Place de l'ECMO dans les Réanimations Pédiatriques

Pr. Sylvain Renolleau

CHU Necker Enfants Malades, Paris

Aucun Conflit d'intérêt

Historique

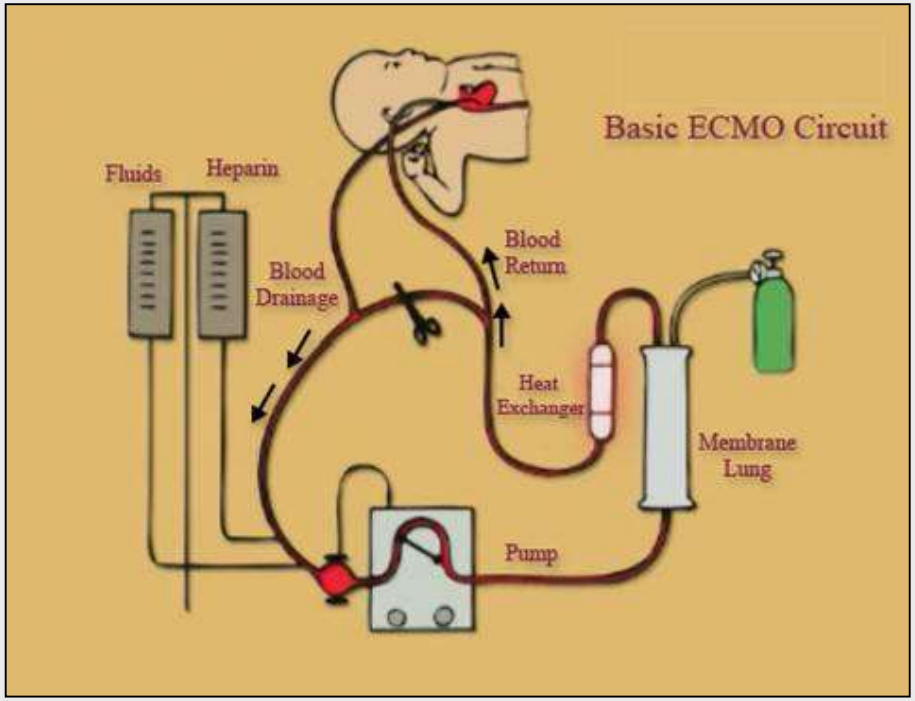
1972: première ECMO chez une femme de 24 ans

Hill D. et al. N Engl J Med 1972

1974: Esperanza

Bartlett RH. et al. Med Instrum 1976







Initialement uniquement centres de chirurgie cardiaque

↗ Des indications (Nouveau nés)

Apparition techniques veino-veineuses

⇨ Aussi en réanimations polyvalentes

Registre ELSO Juillet 2016

Group	Total	Survival
Neonatal Respiratory	29 153	74 %
Neonatal Cardiac	6 475	42 %
Neonatal ECPR	1 336	41 %
Pediatric Respiratory	7 552	58 %
Pediatric Cardiac	8 374	51 %
Pediatric ECPR	2 996	41 %
Adult Respiratory	10 601	58 %
Adult Cardiac	9 025	41 %
Adult ECPR	2 885	29 %
Total	78 397	58 %

78.9 %

39.9 %

47.1 %

47.1 %

24.1 %

71.3 %

Respiratoires : 60.3 %

ADARPEF 2017

Indications Respiratoires en Pédiatrie

Inclusion : Tendances inspirées de l'adulte (Berlin, PALISI)

paO2 / FiO2 < 50 - 80 après traitement optimisé (DV, …)

pCO_2 non contrôlée avec pH < 7.2

Exclusion

VMC > 10-15 jours avec fortes pressions et/ou FiO_2 > 80 % ?

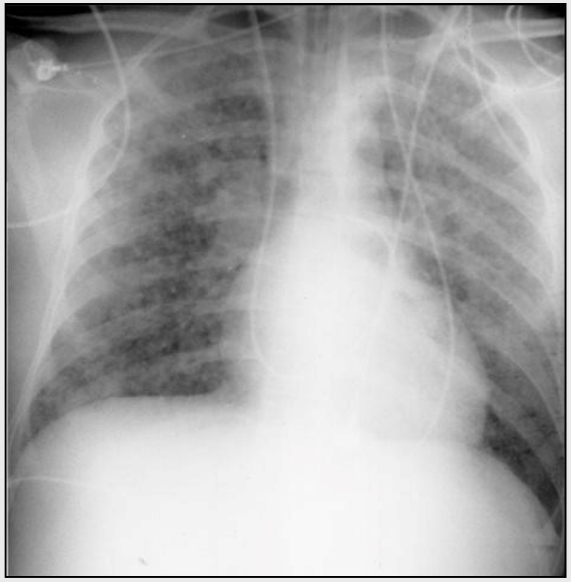
Comorbidités ?

Quels Enfants ?

Indications initialement respiratoires

- SDRA
- Pneumopathie infectieuse hypoxémiante
- Leucostase pulmonaire
- Near fatal asthma
- Syndrome Thoracique Aigu
- Pneumopathie de lyse
- Attente Transplantation Pulmonaire

SDRA







Pneumocystis



AAG

Indications purement circulatoires

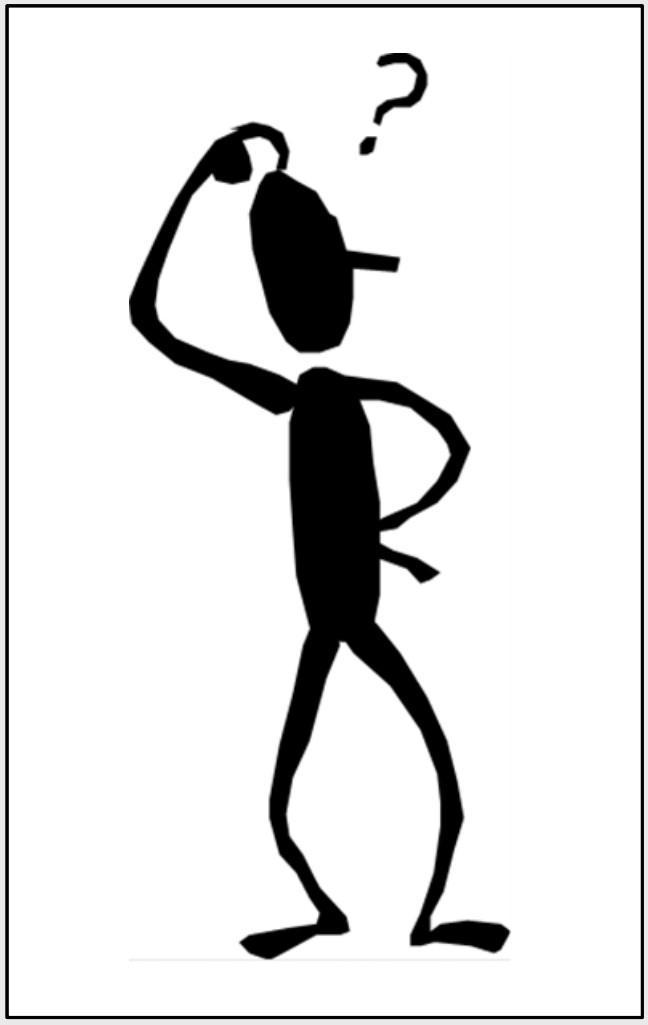
- Post-opératoire immédiat de chirurgie cardiaque
- Arrêt cardiaque récupéré mais en choc cardiogénique
- Myocardite, TDR réfractaire, métabolique (Dβ), toxique
- Cardiopathie congénitale (obstacle gauche)
- Cardiomyopathie obstructive ou dilatée
- Choc septique réfractaire
- Embolie Pulmonaire massive
- Attente transplantation cardiaque ou assistance longue durée

Critères ? Défaillance Cardio-circulatoire réfractaire

ECMO-VA

ECMO-VV

ECLS



AREC

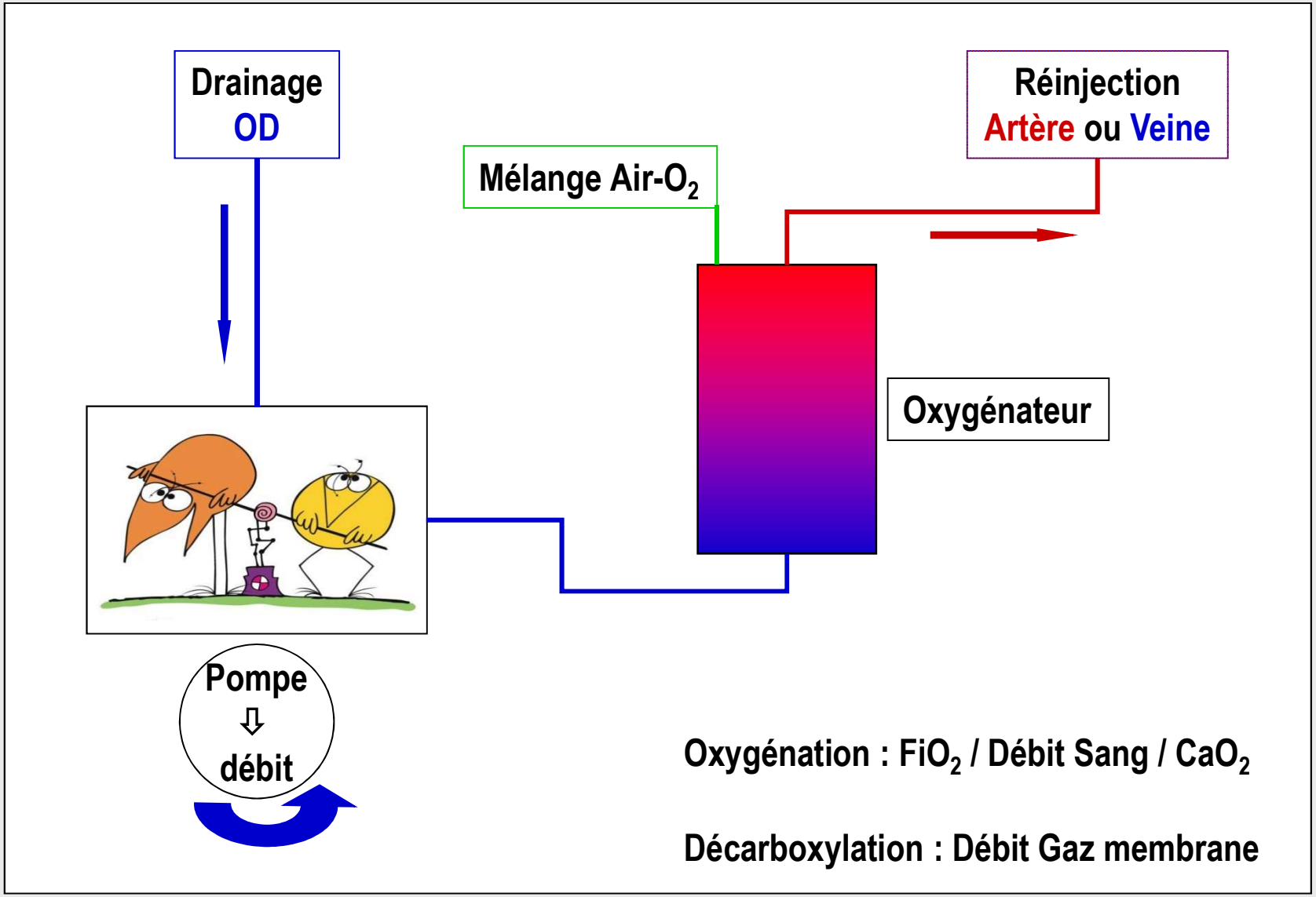
PECLA

ECCO2R

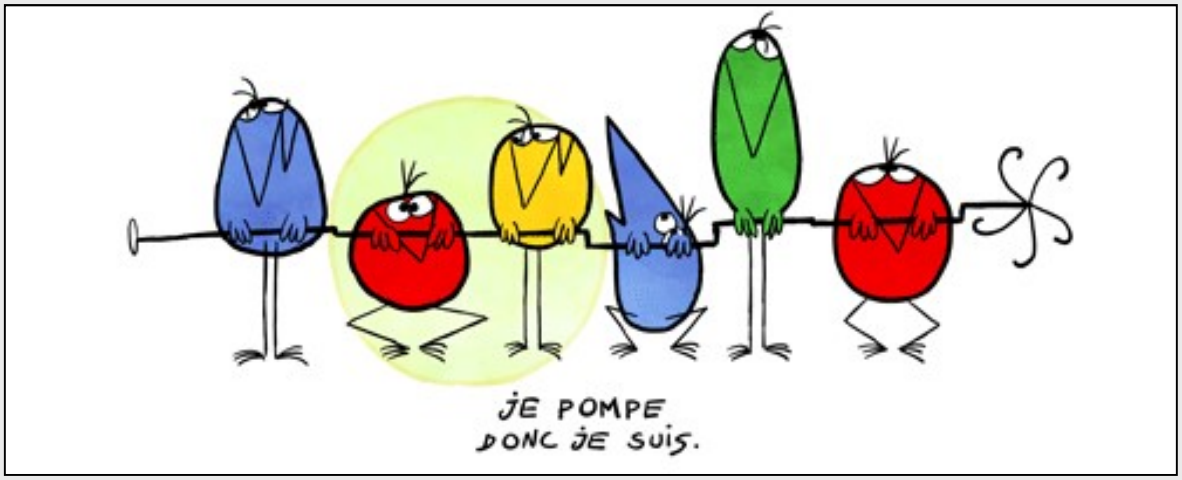
ECLA

⇨ CEC d'Assistance

CECA


Drainage
OD
Réinjection
Artère ou Veine
Mélange Air-O_2
Oxygénateur
Pompe
⇩
débit
Oxygénation : FiO_2 / Débit Sang / CaO_2
Décarboxylation : Débit Gaz membrane

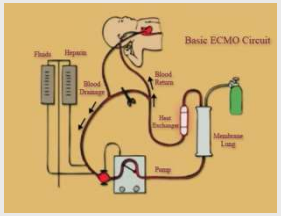
CECA pourquoi ?



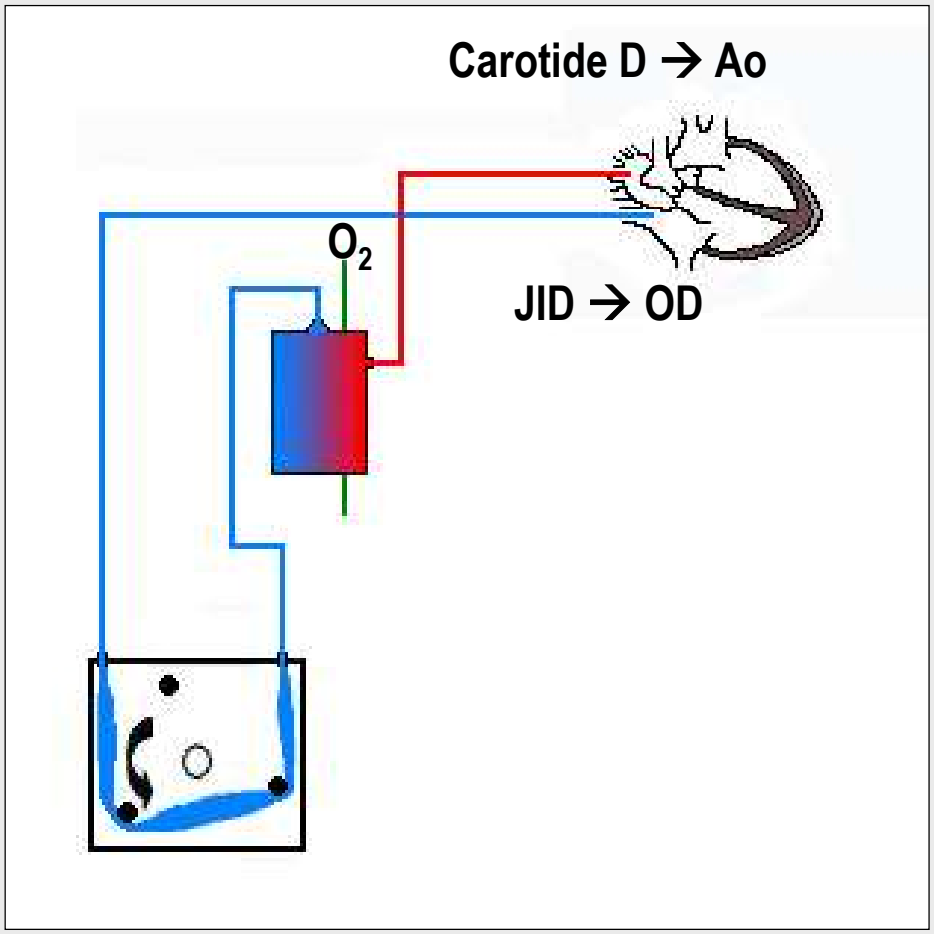
- Les fonctions respiratoire et circulatoire ?
- La fonction respiratoire : oxygénation et décarboxylation ?
- La fonction respiratoire : seulement la décarboxylation ?

ECMO VA

Kolobow T. 1963 / Bartlett RH. 1976







Assistance totale

- Oxygénation
- Décarboxylation
- Soutien hémodynamique

Canule A : ACI, Fémorale chez les plus grands

Canule V : VJI placée niveau OD ou Fémorale

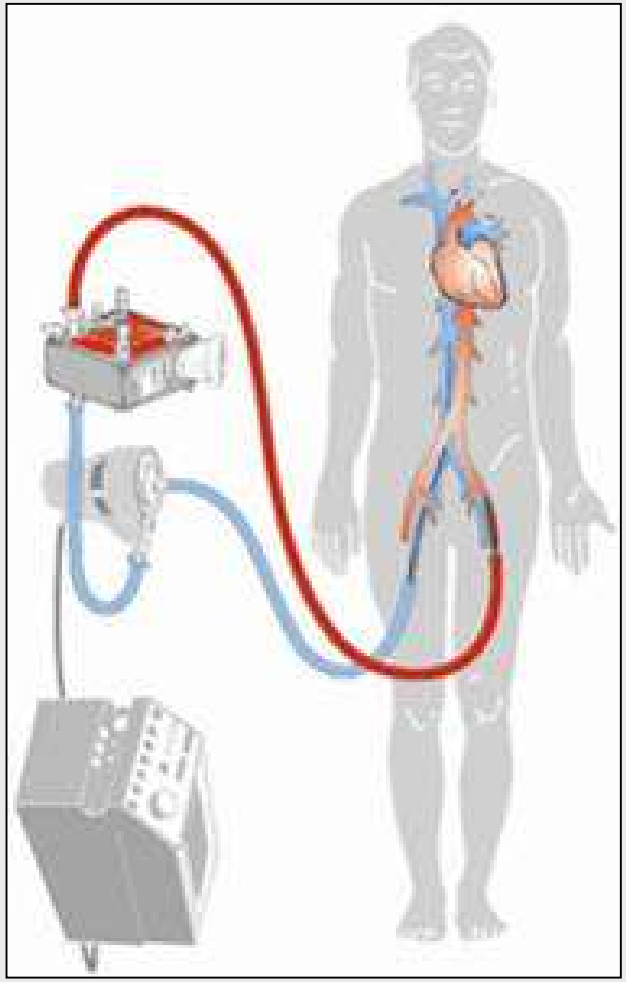


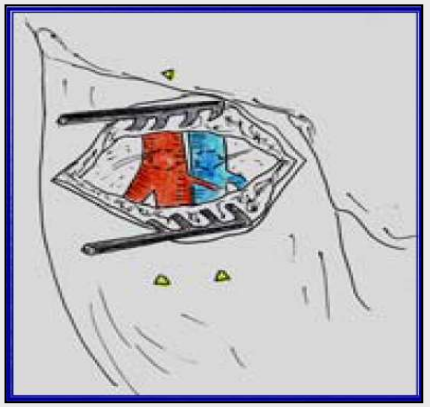
ECMO VA Jugulo-Carotidienne



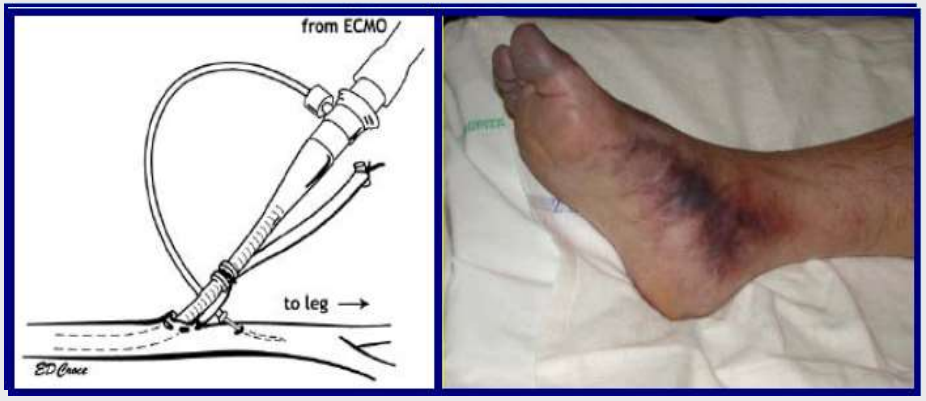
ECMO VA Fémoro-Fémorale

Enfants ≥ 20 kgs





Abord Chirurgical ou Percutané



Dérivation Flux Artériel Fémoral

Débit : 80 % débit cardiaque théorique

Adéquation délivrance O_2 et consommation O_2

Raisonnement sur SvO_2

$SvO_2 \geq 70$ %

SaO_2 # 100 %

Fonction ventriculaire

Courbe PA / SpO2 pulsée,

Ouverture de la valve aortique / ITV à ETT

Si le VG éjecte

- Attention à la ventilation
- Si perfusion coronaire par sang désaturé ⇨ ischémie myocardique
- Ne pas se fier à SpO2 (stt en J-C)

Si le VG n'éjecte pas

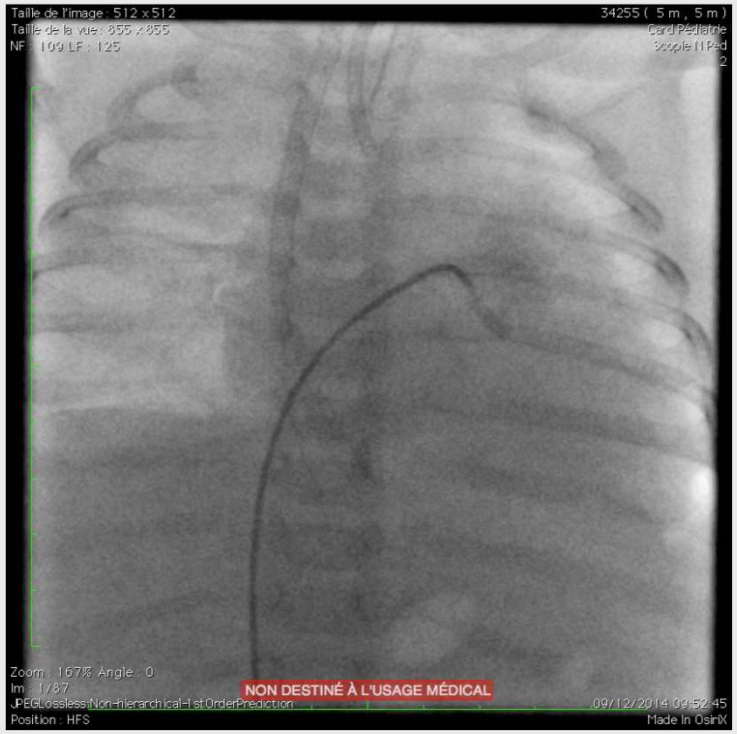
- Distension ventriculaire
- ↑ Pressions intra ventriculaires
- Distension OG
- ⇨ Ischémie myocardique
- ⇨ OAP
- ⇨ Compression Cœur Dt ± BSG

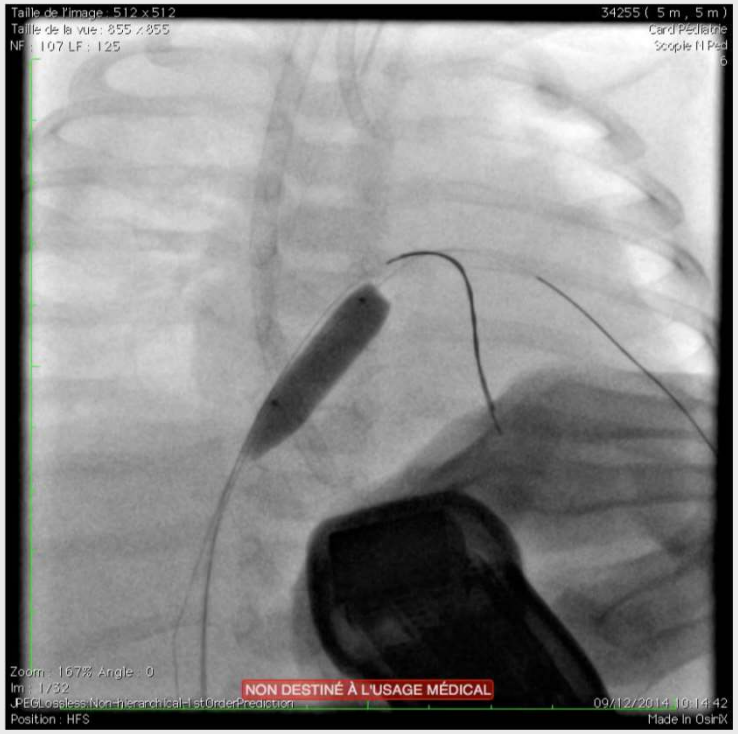
Décharge des cavités gauches

→ Préserver la fonction cardiaque / récupération

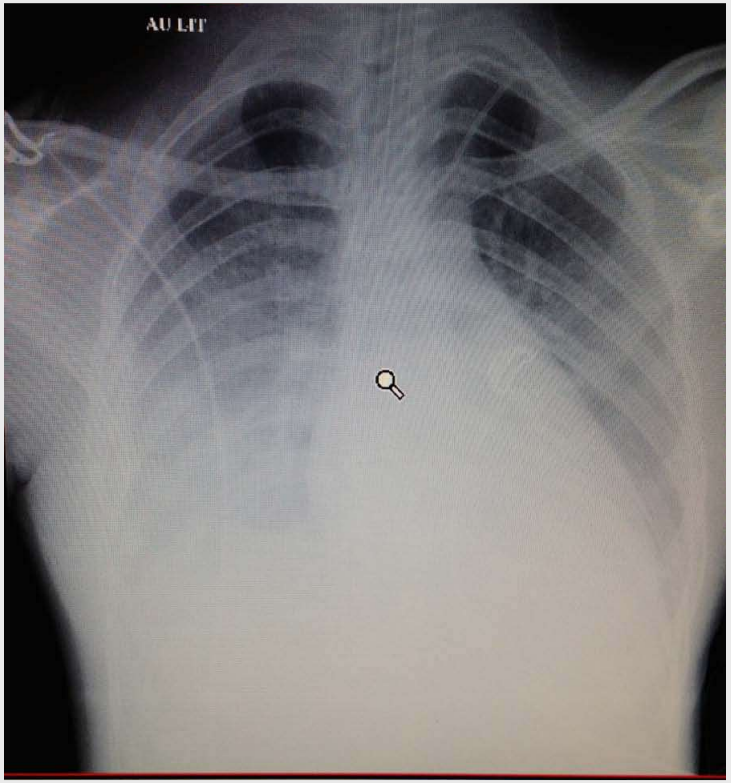
→ Préserver les poumons

Septostomie percutanée

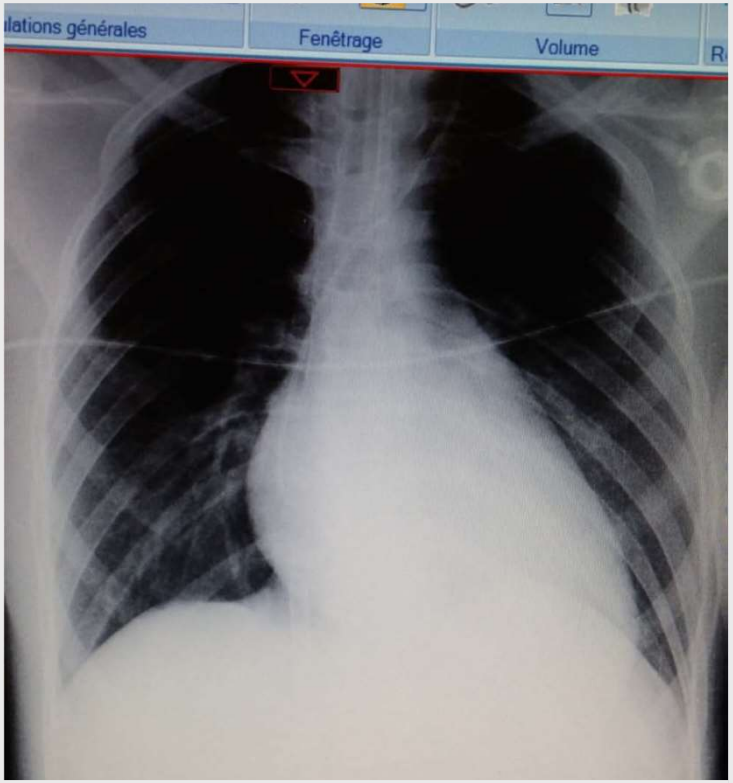




Décharge atriale gauche par sternotomie++



J2 ECMO femoro-femorale



H12 de l'atrioseptostomie

ECMO VA centrale

Ou quand rien ne va…





Sternotomie médiane

1 canule dans Ao ascendante

1 canule OD ± 1 canule OG

Sternum ouvert

Pas de pb de taille de canule

Bon débit de CEC

Possibilité de décharge gauche

Mais

Risque hémorragique +++

Risque septique

Délabrement pariétal

Mais pour les défaillances respiratoires…

Pourquoi pas ECMO-VV ?

- **Avantages**
  - Artère épargnée
  - Débit pulsatile maintenu
  - Filtre pulmonaire en cas d'embolie
  - Perfusion pulmonaire avec du sang oxygéné (↘ HTAP)
  - Perfusion myocardique
  - Héparinisation moindre
- **Inconvénients**
  - Pas de support HD
  - Qqs problèmes…

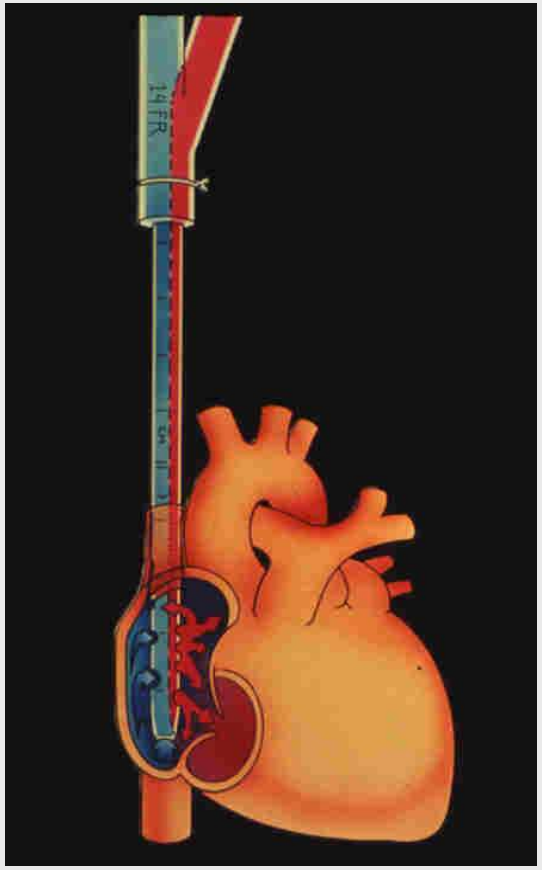
Différentes techniques ECMO-VV

- Soit dissocier Oxygénation et décarboxylation
- Soit oxygéner via un circuit veino-veineux

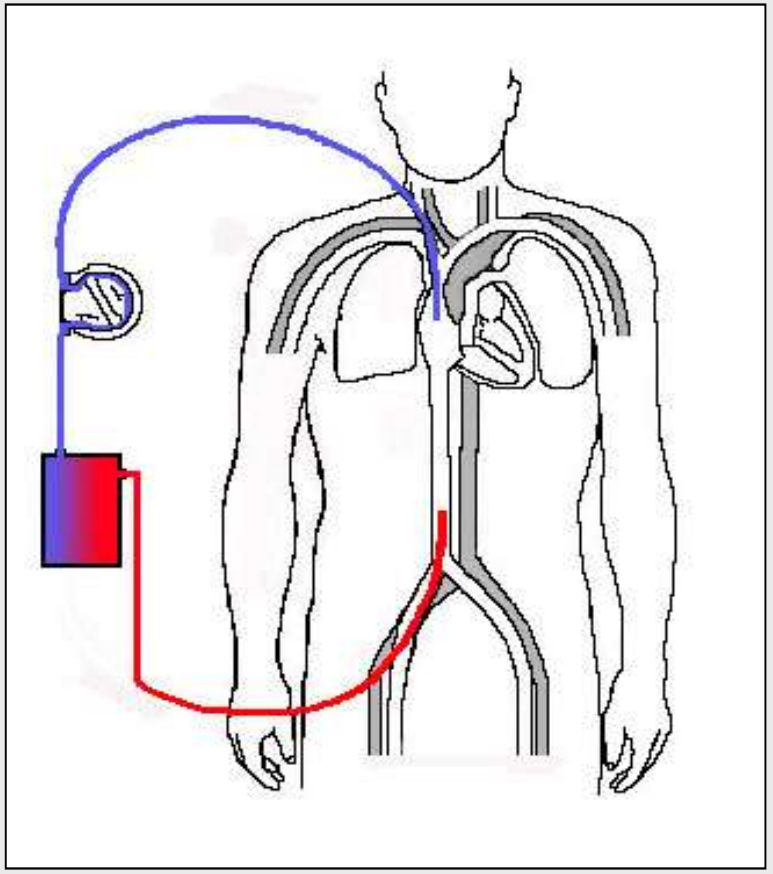
Dépend

- De l'état des poumons natifs
- De l'âge et possibilités techniques

VV ECMO : Assistance respiratoire totale



VV-ECMO
Canule double lumière



VV ECMO - 2 canules

Oxygénation et Décarboxylation

But

Suffisamment oxygéner sang veineux mêlé pour oxygénation suffisante du sang artériel après passage filtre pulmonaire

Nécessité de Débits sanguins très élevés

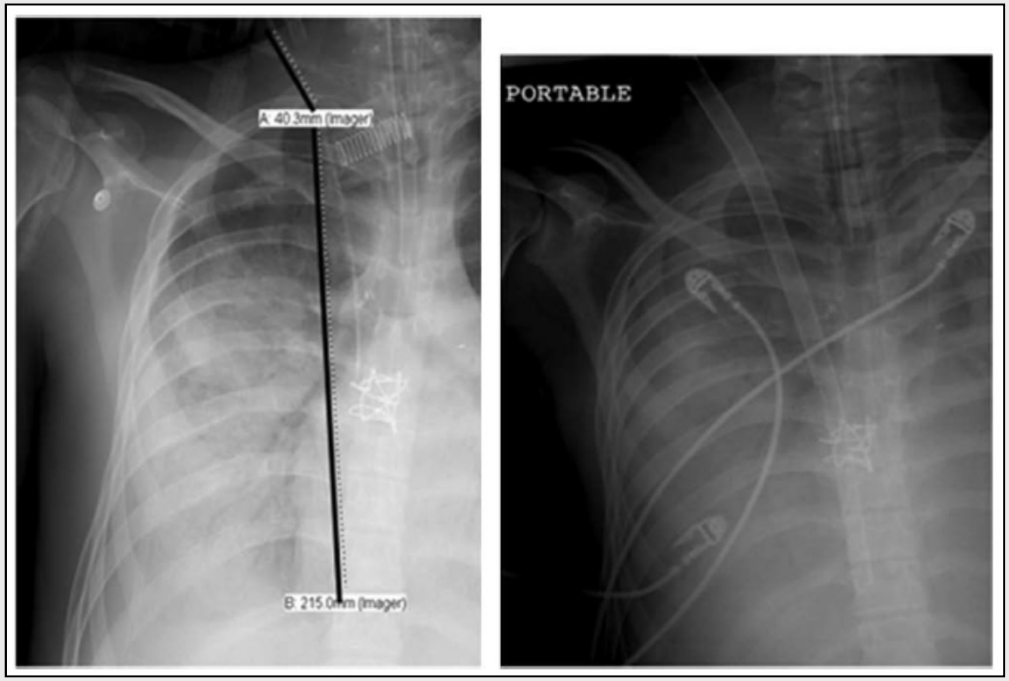
⇨Débits + 20 % des débits en VA

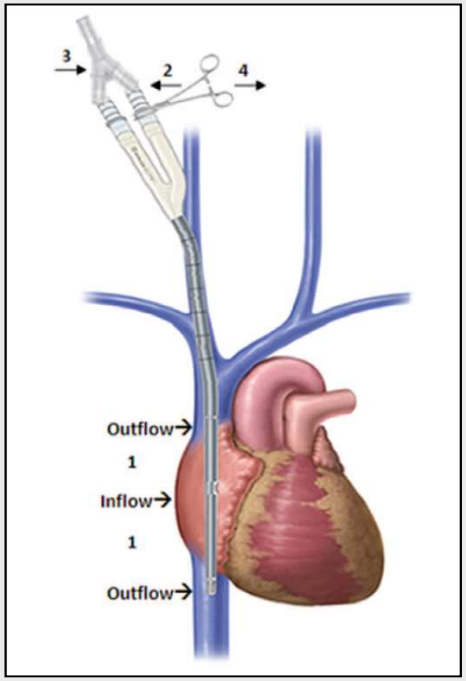
- **Nné-nourrissons : 120 ml / Kg/ min**
- **Enfants : 90 ml / Kg/ min**
- **Adultes : 60 ml / Kg/ min**

Nécessité parfois d'une 2ème voie de drainage pour ↗ débit

Initial Experience With Single-Vessel Cannulation for Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation in Pediatric Respiratory Failure*

Fallon SC et al. Pediatr CCM 2013





Diminution de la recirculation

- 11 enfants
- 45 % survie
- 55 % complications hémorragiques
- 45 % complications circuit

- Taille canule
- Positionnement
- Coût

Interprétations SvO_2 – SpO_2

Recirculation et absence fonction pulmonaire

⇨ SvO_2 > SpO_2

Patient cyanosé avec SpO_2 à 80 %

Oxygénation systémique suffisante tant que

- **SpO_2 > 80 %**
- **Lactate normal**
- **Débit cardiaque normal**

Attention à ↗ trop importante de la SvO_2 (recirculation > 95 %)

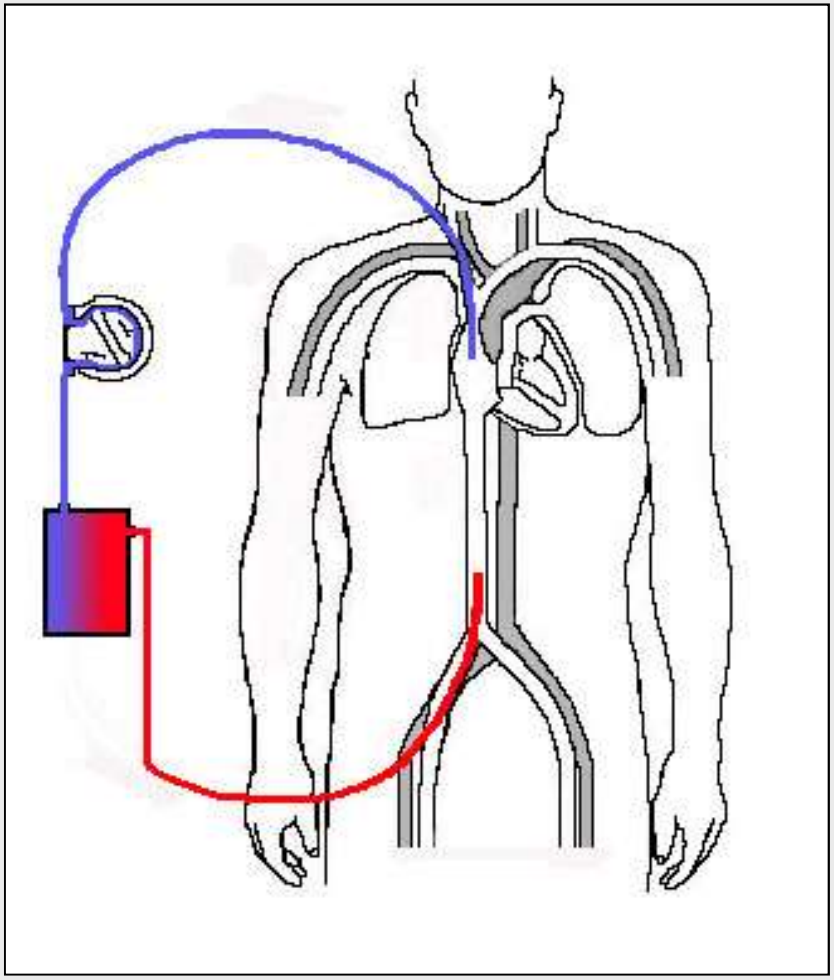
Amélioration pulmonaire ⇨ élévation progressive de la SpO_2

Dissocier Oxygénation et décarboxylation

- **Assistance respiratoire partielle**
  - Décarboxylation ⇨ circuit de CEC
  - Oxygénation ⇨ poumons naturels
- **Deux techniques**
  - ECCO2R-LFPPV
  - AREC

ECCO2R-LFPPV

Gattinoni L. 1979



- Faible débit (25 % Qc)
- Canules JI-F ou F-F
- Drainage dans OD
- Taille membrane
- Oxygénation par poumons
- Stratégie de protection pulmonaire
- Oxygénation apnéïque

Protection Pulmonaire

Continuer à ventiler le patient +++

Réglages Ventilateur

ARDS NetWork

- PEP optimale (mais trop : ↗ Pintra-thoracique ⇨ ↘ RV)
- VT : 5 ml/Kg (< 10 ml/Kg)
- P Plateau ≤ 30 cm H2O

+ ventilation quasi apnéique : FR 6 – 10 cycles / min

⇨ Acidose hypercapnique (d'où la CEC…)

Lower tidal volume strategy (≈ 3 ml/kg) combined with extracorporeal CO_2 removal versus 'conventional' protective ventilation (6 ml/kg) in severe ARDS

The prospective randomized Xtravent-study

Bein T et al. ICM 2013

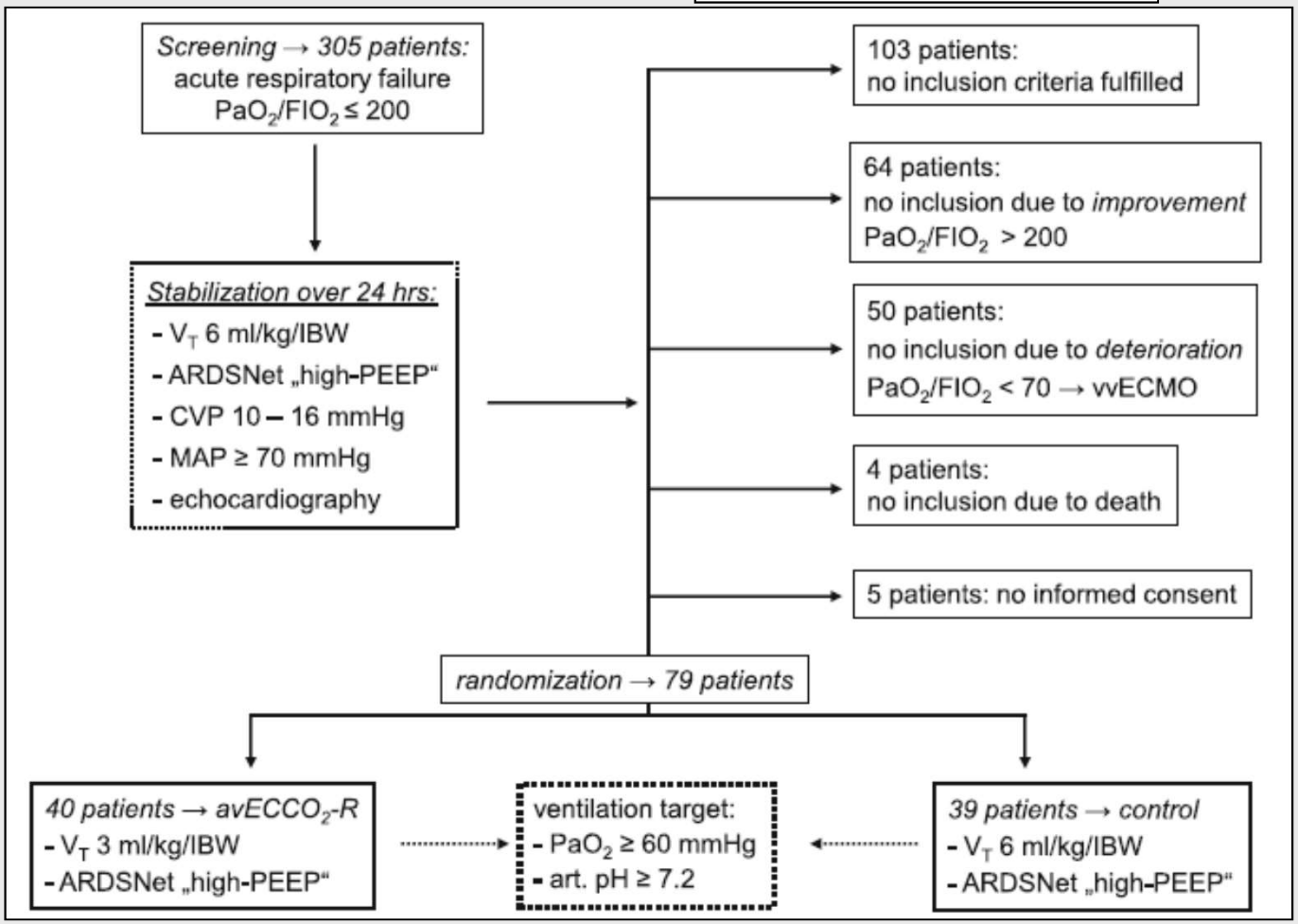


Table 2 Ventilation parameters and gas exchange after 24-h stabilization period at randomization

	avECCO$_2$-R ($n = 40$)	Control ($n = 39$)	p
PaO$_2$/FIO$_2$	152 ± 37	168 ± 37	0.044
PaCO$_2$ (mmHg)	57.3 ± 12	54.3 ± 9	0.352
Arterial pH	7.34 ± 0.07	7.36 ± 0.07	0.317
V_T (ml/kg, PBW)	5.9 ± 1.2	6.0 ± 0.6	0.495
Minute ventilation (l/min)	9.9 ± 1.6	9.8 ± 2.4	0.745
Frequency/min	22.4 ± 3	22.7 ± 3.5	0.854
PEEP (cmH$_2$O)	16.1 ± 3	16.0 ± 3	0.898
Plateau pressure (cmH$_2$O)	29.0 ± 5	28.0 ± 7	0.384
Delta (PEEP-Plateau) (cmH$_2$O)	12.9 ± 4	12.4 ± 4	0.475
FIO$_2$	0.62 ± 0.2	0.53 ± 0.1	0.028

The data are presented as mean ± standard deviation

Table 3 Outcome parameters of the study

	All patients			Subgroup: PaO$_2$/FIO$_2$ <150		
	avECCO$_2$-R	Control	p	avECCO$_2$-R	Control	p
Ventilator-free-days-28	10.0 ± 8	9.3 ± 9	0.779	11.3 ± 7.5	5.0 ± 6.3	0.033
Ventilator-free-days-60	33.2 ± 20	29.2 ± 21	0.469	40.9 ± 12.8	28.2 ± 16.4	0.033
Non-pulmonary organ failure free days-60	21.0 ± 14	23.9 ± 15	0.447	24.1 ± 7.5	29.0 ± 17.7	0.428
Lung injury score on day 10	2.2 ± 0.6	2.1 ± 0.5	0.854	2.3 ± 0.8	2.2 ± 0.5	0.601
Length of stay in hospital (days)	46.7 ± 33	35.1 ± 17	0.113	42.0 ± 16.6	40.3 ± 15.7	0.815
Length of stay in ICU (days)	31.3 ± 23	22.9 ± 11	0.144	25.9 ± 13.1	31.0 ± 12.7	0.258
In-hospital mortality	7/40 (17.5 %)	6/39 (15.4 %)	1.000	1/21 (4.8 %)	1/10 (10 %)	0.563

Indications Respiratoires

Technique VV en première intention

Moins invasive / suivi de l'évolution pulmonaire

Réinjection sang hyper oxygéné dans l'AP

Participe à levée de HTAP réactionnelle

Mais ECMO-VA parfois nécessaire

Défaillance droite ⇦ HTAP

Défaillance gauche ⇦ sepsis associé

Causes Respiratoires

	Total Cases	Number Surviving	% Surviving
Diagnosis			
Bacterial pneumonia	591	340	58
Viral pneumonia	1,069	679	64
Aspiration pneumonia	213	143	67
ARDS	560	303	54
ARF, non-ARDS	932	490	53
Other	2,160	1,130	52

Paden et al ASAIO J 2013

2011 : 58 % survie

Aucune étude randomisée

Nombre comorbidités : 19 % en 1993 et 47 % en 2007

Causes Cardio-circulatoires

	Total Runs	Number Surviving	% Surviving
0–30 days			
Congenital defect	4,361	1,666	38
Cardiogenic shock	72	29	40
Cardiomyopathy	116	71	61
Myocarditis	57	28	49
Other	440	190	43
31 days and <1 year			
Congenital defect	2,526	1,135	45
Cardiogenic shock	45	16	36
Cardiomyopathy	210	90	57
Myocarditis	209	55	74
Other	165	206	47
1 year and <16 years			
Congenital defect	1,251	578	46
Cardiogenic shock	96	50	52
Cardiomyopathy	444	269	61
Myocarditis	220	148	67
Other	659	346	53

Survie

- **1990-2000 : 38 %**
- **2001-2011 : 45 %**
- **2011 : 46 %**

Myocardite aigue

Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation Support for Refractory Cardiovascular Dysfunction During Severe Bacterial Septic Shock*

Nicolas Bréchot, MD, PhD[1]; Charles-Edouard Luyt, MD, PhD[1]; Matthieu Schmidt, MD[1]; Pascal Leprince, MD, PhD[2]; Jean-Louis Trouillet, MD[1]; Philippe Léger, MD[2]; Alain Pavie, MD[2]; Jean Chastre, MD[1]; Alain Combes, MD, PhD[1]

CCM 2013

14 adultes ⇨ 70 % survie

Central extracorporeal membrane oxygenation for refractory pediatric septic shock

Graeme MacLaren, MBBS, FCICM, FRACP; Warwick Butt, MBBS, FRACP, FCICM; Derek Best, RN, RSCN, BN; Susan Donath, BSc, MA

Ped CCM 2011

23 enfants ⇨ 74 % survie

Extracorporeal membrane oxygenation for pediatric respiratory failure: Survival and predictors of mortality. ***Ped Crit Care 2011***

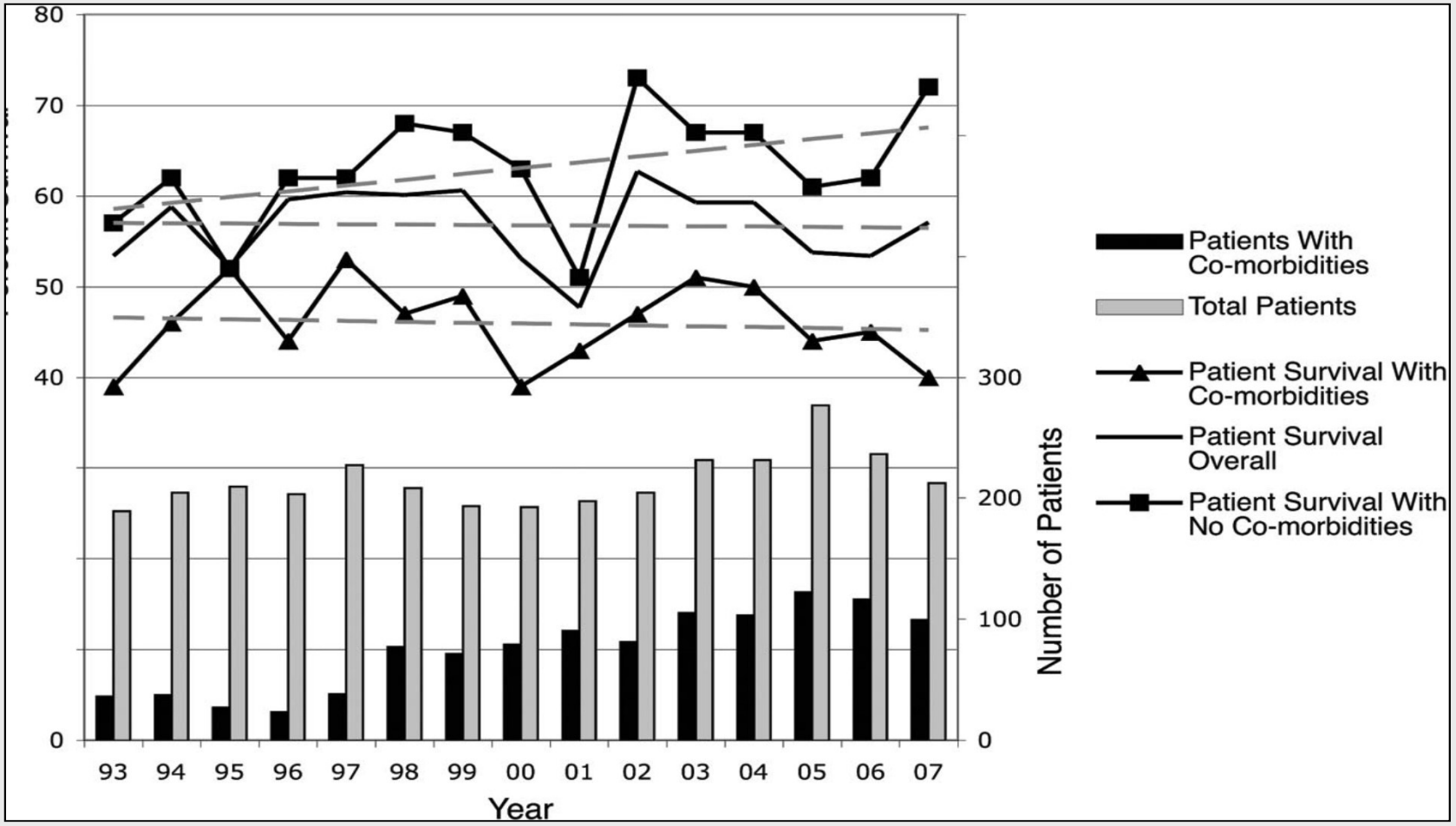
- **Cohorte de 3213 enfants (1 mois à 18 ans)**
- **115 centres de l'ELSO**
- **Analyse rétrospective de 1993-2007**
  - **Mortalité globale**
  - **Co morbidités**
  - **Et essayer de trouver Le ou Les facteurs prédictifs**

Taux de survie globale identique 57%.

Mais

*** Moins de survie si co-morbidités**

*** De + en + de comorbidités**



Survie ↓ avec âge

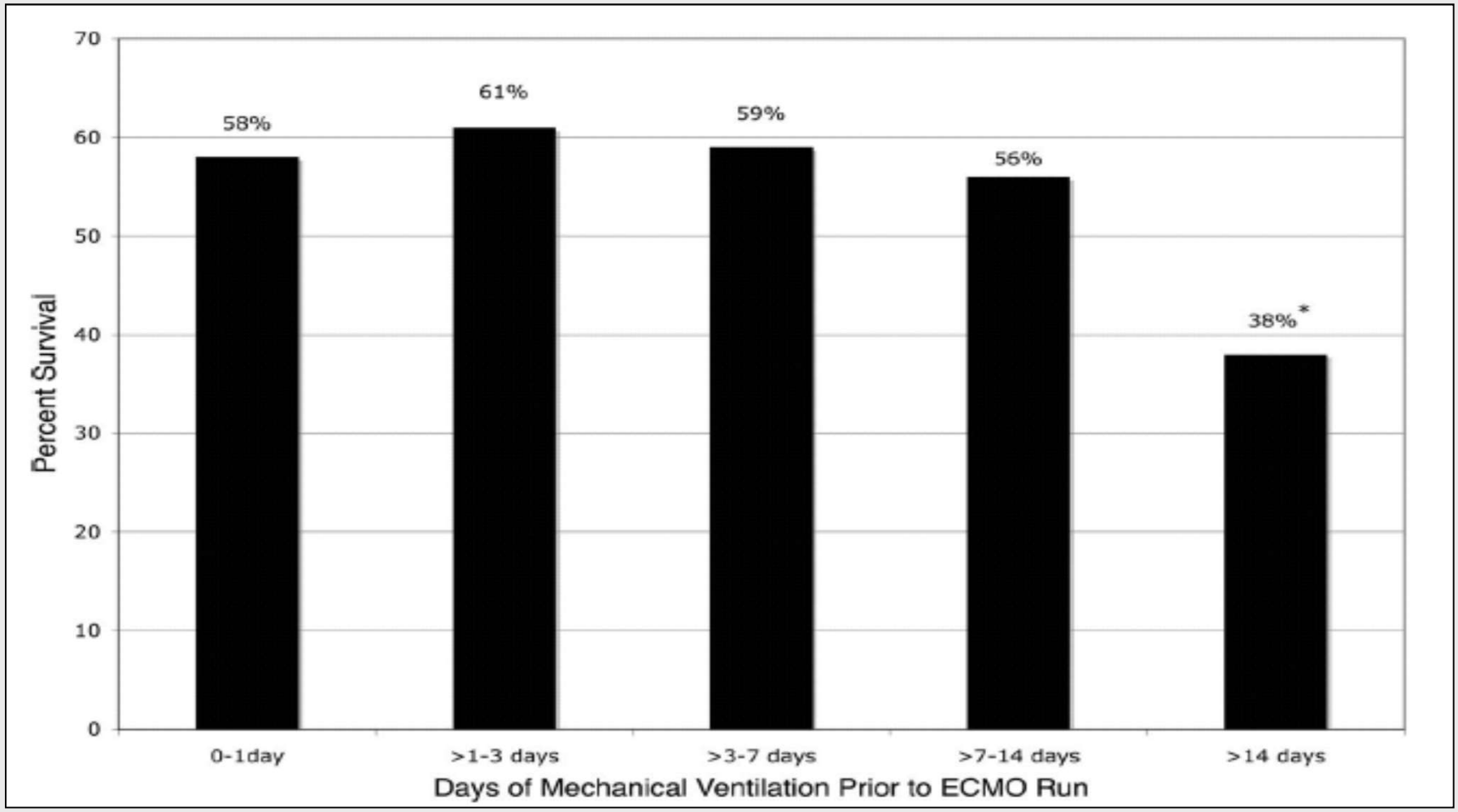
Table 1. Demographic features of children treated with extracorporeal membrane oxygenation for acute respiratory failure by hospital survival

Variable	Survivors (n = 1824)	Nonsurvivors (n = 1389)	Survival	*p*
Gender [n (%)]				.784
Male	890 (49)	695 (50)	56%	
Female	896 (49)	666 (48)	57%	
Missing	38 (2)	28 (2)	58%	
Weight, kg (median, interquartile range)	9 (4–17)	9.9 (4.3–23)		.003
Age group [n (%)]				.001
30 days–1 yr	880 (48)	661 (48)	57%	
1–5 yrs	513 (28)	329 (24)	61%	
5–10 yrs	165 (9)	133 (10)	55%	
10–18 yrs	266 (15)	266 (19)	50%	

Table 2. Primary diagnosis and comorbidities of patients treated with extracorporeal membrane oxygenation for acute respiratory failure

Primary Diagnosis/Comorbidity	n (%)	Survival
All Patients	3213	57%
Primary Diagnosis		
Acute respiratory failure, non-ARDS	607 (19)	49%
Respiratory syncytial virus pneumonia	496 (15)	70%
Bacterial pneumonia	476 (15)	57%
Other viral pneumonia	378 (12)	56%
Other	285 (9)	51%
ARDS, sepsis	235 (7)	40%
Aspiration pneumonia	225 (7)	71%
ARDS, trauma/postoperative	159 (5)	59%
Pertussis	85 (3)	39%
Status asthmaticus	71 (2)	83%
Pulmonary hemorrhage	51 (2)	69%
Influenza	47 (2)	57%
Submersion injury	43 (1)	65%
Pneumocystis pneumonia	25 (1)	48%
ARDS, other causes	17 (.5)	47%
Fungal pneumonia	13 (.4)	23%
Comorbidity		
Renal failure	329 (10)	33%
Chronic lung disease	296 (9)	59%
Congenital heart disease (CHD): two ventricle	195 (6)	52%
Cardiac arrest	88 (3)	38%
Cancer	84 (3)	30%
CHD: single ventricle	75 (2)	60%
Solid organ transplant	70 (2)	39%
Cardiomyopathy/myocarditis	61 (2)	43%
Primary immunodeficiency	59 (2)	34%
Liver failure	51 (2)	16%
Hematopoietic stem cell transplantation	22 (1)	5%
Any comorbidity	1104 (34)	46%
No comorbidity	2109 (66)	63%

VM > 2 semaines ⇨ survie ↓



Extracorporeal life support for support of children with malignancy and respiratory or cardiac failure: The extracorporeal life support experience*

Gow KW et al.

Results: From 1994 to 2007, 107 children met inclusion criteria: 73 with hematologic malignancies and 34 with solid tumors. The median age was 3.71 years. Patients had a total of 112 ECLS runs

42 % survie à sortie de réa

35 % survie à sortie hôpital

Conclusion: Children with cancer and respiratory failure can be offered ECLS with a reasonable expectation for survival. The opinions of the ELSO center suggest that decisions to offer ECLS to a child with malignancy should be made on a case by case basis, with prognosis of the malignancy being an important factor. (Crit Care Med 2009; 37:1308–1316)

Post ACR ?

Feature Article—Pediatric Critical Care

Pediatric in-intensive-care-unit cardiac arrest: Incidence, survival, and predictive factors*

Nienke de Mos, MD; Raphaele R. L. van Litsenburg, MD; Brian McCrindle, MD, MPH, FRCP(C); Desmond J. Bohn, MB BCh; Christopher S. Parshuram, MBChB, DPhil, FRACP

	Overall n (Column %)	Hospital Survivors n (Column %)[a]	Hospital Nonsurvivors n (Column %)[a]	p
Total	91	23 (100)	68 (100)	
Age				.95
<1 month	18 (20)	5 (22)	13 (19)	
1–12 months	26 (29)	6 (26)	20 (29)	
1–5 yrs	21 (23)	6 (26)	15 (22)	
5–12 yrs	14 (15)	3 (13)	11 (16)	
>12 yrs	12 (13)	3 (13)	9 (13)	
Admission				.22
Emergency	75 (82)	17 (77)	58 (85)	
Elective	16 (18)	6 (23)	10 (15)	
Primary diagnosis[b]				.008
Cardiovascular disease	67 (74)	18 (78)	49 (72)	
Respiratory	10 (11)	5 (22)	5 (7)	
Other[c]	14 (15)	0 (0)	14 (21)	
No. of previous arrests				.84
0	78 (86)	20 (87)	58 (85)	
1	12 (13)	3 (13)	9 (13)	
2	1 (1)	0 (0)	1 (1)	
Postoperative				
Cardiac	34 (37)	10 (83)	24 (71)	.48
Other surgical	12 (13)	2 (17)	10 (29)	.46
Initial rhythm				
Asystole	12 (13)	2 (67)	10 (42)	.72
Ventricular fibrillation	4 (4)	1 (33)	3 (13)	1.0
Bradycardia	14 (15)	3 (30)	11 (46)	.72
Lactate, >5 mmol/L[b,d]	39 (46)	7 (70)	32 (100)	.16
Epinephrine infusion[b]	23 (25)	2 (9)	21 (31)	.03
Dopamine infusion[b]	28 (31)	4 (17)	24 (35)	.13
Defibrillation	18 (20)	5 (22)	13 (19)	.77
Subsequent treated CA[e]				.94
0	35 (38)	9 (50)	26 (50)	
1	22 (24)	4 (22)	18 (35)	
2	7 (8)	2 (11)	5 (10)	
3	6 (7)	3 (17)	3 (6)	

91 ACR et 25 ECMO

25 % de survie à la sortie

ECMO < H24 ↓ mortalité

Score neurologique normal à la sortie = 0 %

PEDIATRICS
OFFICIAL JOURNAL OF THE AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS

Howard C Jen et al. 2010

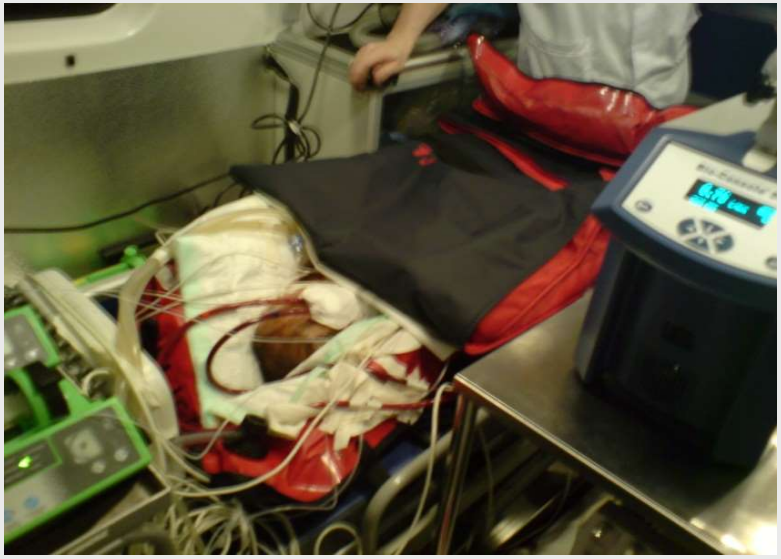
Hospital Readmissions and Survival After Nonneonatal Pediatric ECMO

- 13 centres californiens 1999-2006
- 188 enfants, âge médian 3 ans
- 43% ECMO pour pathologies ♥ et 42 % pour IRA
- 46 % de survivants
- + le nombre de cas de CEC est important par centre + la survie est importante
- 62% de réadmissions dans première année
- 34% pour infections respiratoires
- 16% d'anomalies neurologiques

Transport

Favoriser les unités mobiles





Patients parfois intransportables vers centre ECMO

Transport d'un patient stabilisé

Mais

Organisation…

Personnel…

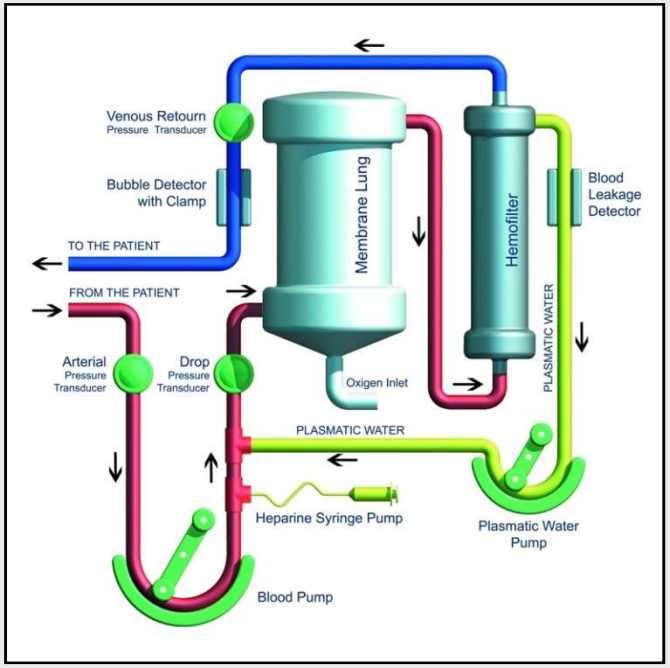
Quel type ECMO, canules, circuit…

Des progrès à faire

Sédation

ECMO « vigile » - VNI ?





Syndrome de fuite capillaire – fonction rénale



ECMO en Réanimation Pédiatrique

- Partie de l'arsenal thérapeutique
- Enfants (hors Nnés) : Indications élargies
- Choix de la CEC : au cas par cas
- Y penser tôt et alerter vite +++
- Centres de Référence
- UMAC

Merci de votre attention

