



CHU
Hôpitaux de
Bordeaux

Traitement de la défaillance cardiaque post-op

DIU Réanimation Cardiopathies Congénitales
Décembre 2025

Dr N TAFER

Unité anesthésie réanimation des cardiopathies
congénitales

CHU Bordeaux SAR SUD





FOCUS ON: CARDIOVASCULAR

Low cardiac output syndrome in children

Bryn Jones, Mark Hayden*, John F. Fraser, E Janes

Current
ANAESTHESIA &
CRITICAL CARE

www.elsevier.com/locate/cacc

Management of the Low Cardiac Output Syndrome Following Surgery for Congenital Heart Disease

Heather K. Chandler^{*,1} and Roxanne Kirsch²

- Savoir le reconnaître
 - Comprendre la cause
 - Savoir l'anticiper et le prévenir
 - Savoir le gérer
-
- Littérature: 25% LCOS en chirurgie cardiaque pédiatrique



RESEARCH ARTICLE

Open Access

Analysis of risk factors of low cardiac output syndrome after congenital heart disease operation: what can we do



Bangrong Song, Haiming Dang and Ran Dong*

Table 4 Logistic regression analysis on the risk factors of LCOS in patients with CHD

Variables	β	S ⁻ x	OR	95%CI	P
Age \leq 4y	0.103	0.217	2.426	1.044 ~ 4.149	0.012
Preoperative oxygen saturation \leq 93%	0.127	0.220	2.175	1.182 ~ 5.033	0.025
Two-way ventricular shunt	0.131	0.127	3.994	1.247 ~ 6.797	0.006
Duration of CPB \geq 60 min	0.146	0.170	2.172	1.002 ~ 4.309	0.043
Postoperative residual shunt	0.109	0.113	1.487	1.093 ~ 2.383	0.027



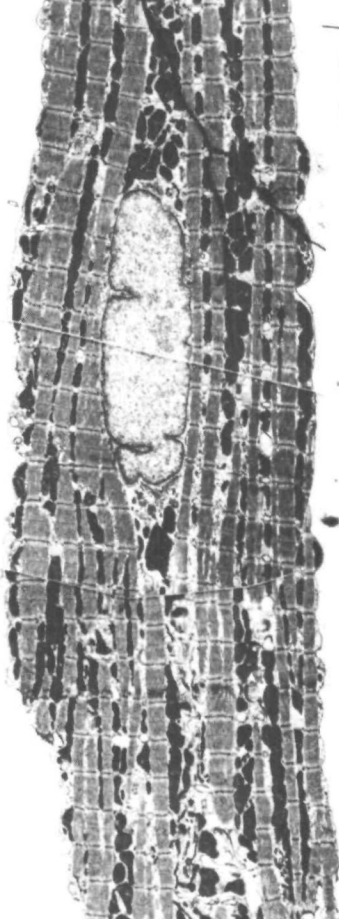
Risk factors of postoperative low cardiac output syndrome in children with congenital heart disease: A systematic review and meta-analysis

- Age
- Type of CHD
- Cardiac reoperation
- Biventricular shunt before operation
- CBP duration
- ACC duration
- Post operative residual shunt



Particularités NN Physiologie

Myocyte Adulte



- Faible densité en myofibrilles
- Disposition myofibrilles non linéaires et chaotiques
- Faible nombre de sarcomères et de mitochondries
- Faible capacité de stockage en Ca^{++} ionisé
- Riche en éléments non contractiles

Myocyte NN



Circulation Research Vol 61, No 3, September 1987



La problématique doit être gérée au bloc

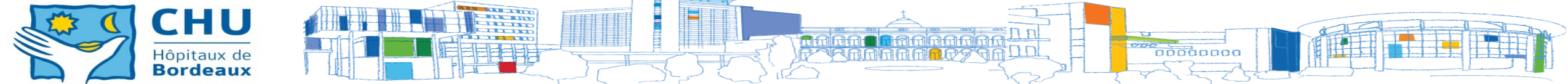
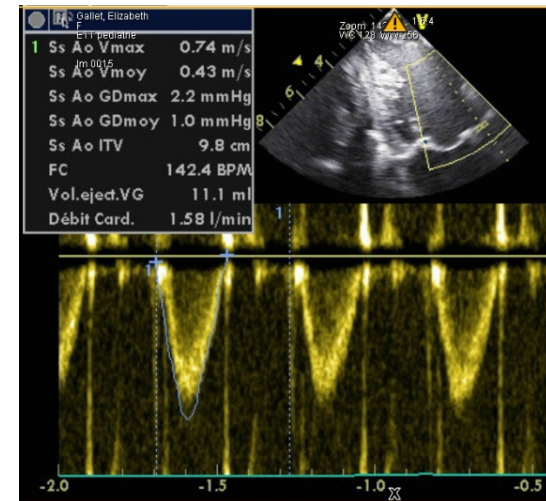
- Sevrage de la CEC
- FSR?
- Recours à une assistance?



Éléments décisionnels

- Pressions:
 - PA
 - Valeur
 - Pulsatilité
 - PAP
 - POG
- Svo2
- NIRS
- Biologie:
 - Lactates
 - Calcémie
 - Troponine
 - BNP

- Echographie:
 - la fonction de chaque ventricule
 - FR, FE, ITV ssAo
 - La cinétique globale et segmentaire
 - L'œdème myocardique
 - Les pressions pulmonaires
 - La volémie
 - Les lésions résiduelles



Check list des causes à éliminer

- Vérifier l'airway: position sonde, taille
- Vérifier la ventilation: atélectasie, pneumothorax
- Tamponnade
- Crise d'HTAP
- Troubles du rythme
- Lésions résiduelles (CIV résiduelle, gradient sur les voies d'éjection...), montages vicieux.
- Troubles électrolytes (Hypocalcémie)

- Traquer la lésion résiduelle

INTERVENTIONAL CARDIOLOGY AND SURGERY

Cardiac ECMO for biventricular hearts after paediatric open heart surgery

R R Chaturvedi, D Macrae, K L Brown, M Schindler, E C Smith, K B Davis, G Cohen, V Tsang, M Elliott, M de Leval, S Gallivan, A P Goldman

Heart 2004;90:545–551. doi: 10.1136/hrt.2002.003509

15% des ECMO post cardiectomies présentait des lésions résiduelles

- Obstruction à l'éjection ventriculaire
- Shunt résiduel
- Fuite d'une VAV

Ann Thorac Surg. 1995 Jul;60(1):133-8.

Determinants of success in pediatric cardiac patients undergoing extracorporeal membrane oxygenation.

Black MD, Coles JG, Williams WG, Rebeyka IM, Trusler GA, Bohn D, Gruenwald C, Freedom RM.

Department of Cardiovascular Surgery, Hospital for Sick Children, Toronto, Ontario, Canada.

100% de mortalité chez les enfants mis sous ECMO avec des lésions résiduelles

LCOS origines

Conditions préopératoires

- ❶ Défaillance connue : coronaire anormale
- ❷ Anatomique : adaptation progressive à la réparation (petit VG)

Conditions per-opératoires

- ❸ Longue durée de clampage aortique
- ❹ Défaut de protection myocardique
- ❺ Sevrage trop précoce de la CEC sans phase d'assistance
- ❻ Lésions coronariennes, ventriculaires
- ❼ Réparation incomplète



Physiopathologie LCOS

- Incapacité du myocarde à maintenir un débit cardiaque suffisant pour assurer la demande en O₂ de la circulation régionale.
- Sans traitement : activation d'un cercle vicieux
 - Morbidité et Décès
 - Insuffisance cardiaque chronique
- Si le bas débit est d'origine ischémique et/ou stunning et/ou hibernation, réversible par un traitement adhoc, initié rapidement.



Stratégies thérapeutiques

- Anticiper le LCOS:
 - Protection myocardique: respect des délais de réinjection....
 - Ultrafiltration per CEC
 - Autres stratégies anti-inflammatoires
 - Phase d'assistance post déclampage
- Traiter le LCOS:
 - Optimiser la précharge (Kt OG – PVC..)
 - Support inotrope
 - Optimiser la post charge:
 - VD: NOi, IPDE5
 - VG:IPDE3
 - Traitement des oedemes interstitiels:
 - Diuretiques à fortes doses
 - Dialyse péritonéale

Support inotrope

Pas de consensus pour traiter le LCOS en chirurgie cardiaque et pédiatrique

- Beaucoup de publications
- Faible niveau de preuves
- Catécholamines
- IPDE
- Levosimendan



Le meilleur agent inotrope?



Cochrane Database of Systematic Reviews

Copyright © 2018 The Cochrane Collaboration. Published by John Wiley & Sons, Ltd.

Inotropic agents and vasodilator strategies for the treatment of cardiogenic shock or low cardiac output syndrome (Review)

Schumann J, Henrich EC, Strobl H, Prondzinsky R, Weiche S, Thiele H, Werdan K, Frantz S, Unverzagt S

Authors' conclusions

there are no robust and convincing data to support a distinct inotropic or vasodilator drug-based therapy as a superior solution to reduce mortality in haemodynamically unstable people with cardiogenic shock or LCOS.

AUCUN



Le meilleur agent inotrope/vasopresseur?



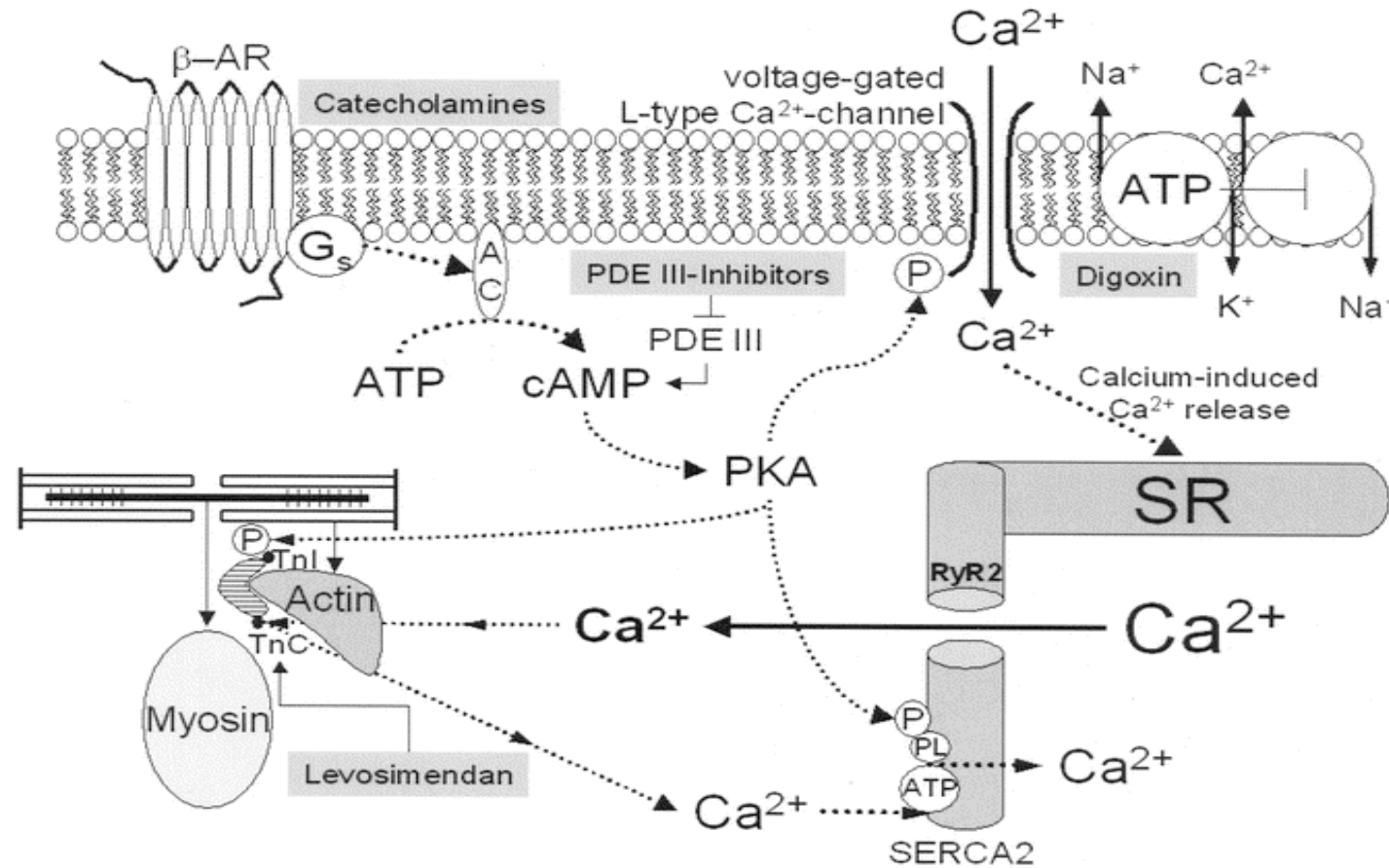
Effets potentiellement délétères des catécholamines...

A utiliser aux plus faibles doses possibles!!!

Penser rapidement à une assistance circulatoire plutôt que de monter les doses!!

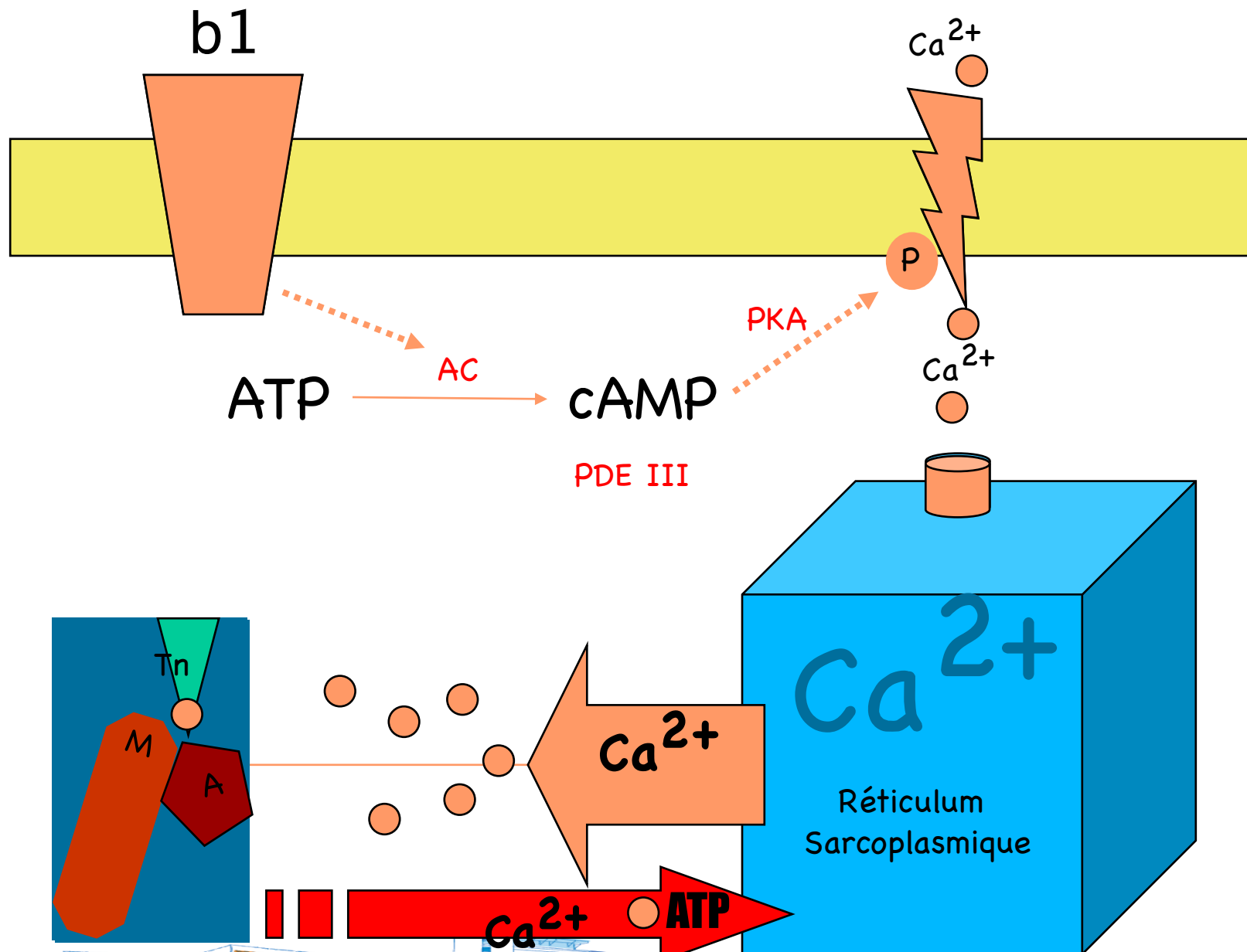


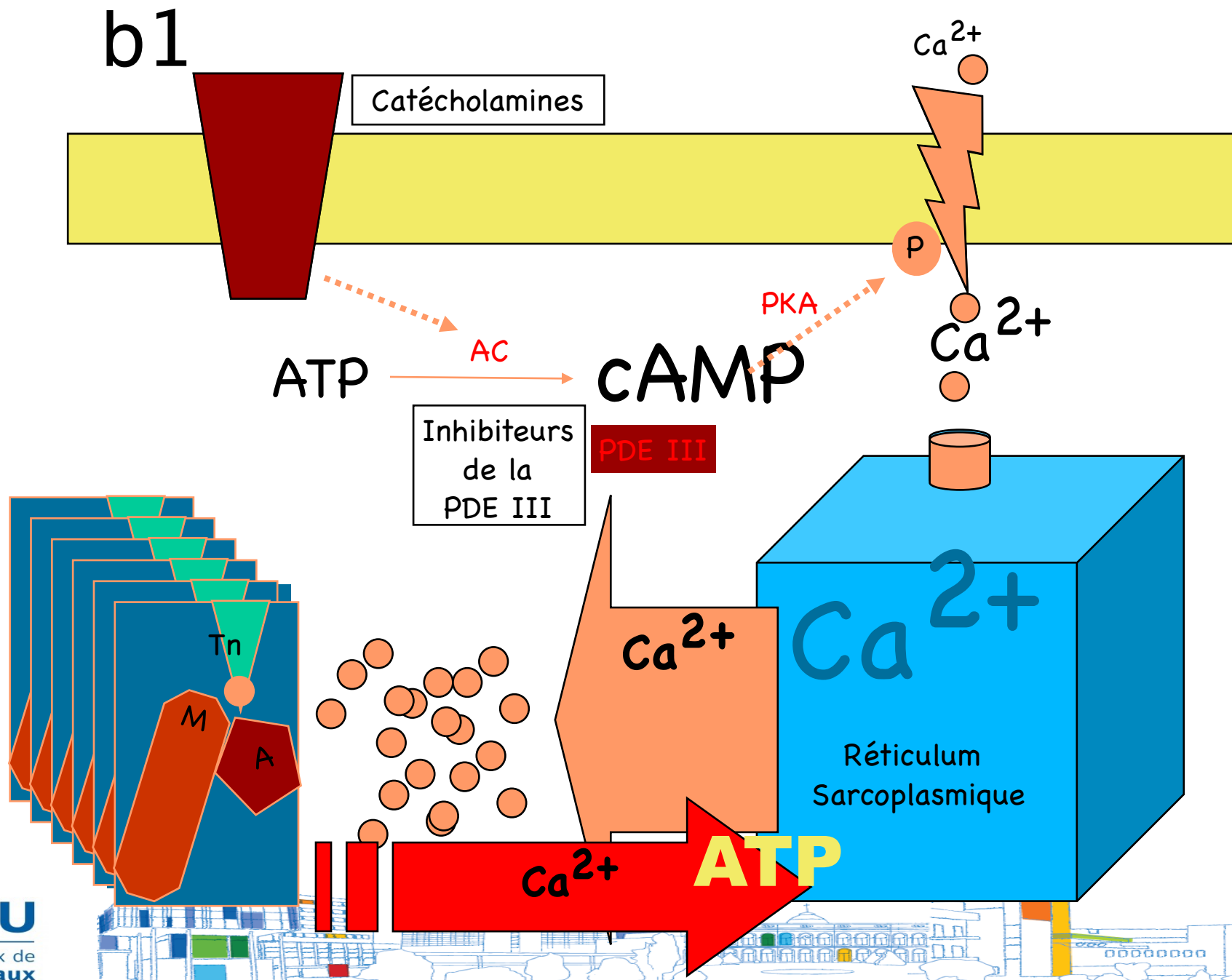
Mécanismes d'action des inotropes

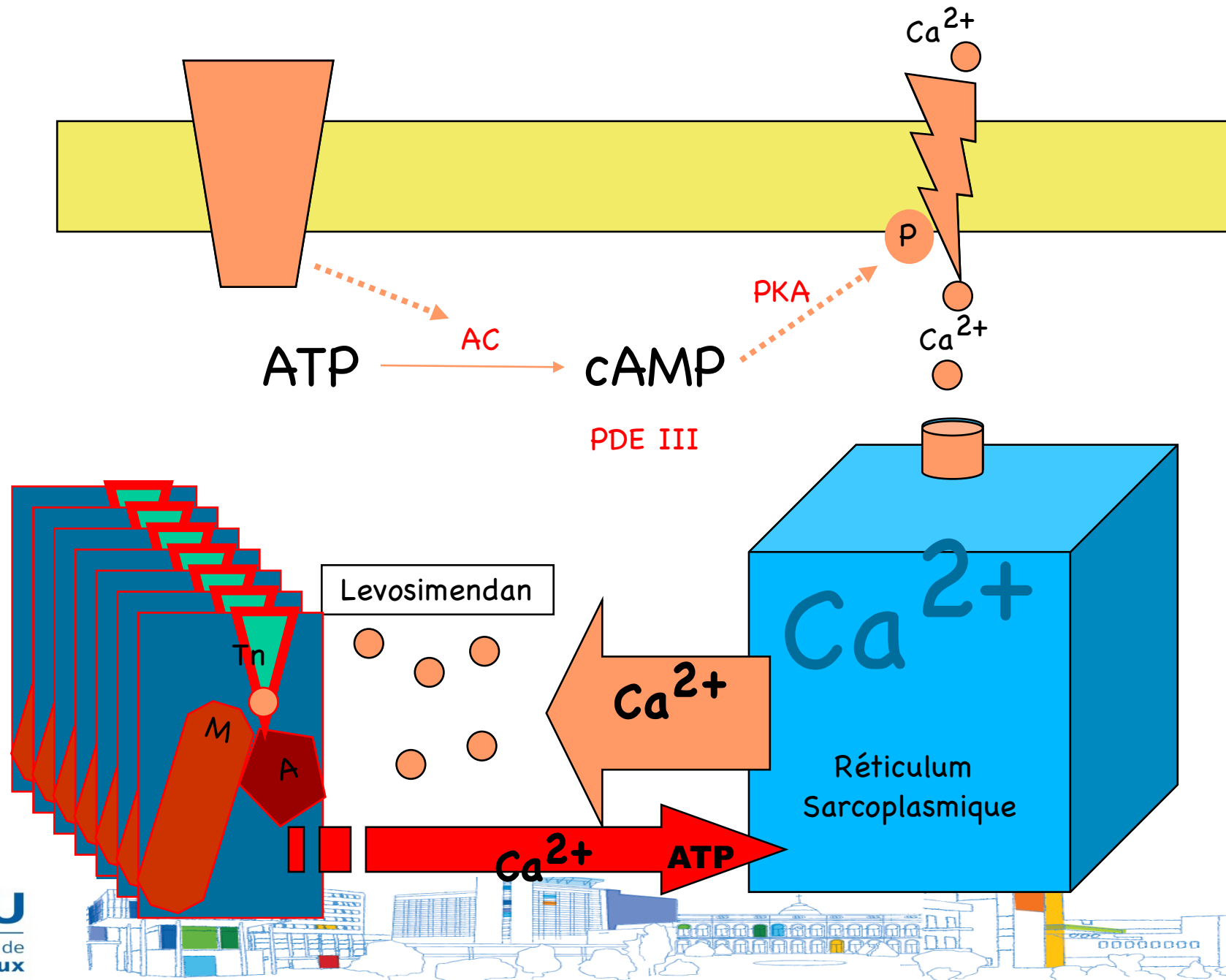


Toller WG. et al. Anesthesiology 2006









Dobutamine

- Etude 100 pts. Romson JL. Anesthesio 1999
 - La fréquence augmente de 1,45 bpm par $\mu\text{g/kg/min}$
 - Risque de tachycardie + rapide
 - Le débit cardiaque augmente principalement par l'augmentation de fréquence
- Dobu vs Milrinone (120 pts). Feneck RO. JCVA 2001
 - Dobu 10 à 20 $\mu\text{g/kg/min}$, Milrinone 0,5 $\mu\text{g/kg/min}$
 - H1, débit cardiaque : Dobu + 55%, Milrinone + 36%
 - Fc : Dobu + 35%, Milrinone + 10%
 - PAM : Dobu + 31%, Milrinone + 7%
 - Dobu : hypertension et fibrillation atriale

Milrinone

Efficacy and Safety of Milrinone in Preventing Low Cardiac Output Syndrome in Infants and Children After Corrective Surgery for Congenital Heart Disease

Timothy M. Hoffman, Gil Wernovsky, Andrew M. Atz, Thomas J. Kulik, David P. Nelson, Anthony C. Chang, James M. Bailey, Akbar Akbary, John F. Kocsis, Raymond Kaczmarek, Thomas L. Spray and David L. Wessel

Circulation 2003;107:996-1002; originally published online Feb 10, 2003;

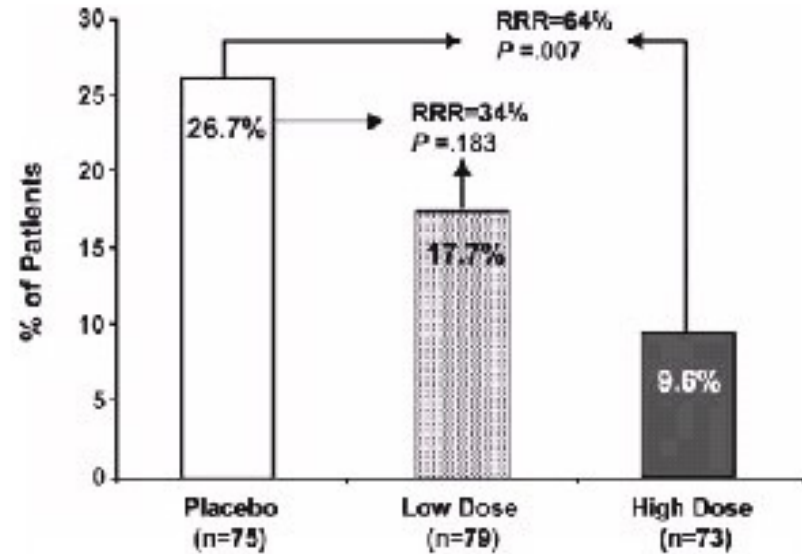


Figure 2. Primary end point: development of LCOS/death in the first 36 hours (per-protocol population, n=227).

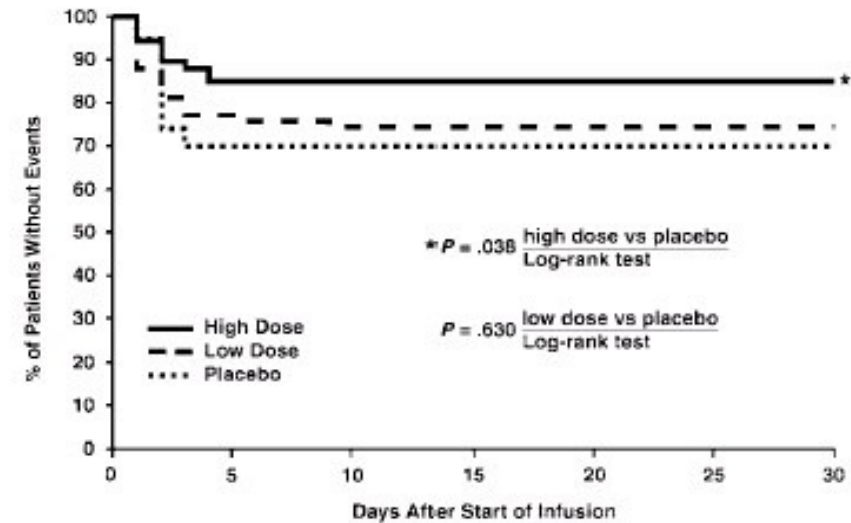
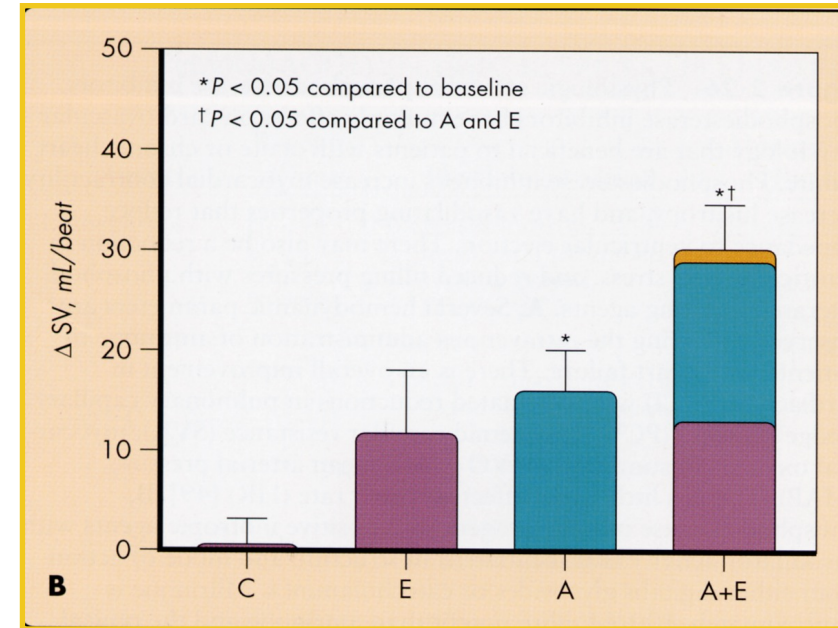
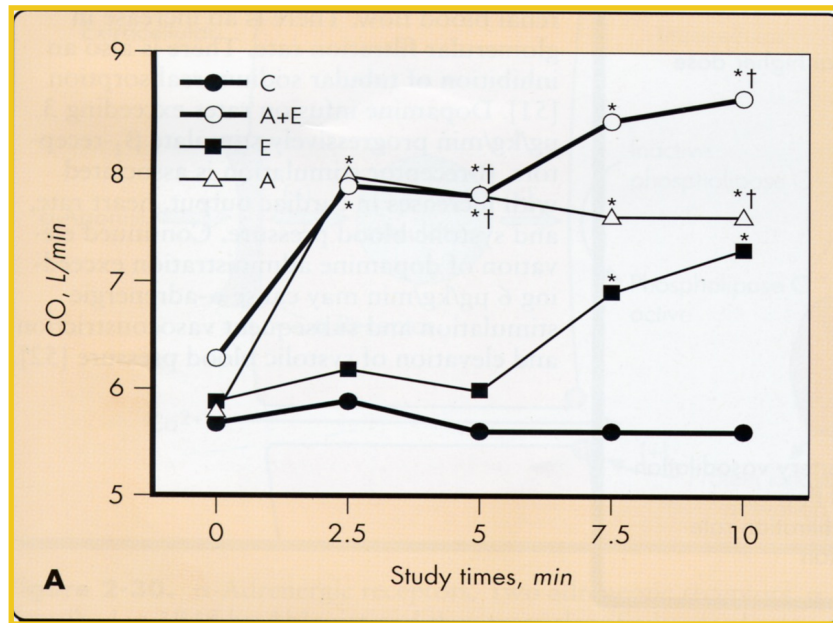


Figure 3. Time to development of LCOS/death through final visit. Six additional patients developed LCOS after discontinuation of study drug infusion.

Association IPDE III + Epinéphrine



- Baisse des SVR et RVP avec A, A+E, mais pas avec E
- Fraction d'éjection du VD augmente avec A, A+ E, mais pas avec E
- Royster RL, Anesth Analg 1993

Pourquoi le levosimendan ?

Levosimendan: From Basic Science to Clinical Trials

Rognoni et al. Recent Patents on Cardiovascular Drug Discovery, 2011, Vol. 6, No. 1

- Effets vasodilatateurs: Ouverture canaux K^+
 - Vasodilatation Coronaire
 - Vasodilatation artères pulmonaires
 - Vasodilatation systémique
- Effets sur la fonction myocardique:
 - Augmente la sensibilité des protéines contractiles à la troponine: Effet inotrope
 - Sans augmenter le flux calcique intracellulaire: Effet lusitrope
 - Pas d'augmentation de consommation d'oxygène
- Combinaison des deux effets:
 - Amélioration du couplage ventriculo-artériel
- Effet antistunning:
 - Evite la surcharge calcique mitochondriale de l'ischémie - reperfusion
 - Stabilise le potentiel membranaire et préserve la fonction des mitochondries
 - Economise les phosphates de haute énergie et limite l'apoptose



Insuffisance cardiaque aigue post chirurgie cardiaque

Effect of Levosimendan on Survival and Adverse Events After Cardiac Surgery: A Meta-analysis

HARRISON ET AL *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, Vol ■, No ■ (Month), 2013:

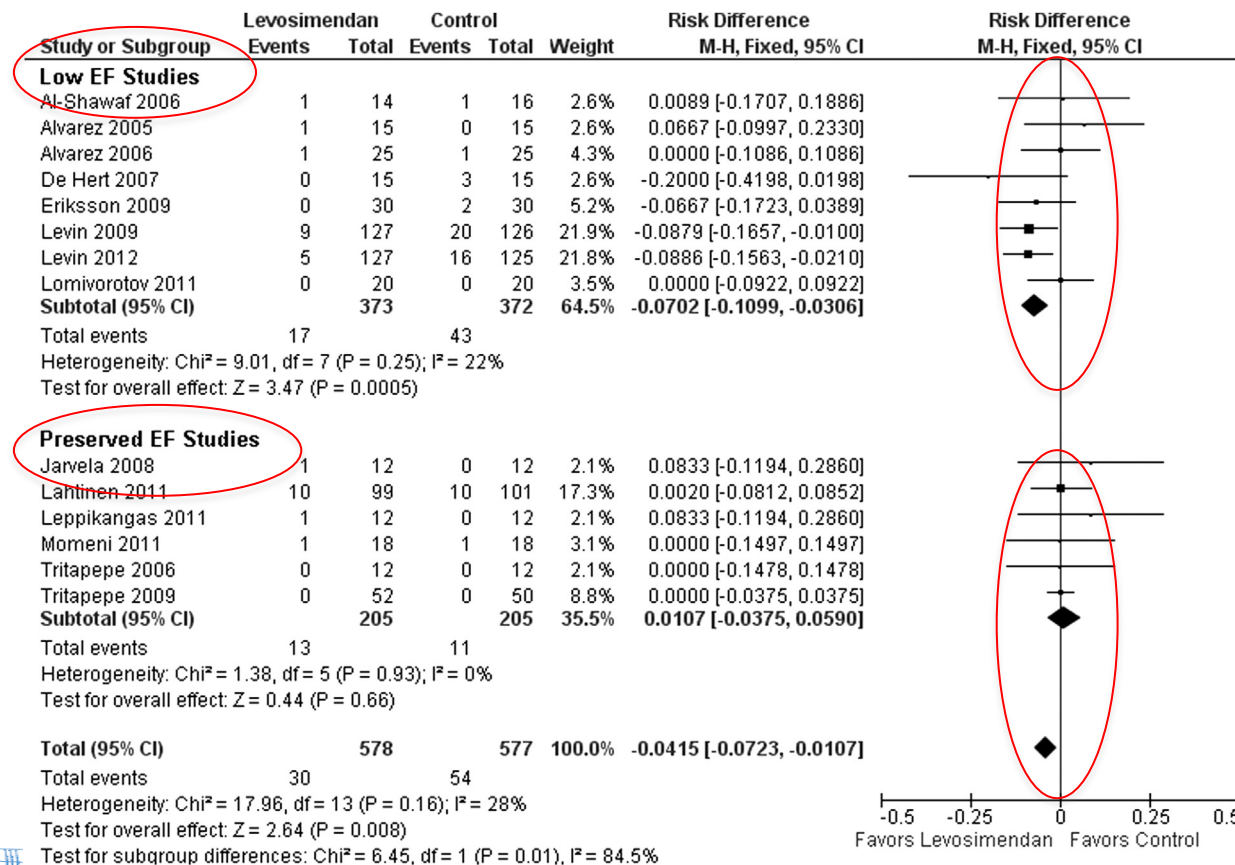


Fig 2. Forest plot of the effect of levosimendan on postoperative mortality.



Levosimendan et préconditionnement

Pediatr Cardiol (2010) 31:166–167
DOI 10.1007/s00246-009-9571-6

LETTER TO THE EDITOR

Initial Experience with Levosimendan Infusion for Preoperative Management of Hypoplastic Left Heart Syndrome

Luca Di Chiara • Zaccaria Ricci • Cristiana Garisto •
Stefano Morelli • Chiara Giorni • Vincenzo Vitale •
Roberto M. Di Donato • Sergio Picardo



Chirurgie cardiaque pédiatrique

- Levosimendan for low cardiac output: a pediatric experience. Egan JR et al. J Intensive Care Med. 2006 May-Juin
 - rétrospectif : 19 enfants en défaillance cardiaque
 - amélioration nette par Levosimendan : lactates, PAM, echo
 - bonne tolérance - pas d'effets secondaires
- Early experience with Levosimendan in children with ventricular dysfunction. Namachivayam P et al. Pediatr Crit Care Med. 2006 Sep
 - 14 enfants (7 j à 18 ans) : insuffisance cardiaque aigue inotrope dépendante. Levosimendan (B et/ou 24 h).
 - Arrêt des inotropes (10 pts), diminution (4 pts). FE augmente de 29 à 40,5%
- Use of levosimendan, a new inodilator, for postoperative myocardial stunning in a premature neonate. Lechner E et al. Pediatr Crit Care Med. 2007 Jan
 - TGV, 32 S, 1525 g, Switch, bas débit post CEC,
 - lactates 14.8, SvO2 56%, POG 24, Fr 10%
 - coronaires ok, adrénaline, milrinone, dobutamine = pas d'amélioration
 - Levosimendan 0,1 mcg/kg/min (24h)
 - lactates 1.7, SvO2 81%, POG 7, Fr 25%... trop fort !!

Levosimendan in paediatric cardiac anaesthesiology: A systematic review and meta-analysis

Matthias Lapere ¹, Filip Rega, Steffen Rex

Results: Nine studies enrolling a total of 539 children could be included in the systematic review. All trials study the prophylactic administration of levosimendan in comparison with placebo (n = 2), milrinone (n = 6) or dobutamine (n = 1). Levosimendan dosing varied considerably with only three studies using a loading dose. Levosimendan reduced the incidence of LCOS [risk ratio (RR) 0.80] [95% confidence interval (CI), 0.40 to 0.89, P = 0.01] and increased cardiac index (MD 0.17 l min⁻¹ m⁻²) (95% CI, 0.06 to 0.28, P = 0.003) without affecting other outcomes (mortality, ICU length of stay, hospital length of stay, duration of mechanical ventilation, serum lactate, central venous oxygen saturation, serum creatine or acute kidney injury).

Conclusion: The prophylactic use of levosimendan in children undergoing cardiac surgery reduced the incidence of LCOS and increased cardiac index compared with other inotropes or placebo. This effect did not translate into an improvement of other clinical endpoints.

- Réduit l'incidence du LCOS
- Améliore l'IC
- Pas d'effet:
 - Sur la mortalité
 - Durée de séjour en réanimation
 - Lactates
 - SVO2
 - Incidence insuffisance rénale

RESEARCH

Open Access



Prophylactic use of levosimendan in pediatric patients undergoing cardiac surgery: a prospective randomized controlled trial

Anbiao Wang^{1†}, Chaomei Cui^{1†}, Yiou Fan³, Jie Zi¹, Jie Zhang¹, Guanglai Wang¹, Fang Wang¹, Jun Wang⁴ and Qi Tan^{1,2*} 

Conclusions: Prophylactic levosimendan administration was safe in pediatric patients and had some benefit to postoperative hemodynamic parameters, but failed to provide significant benefit with respect to LCOS or 90-day mortality relative to placebo.



Intérêt du profil pharmacocinétique

- Protocole de service:
 - Pas de bolus
 - Perfusion sur 24h à 0,2 µg/kg/min
- VG défaillant pré op/ALCAPA
- Transplantation cardiaque
- Chirurgie néonatale complexe+++

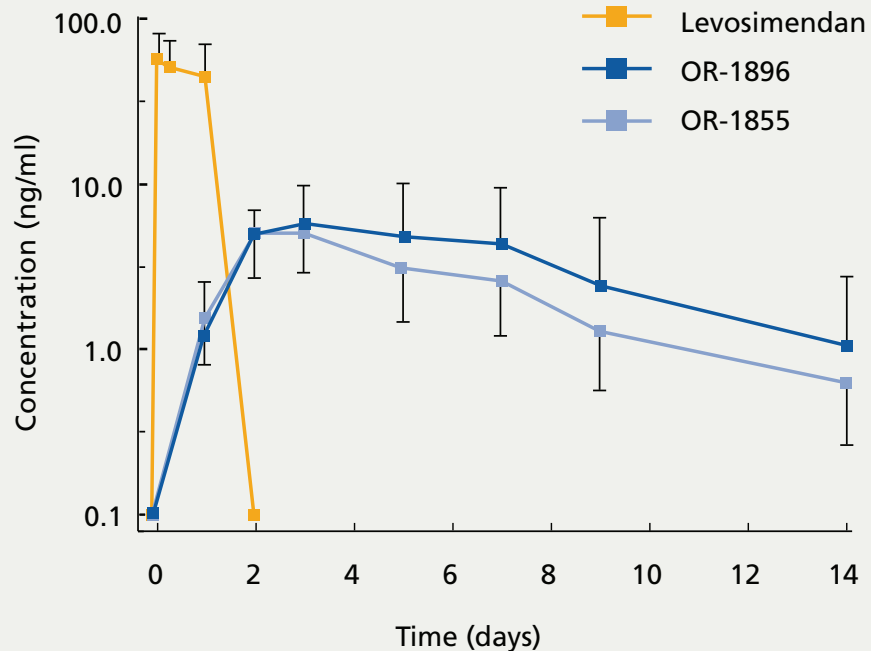


Figure 5. Mean plasma concentration-time curves of levosimendan, OR-1855 and OR-1896 after 24-hour infusion of 0.2 µg/kg/min in patients with NYHA III-IV heart failure.⁸



Stratégies thérapeutiques 2

- Autres

- Corticoïdes: bolus 10 à 50 mg/m²/j, si besoins de remplissage importants à cause des troubles de la microcirculation sur SIRS +++
 - Rescue
- Création de CIA
- Fermeture sternale retardée
- Assistance mécanique

En somme:

Optimiser le débit cardiaque et la perfusion tissulaire sans augmenter la consommation en oxygène du myocarde

corticoïdes

Combined Steroid Treatment for Congenital Heart Surgery Improves Oxygen Delivery and Reduces Postbypass Inflammatory Mediator Expression

Valerie A. Schroeder, Jeffery M. Pearl, Steven M. Schwartz, Thomas P. Shanley,
Peter B. Manning and David P. Nelson

Circulation 2003;107:2823-2828; originally published online May 19, 2003;

DOI: 10.1161/01.CIR.0000070955.55636.25

Circulation is published by the American Heart Association, 7272 Greenville Avenue, Dallas, TX
72514

Copyright © 2003 American Heart Association. All rights reserved. Print ISSN: 0009-7322. Online
ISSN: 1524-4539

Conclusions—Compared with intraoperative steroid treatment, combined preoperative and intraoperative steroid administration attenuates inflammatory mediator expression more effectively and is associated with improved indexes of O₂ delivery in the first 24 hours after congenital heart surgery. These findings need to be confirmed in a larger multicenter trial. (*Circulation*. 2003;107:2823-2828.)

corticoïdes

Pediatr Cardiol 23:437–441, 2002
DOI: 10.1007/s00246-002-0118-3

**Pediatric
Cardiology**

© Springer-Verlag New York Inc. 2002

**Systemic Inflammatory Response Related to Cardiopulmonary Bypass
and Its Modification by Methyl Prednisolone: High Dose Versus Low Dose**

B. Varan, K. Tokel, S. Mercan, A. Dönmez, S. Aslamaci

Savoir y penser en rescue:

SIRS majeur

besoins de remplissage très importants

Hémisuccinate d'Hydrocortisone (divers poso, 50 mg/m²/j
en 4 prises, 5-10 jours)

Evaluation et sevrage des inotropes

- Amélioration de l'oxygénation (PaO₂, SaO₂, SvO₂, rSO₂)
- Reprise du débit urinaire
- Amélioration échographique et hémodynamique
- Baisse des marqueurs cardiaques : Troponine et BNP
- Sevrage « step by step »
- Eviter le sevrage de la VA et des inotropes en même temps
- De préférence sevrage de la VA, puis inotropes

Ce qu'il faut retenir



Check list des causes à éliminer

- Vérifier l'airway: position sonde, taille
- Vérifier la ventilation: atélectasie, pneumothorax
- Tamponnade
- Crise d'HTAP
- Troubles du rythme
- Lésions résiduelles (CIV résiduelle, gradient sur les voies d'éjection...), montages vicieux.
- Troubles électrolytes (Hypocalcémie)

Stratégies thérapeutiques

- Anticiper le LCOS:
 - Protection myocardique: respect des délais de réinjection....
 - Ultrafiltration per CEC
 - Autres stratégies anti-inflammatoires
 - Phase d'assistance post déclampage
- Traiter le LCOS:
 - Optimiser la précharge (Kt OG – PVC..)
 - Support inotrope:
 - Adré-corotrope
 - Levosimendan
 - Optimiser la post charge:
 - VD: NOi, IPDE5
 - VG:IPDE3
 - Traitement des oedemes interstitiels:
 - Diuretiques à fortes doses
 - Dialyse péritonéale