortalité entre les différents centres de chirurgie cardiaque sont liées en partie à la différence de qualité dans la prise en charge des complications postopératoires.



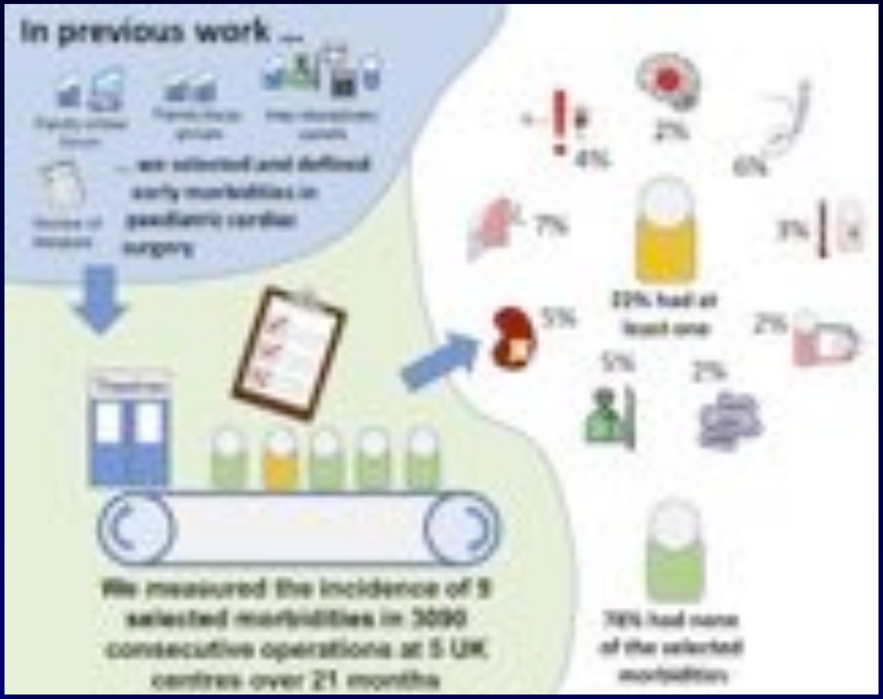


Incidence and risk factors for important early morbidities associated with pediatric cardiac surgery in a UK population

Brown KL and al. J Thorac Cardiovasc Surg. 2019

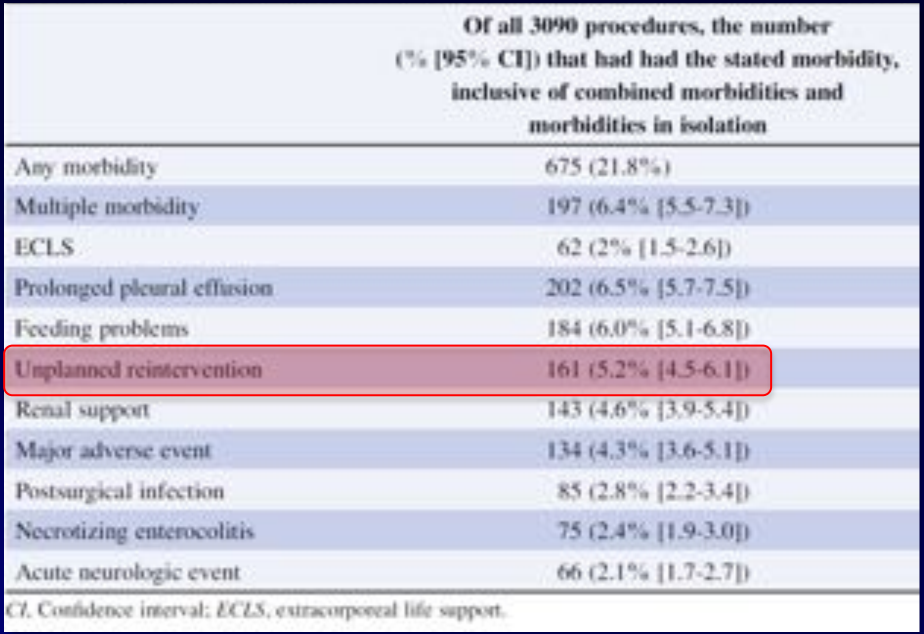
- 1,3% de mortalité à 30 jours
- 3,1% de mortalité à 6 mois.
- 22% de la cohorte présente au moins 1 morbidité.
- 6,4% de la cohorte présente des morbidités multiples.

- **Facteurs de risque:**
  - Nouveau-né
  - Complexité cardiopathie
  - Sévérité de la maladie (Choc – Ventilation pré-opératoire)
  - CEC > 90’ (ECMO – Morbidités multiples)


In previous work ...
... we selected and defined early morbidities in paediatric cardiac surgery
4%
2%
6%
7%
3%
5%
22% had at least one
2%
5%
2%
We measured the incidence of 9 selected morbidities in 3090 consecutive operations at 5 UK centres over 21 months
78% had none of the selected morbidities

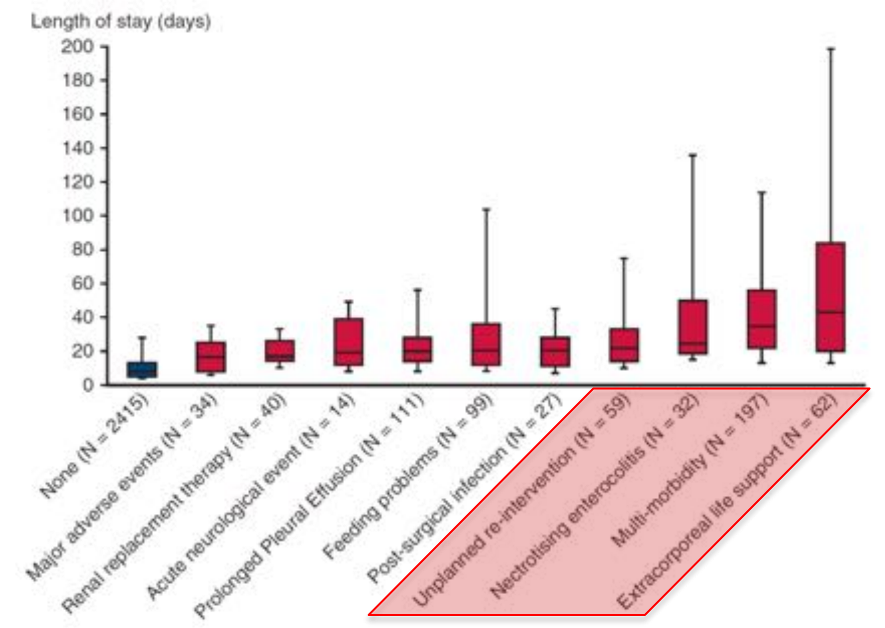
Incidence and risk factors for important early morbidities associated with pediatric cardiac surgery in a UK population

Brown KL and al. J Thorac Cardiovasc Surg. 2019

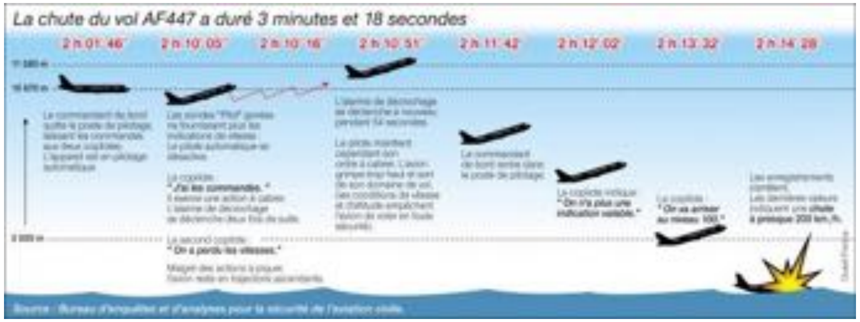


	Of all 3090 procedures, the number (% [95% CI]) that had had the stated morbidity, inclusive of combined morbidities and morbidities in isolation
Any morbidity	675 (21.8%)
Multiple morbidity	197 (6.4% [5.5-7.3])
ECLS	62 (2% [1.5-2.6])
Prolonged pleural effusion	202 (6.5% [5.7-7.5])
Feeding problems	184 (6.0% [5.1-6.8])
Unplanned reintervention	161 (5.2% [4.5-6.1])
Renal support	143 (4.6% [3.9-5.4])
Major adverse event	134 (4.3% [3.6-5.1])
Postsurgical infection	85 (2.8% [2.2-3.4])
Necrotizing enterocolitis	75 (2.4% [1.9-3.0])
Acute neurologic event	66 (2.1% [1.7-2.7])

CI, Confidence interval; *ECLS*, extracorporeal life support.



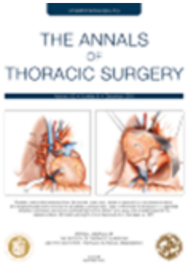
NASA Model of "Threat and Error" in Pediatric Cardiac Surgery: Patterns of Error Chains


La chute du vol AF447 a duré 3 minutes et 18 secondes
2 h 01' 46"
2 h 10' 05"
2 h 10' 16"
2 h 10' 51"
2 h 11' 42"
2 h 12' 02"
2 h 13' 32"
2 h 14' 28"
"J'ai les commandes."
"On a perdu les vitesses."

ENREGISTREUR

Edward Hickey, MD, FRCSC, Eric Pham-Hung, HBSc, Yaroslavna Nosikova, JD, MASc, Fredrik Halvorsen, MD, PhD, Michael Gritti, HBSc, Steven Schwartz, MD, FRCPC, Christopher A. Caldarone, MD, FRCSC, and Glen Van Arsdell, MD, FRCSC

Divisions of Cardiovascular Surgery, Cardiac Critical Care, and Department of Surgery, The Hospital for Sick Children, Toronto, Ontario, Canada


THE ANNALS OF THORACIC SURGERY

Les leçons 30 000 vols réels et simulés…

- Les erreurs sont inévitables et « ubiquitaires ».
- Ces erreurs sont fortement liées à des menaces ambiantes et à la charge de travail de l’équipage.
- Ces erreurs doivent être prises en charge activement pour en diminuer les conséquences.

La Menace...

Aviation	Chir. Cardiaque	Exemples
Terrain	Anatomie • Atypique pour le diagnostique. • Hétérotaxie. • Lésions composites. • Source d'instabilité hémodynamique.	• TGV + anomalie coronaire. • Dextrocardie. • VC>G sans TVI. • CoAo + ALCAPA. • Epanchement péricardique.
Méteo	Comorbidités • Petit poids/taille • Obésité • Défaillance d'organe • SIRS / Sepsis • Lésions non cardiaques • Autres	• CoAo de 1,8 kg. • Ado de 100 kg avec une Sténose Pulm. • Insuff. Rénale / Lactates > 3 mmol/l. • T° > 38°5 / CRP élevée. • 22q/11 ; T 21
Dysfonction appareil	Problème de matériel • Dysfonction. • Indisponibilité.	• Bair Hugger off. • Sonde ETO indisponible
Erreurs externes	Facteurs externes • Prise en charge hors protocole. • Erreur technique. • Pb. de compétence.	Erreurs commises par le personnel extérieurs à « l'équipage dans le cockpit »
Pression operationnelle	Stress opérationnel	• Equipe para / médicale réduite.

L'erreur…

Aviation	Chirurgie cardiaque	Exemples
Violation de procédure.	Pratique inhabituelle • Déviation, intentionnelle ou non du protocole.	• Erreur de checklist: ce n'est pas le bon patient dans la salle d'opération…
Procedural	Procedural • Faute d'inattention. • Oubli.	• Injection non prévue d'héparine. • Mauvais compte des compresses.
Communication	Communication	• Induction anesthésique d'un patient pour greffe b-ipulmonaire avant d'obtenir le feu vert du préleveur
Compétence	Compétence • Exécution sub-optimale (ou suspicion de…)	• Hémorragie lors de la ligature du canal artériel. • Induction anesthésique trop longue / Pb. d'abord vasculaire. • Mauvaise fixation de la sonde d'intubation. • Shunt résiduel. • Mauvais management d'un trouble acido-basique. • Sténose Aortique sur la bourse de canulation.
Erreur de décision	Erreur de décision / de jugement	• Erreur de diagnostic. • Echec de fermeture du thorax. • Cerclage AP trop lâche. • Echec d'extubation.

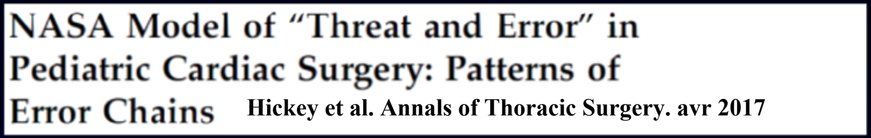
La situation non attendue

Aviation	Chir. Cardiaque	Exemples
Pilotage	Instabilité cardio-pulmonaire	• Niveau anormal de vasopresseurs. • Nouveau départ en CEC. • Réouverture du thorax en urgence. • Arrêt cardiaque • TSV • Hémorragie excessive.
Navigation	Lésions résiduelles	• Régurgitation / sténose. • Dysfonction ventriculaire.
Configuration	Défaillance viscérale non cardiaque	• Convulsions / AVC… • Pneumopathie, SDRAA… • Acute Kidney Injury… • ECUN, ulcère de stress… • Chylothorax. • Complication thrombo-embolique
	Décision / Stratégie	• Absence de progression. • Changement d'opération. • Changement de stratégie globale.
	Interventions	• ECMO non prévue. • KT postop non prévu. • Ré-intervention non prévue.

L'Outcome

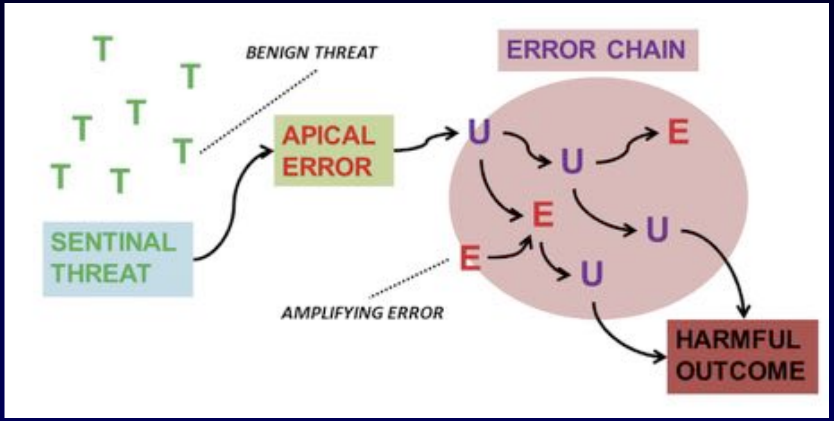
- Conséquence définitive / irréversible de tout ce qui précède.

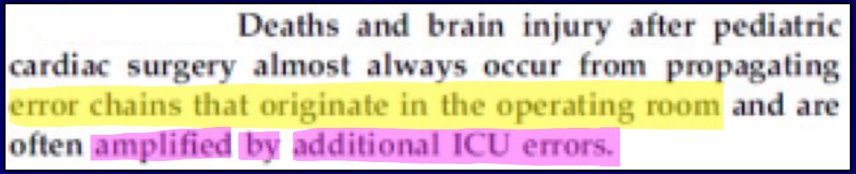
Aviation	Chir. Cardiaque	Exemples
Accident /crash	Défaillance d'organe définitive	• Hémiplégie ; épilepsie… • I. Rénale➔ dialyse définitive. • I. Respiratoire (O2; Trachéo; Ventilation…). • Dysfonction gastro-intestinal chronique. • Lésion définitive d'un membre. • Pb de cicatrisation.
	Lésions résiduelles persistante	• Régurgitation / sténose. • Dysfonction ventriculaire.
	Décès	



NASA Model of "Threat and Error" in Pediatric Cardiac Surgery: Patterns of Error Chains

Hickey et al. Annals of Thoracic Surgery. avr 2017


T
T
T
T
T
T
T
BENIGN THREAT
ERROR CHAIN
APICAL ERROR
U
U
E
E
U
E
U
SENTINAL THREAT
AMPLIFYING ERROR
HARMFUL OUTCOME



Deaths and brain injury after pediatric cardiac surgery almost always occur from propagating error chains that originate in the operating room and are often amplified by additional ICU errors.

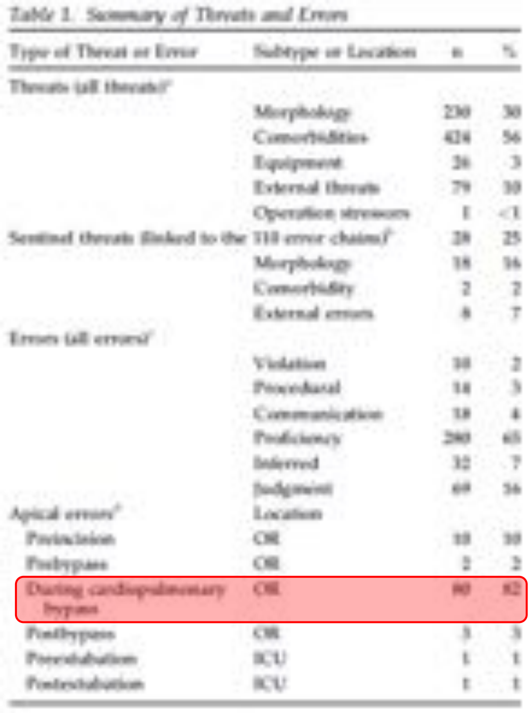


Table 1. Summary of Threats and Errors

Type of Threat or Error	Subtype or Location	n	%
Threats (all threats)ᵃ			
	Morphology	230	30
	Comorbidities	424	56
	Equipment	26	3
	External threats	79	10
	Operation stressors	1	<1
Sentinel threats (linked to the 110 error chains)ᵇ		28	25
	Morphology	18	16
	Comorbidity	2	2
	External errors	8	7
Errors (all errors)ᶜ			
	Violation	10	2
	Procedural	14	3
	Communication	18	4
	Proficiency	280	65
	Inferred	32	7
	Judgment	69	16
Apical errorsᵈ	Location		
Preincision	OR	10	10
Prebypass	OR	2	2
During cardiopulmonary bypass	OR	80	82
Postbypass	OR	3	3
Preextubation	ICU	1	1
Postextubation	ICU	1	1