

RECOMMANDATIONS DE PRATIQUES PROFESSIONNELLES

OPTIMISATION HÉMODYNAMIQUE PÉRIOPÉRATOIRE

- PÉDIATRIE –

SFAR-ADARPEF

Isabelle CONSTANT

Florence JULIEN-MARSOLLIER

Marc LILOT

HYPOTENSION PEROPERATOIRE CHEZ L'ENFANT = DANGER

- Risque d'hypoperfusion des organes vitaux
- En premier lieu, le cerveau chez le jeune enfant
- Préoccupation récente chez l'enfant

Infantile Postoperative Encephalopathy: Perioperative Factors as a Cause for Concern

Mary Ellen McCann, A.N.J. Schouten, Nicole Dobija, Carlos Munoz, Lianne Stephenson, Tina Y. Poussaint, C.J. Kalkman, Paul R. Hickey, Linda S. de Vries and Robert C. Tasker

Pediatrics 2014;133:e751; originally published online February 10, 2014;
DOI: 10.1542/peds.2012-0973

- 6 enfants < 48 SA, chirurgie entre 2 et 3h
- Encéphalopathie postopératoire, évocatrice d'hypoperfusion cérébrale peropératoire
- PAS < 60 mmHg, la majeure partie du temps (limite chez l'enfant éveillé de la PALS)
- Mais seulement 11% des mesures étaient < 45 mmHg (limite classique sous AG)
- Rôle des facteurs aggravants : hypocapnie, hypoglycémie, anémie

OPTIMISATION HÉMODYNAMIQUE CHEZ L'ENFANT : UN CHALLENGE QUOTIDIEN

- **Morbidité / mortalité périopératoire non négligeable chez l'enfant.**

x4 chez l'enfant <1 an, par rapport au jeune adulte, et x2 par rapport au sujet de 80 ans.

- **Etude Apricot** (*Incidence of severe critical events in paediatric anaesthesia:*

a prospective multicentre observational study in 261 hospitals in Europe. Lancet 2017).

- 30 874 enfants 0-15 ans, AG
- 2% d'évènements hémodynamiques sévères
- survenant dans 70% des cas lors de l'entretien de l'anesthésie,
- représentés dans 60% des cas par une hypotension
- Traités par vasopresseurs dans 32% des cas

- **Etude Nectarine** (*Morbidity and mortality after anaesthesia in early life: results of the European*

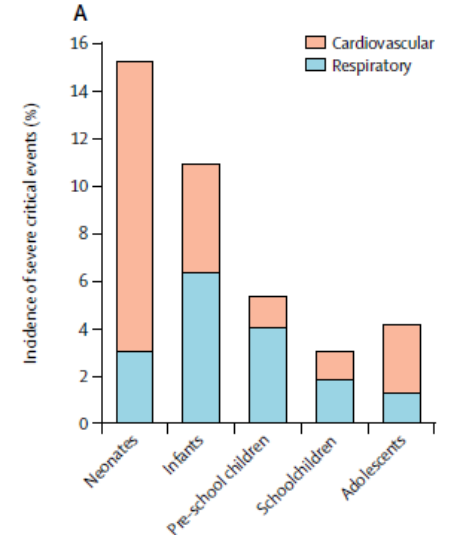
prospective multicentre observational study, neonate and children audit of anaesthesia practice in Europe. BJA 2021)

- 5609 enfants < 60 sem postconceptionnel , AG
- 2% de mortalité à 30j
- 35% d'interventions correctrices dont 60% pour hypotension
- Seuils d'intervention très variables selon les praticiens

- **Pas de recommandation antérieure**

- **Plusieurs écueils**

- Difficulté de détermination des valeurs normales de pression artérielle (PA) chez l'enfant
- Très grande variabilité dans la population pédiatrique (du nouveau-né au préadolescent)
- Très peu d'études évaluant l'optimisation hémodynamique sur la mortalité ou la morbidité
- Monitoring invasif très peu utilisé en dehors de la chirurgie cardiaque



RECOMMANDATIONS DE PRATIQUES PROFESSIONNELLES : OPTIMISATION HÉMODYNAMIQUE

➤ Objectifs

- Proposer des valeurs seuils (inférieurs) de PA sous anesthésie
- Discuter les possibilités et l'utilité des indices ou du monitoring à visée d'optimisation hémodynamique
- Proposer une démarche de prise en charge de l'hypotension artérielle au bloc opératoire

➤ Méthodes

3 experts SFAR-ADARPEF (IC, FJM, ML), contrôle méthodologique du CRC

- Méthode Grade adaptée
 - Population : enfants de moins de 10 ans, chirurgie non cardiaque, hors état de choc
- Démarche parallèle à celle de l'adulte, mais littérature peu abondante et de faible niveau de preuve
- → RPP et non RFE, donc les experts suggèrent ...
- En cohérence avec les RPP organisation en Anesthésie Pédiatrique (SFAR-ADARPEF 2023)

CHAMP 1 - Optimisation périopératoire de la pression artérielle

Quels objectifs de pression artérielle permettent de diminuer la morbi-mortalité périopératoire ?

- *Théo, 5 mois, 6 kg, sans antécédent*
- *Exérèse d'une malformation adénokystique pulmonaire.*

Pour limiter les risques de complications cérébrales chez ce nourrisson sous anesthésie générale, la PAM doit être maintenue au-dessus de :

- 1. 25 mmHg**
- 2. 35 mmHg**
- 3. 45 mmHg**
- 4. 55 mmHg**

CHAMP 1 - Optimisation périopératoire de la pression artérielle

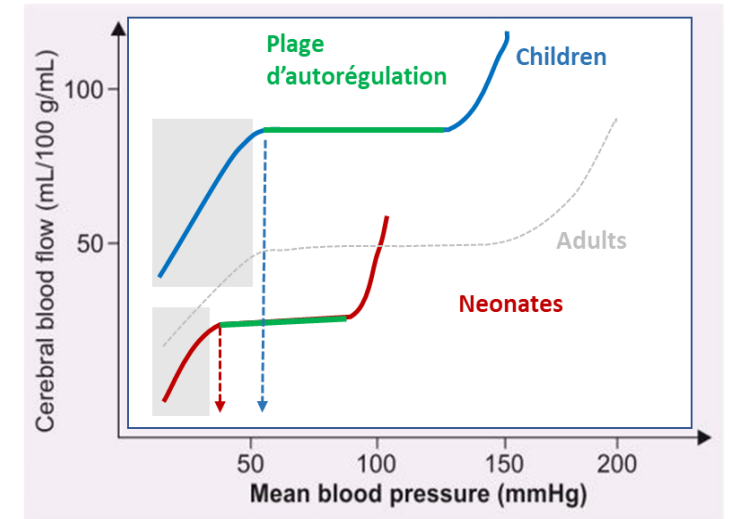
Quels objectifs de pression artérielle permettent de diminuer la morbi-mortalité périopératoire ?

- *Kevin, 1 an, 10 kg, sans antécédent*
- *cure de duplication urétérale*
- **Pour limiter les risques de complications cérébrales chez ce nourrisson sous anesthésie générale, la PAM doit être maintenue au-dessus de :**
 - **35 mmHg**
 - **37 mmHg**
 - **43 mmHg**
 - **53 mmHg**

COMMENT OBJECTIVER UN SEUIL D'HYPOTENSION CHEZ LE JEUNE ENFANT ANESTHÉSIÉ ?

- Probabilité d'effet délétère de l'hypotension par hypoperfusion cérébrale
- Seuils de régulation du débit sanguin cérébral
- Zone de débit dépendance : le DSC baisse lorsque la PA baisse
= zone à risque

Régulation du débit sanguin cérébral en fonction de la PAM



Zone à risque d'hypo perfusion cérébrale

Sevoflurane anesthesia and brain perfusion. Rhondali et al, Ped Anesth, 2015

- **Détermination de la diminution de PAM associée à la perte de l'autorégulation du DSC chez les enfants <2 ans (1 MAC sevo)**
Baisse du DSC
 - Si diminution de 20% de la PAM chez les <6 mois,
 - Si diminution de 40% de la PAM chez les 6 mois-2 ans,

Impact of sevoflurane anesthesia on brain oxygenation in children < 2 years. Rhondali et al, Ped Anesth, 2014

- **Détermination du seuil de PAM associé à une absence d'augmentation (ou baisse) de la saturation cérébrale en oxygène (ScO₂) chez les enfants <2 ans (1 MAC sevo)**
 - <6 mois, PAM = 35 mmHg,
 - 6 mois-2 ans, PAM = 43 mmHg

= seuils de vulnérabilité, notamment en cas d'hypocapnie, d'hypovolémie, d'hypoglycémie, d'anémie ou d'hyperthermie

CHAMP 1 - Optimisation périopératoire de la pression artérielle, **enfant de moins de 2 ans**

Quels objectifs de pression artérielle permettent de diminuer la morbi-mortalité périopératoire ?

- **R1.1.1 – Chez l'enfant anesthésié de moins de 6 mois, les experts suggèrent de maintenir une pression artérielle moyenne peropératoire supérieure à 35 mmHg afin de limiter les risques de complications cérébrales.**
- **R1.1.2 – Chez les enfants anesthésiés de 6 mois à 2 ans, les experts suggèrent de maintenir une pression artérielle moyenne peropératoire supérieure à 43 mmHg afin de limiter les risques de complications cérébrales.**

CHAMP 1 - Optimisation périopératoire de la pression artérielle enfant

Quels objectifs de pression artérielle permettent de diminuer la morbi-mortalité périopératoire ?

- *Léa, 4 ans, 17 kg, sans antécédent*
- *Réduction chirurgicale de luxation congénitale de hanche*
- **Pour limiter les risques de morbidité chez cette enfant sous anesthésie générale, la PAM doit être maintenue au-dessus de :**
 - **35 mmHg**
 - **42 mmHg**
 - **46 mmHg**
 - **53 mmHg**

DETERMINATION DU SEUIL D’HYPOTENSION CHEZ L’ENFANT ÉVEILLÉ (ÉPIDÉMIOLOGIE)

Analysis of the evidence for the lower limit of systolic and mean arterial pressure in children. Haque et al, Pediatr Crit Care Med 2007

- Base de données de PA issues de plus de 60 000 enfants sains de plus de 1 an,
- Courbes du 5e au 95e percentiles en fonction de la taille,
- **Hypotension définie par < 5^{ème} percentile**
- Formules pour approximer les valeurs de PAS et PAM correspondant au 5^e et 50^e percentile dans différents groupes d’âge (50^{ème} percentile en taille)
 - PAS (5^{ème} percentile) = 1,5 x âge (années) + 65
 - **PAM (5^{ème} percentile) = 1,5 x âge (années) + 40**

DETERMINATION DU SEUIL D’HYPOTENSION CHEZ L’ENFANT ANESTHÉSIÉ (ÉPIDÉMIOLOGIE)

Reference Values for Noninvasive Blood Pressure in Children during Anesthesia: A Multicentered Retrospective Observational Cohort Study. de Graaff et al. Anesthesiology. 2016

- Etude rétrospective multicentrique,
- 116 362 anesthésies d’enfants ASA I et II
 - Courbes « de références » en fonction de l’âge, représentant les valeurs moyennes de PAS et de PAM sous anesthésie
 - Chez l’enfant de moins de 2 ans, PAM (-1SD) très proches des valeurs seuil d’autorégulation cérébrale possiblement associées à une baisse de l’oxygénation cérébrale (Rhondali) ;
 - Chez l’enfant de plus de 2 ans, les valeurs correspondant à -1DS sont proches de celles du 5^{ème} percentile calculées dans l’étude de Haque.
(-1DS correspond au 15^{ème} percentile)

	2%	15%	50%	85%	98%
Table 2 Mean non-invasive blood pressure during preparation phase in relation to age					
Preparation Phase	Male				
	Mean non-invasive blood pressure (mm Hg)				
Age	-2SD	-1SD	0SD	+1SD	+2SD
0	17	24	35	33	46
1 month	23	31	35	40	52
2 months	26	33	35	42	54
3 months	28	35	35	44	55
4 months	29	37	35	45	56
5 months	30	38	35	46	57
6 months	31	39	35	47	58
9 months	33	41	43	49	60
1 year	34	42	43	50	61
2 years	37	45	43	53	63
3 years	38	46	44	55	65
4 years	39	47	46	56	66
5 years	40	48	47	57	68
6 years	40	48	49	58	69
8 years	41	50	52	60	72
10 years	42	51	55	61	74
12 years	43	52	58	62	75
14 years	45	53	61	63	76
16 years	46	55	64	65	78
18 years	47	56	67	66	81

Rondhali

Haque

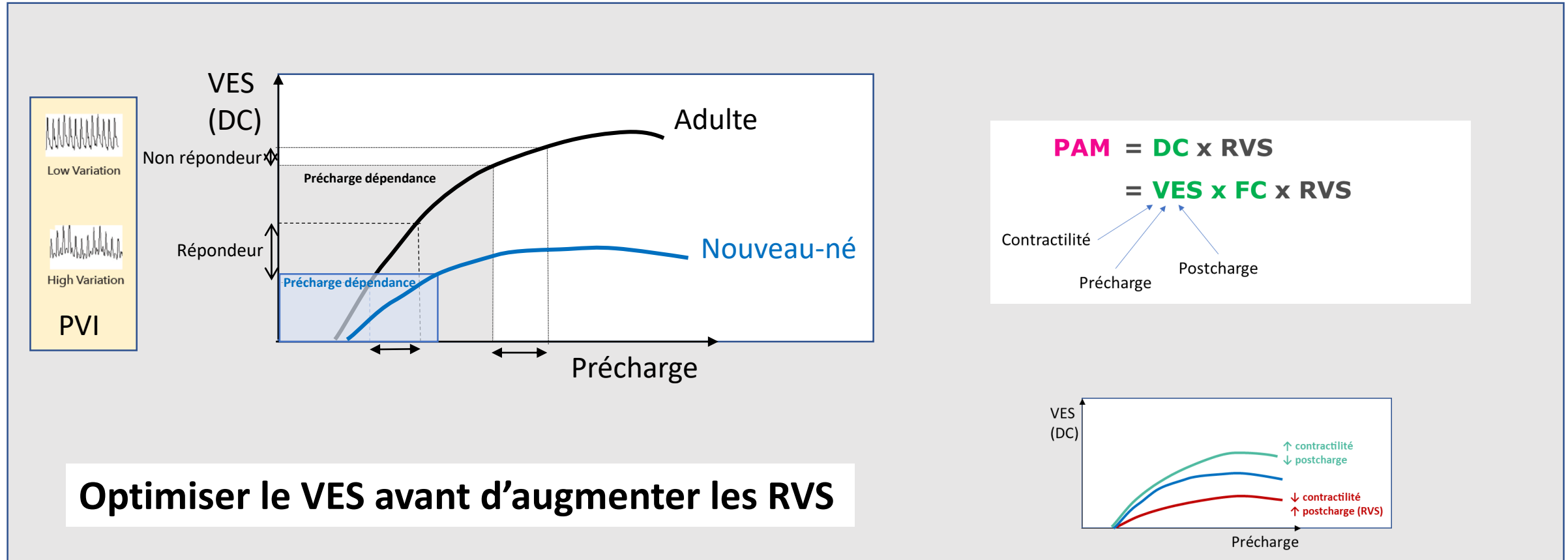
(1,5 x âge) + 40

CHAMP 1 - Optimisation périopératoire de la pression artérielle, **enfant de plus de 2 ans**

Quels objectifs de pression artérielle permettent de diminuer la morbi-mortalité périopératoire ?

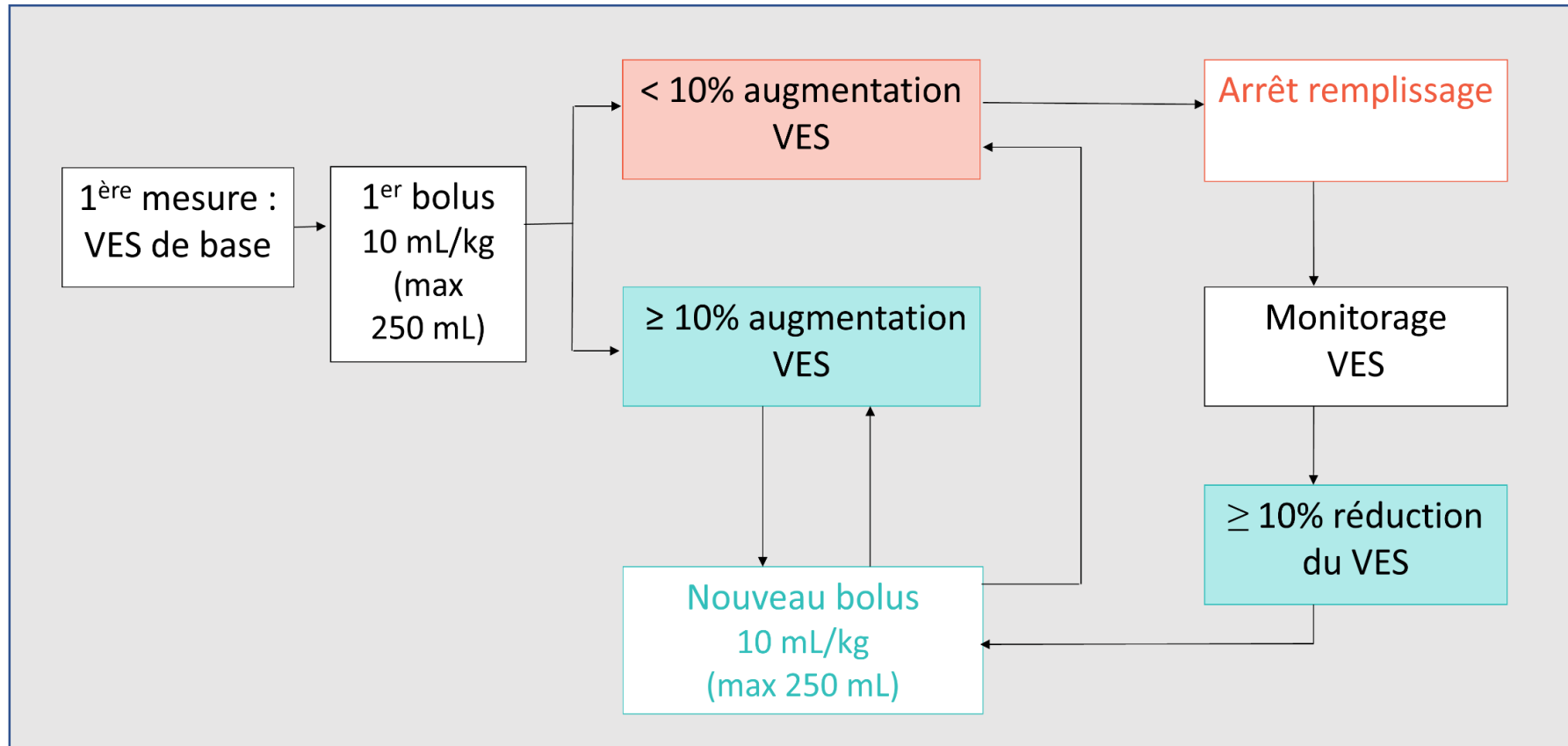
- R1.1.3 - Chez les enfants anesthésiés de 2 à 10 ans, les experts suggèrent de maintenir une pression artérielle moyenne peropératoire supérieure à la valeur calculée par la formule $[1,5 \times \text{âge (ans)} + 40]$ afin de limiter la morbidité postopératoire.

Champ 2 - L'utilisation du monitoring du volume d'éjection systolique ou des indices dynamiques pour optimiser l'hémodynamique permet-elle de diminuer la morbi-mortalité périopératoire en pédiatrie ?



R 2.1 – Les experts suggèrent d'utiliser le Doppler œsophagien pour optimiser l'hémodynamique peropératoire du patient pédiatrique à risque élevé ou très élevé, lorsque la tête du patient est accessible pour ces mesures et en l'absence d'échocardiographie peropératoire.

Algorithme de titration de l'expansion volémique guidée par la mesure du volume d'éjection systolique (VES) chez les patients de pédiatrie



R.4.1 Les experts suggèrent de privilégier chez l'enfant l'expansion volémique initiale par un soluté cristalloïde balancé, limité dans le temps.

R.4.2 Chez le nouveau-né et le jeune nourrisson, les experts suggèrent d'utiliser l'albumine à 4 ou 5% après l'expansion volémique initiale par un soluté cristalloïde balancé.

Champ 3 - Quand et comment utiliser les indices de perfusion tissulaire

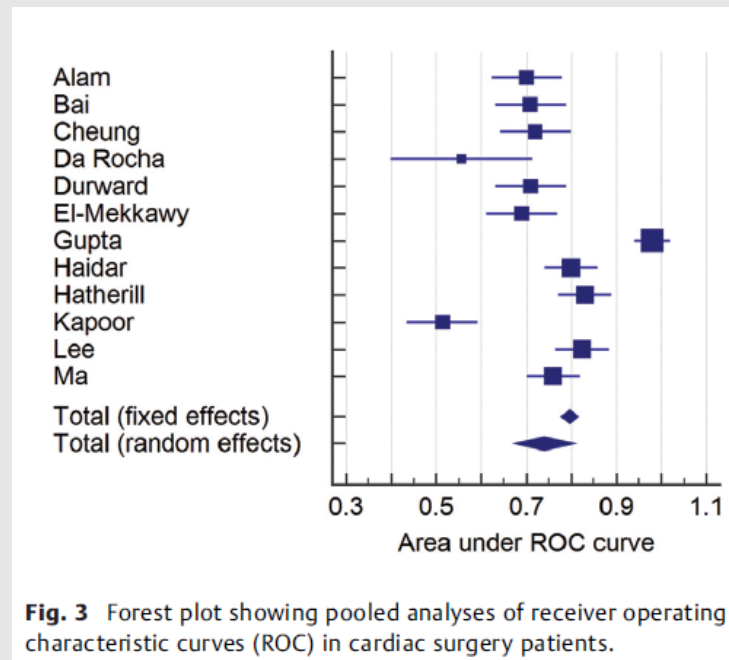
L'utilisation du monitoring du lactate, de la SvO₂ centrale (ScVO₂) et/ou de la DIVA-CO₂ pour optimiser l'hémodynamique permet-elle de diminuer la morbidité périopératoire ?

ABSENCE DE RECOMMANDATION- Les experts ne sont pas en mesure d'émettre une recommandation concernant la DIVA-CO₂ et la ScvO₂.

R3.1 Les experts suggèrent que la surveillance de la lactatémie, dans des circonstances potentiellement associées à une hypoxie tissulaire telles qu'un bas débit peropératoire peut être utile pour estimer la sévérité de la souffrance cellulaire et son évolution.

Prédictibilité correcte des décès en chirurgie cardiaque

Serum Lactate and Mortality during Pediatric Admissions: Is 2 Really the Magic Number? Loomba et al. J Pediatr Intensive Care 2022.



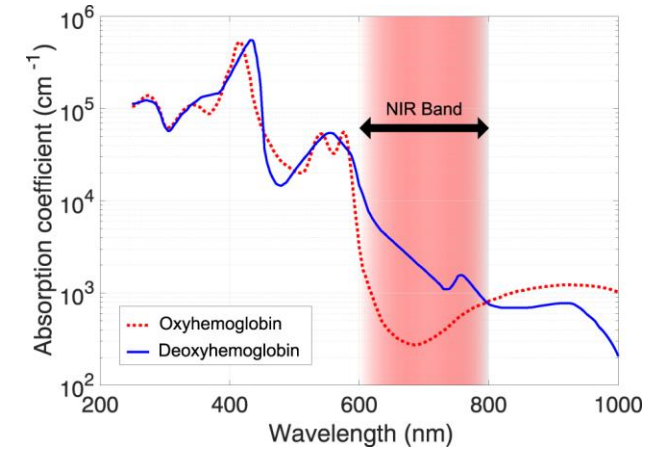
L'utilisation du monitoring de la perfusion/oxygénation tissulaire pour optimiser l'hémodynamique permet-elle de diminuer la morbi-mortalité périopératoire ?

Compte tenu

- De la difficulté de détermination des seuils inférieurs de la pression artérielle
- De la vulnérabilité du nouveau-né et du nourrisson face à la baisse de l'oxygénation cérébrale,
- Du caractère non invasif de l'utilisation du NIRS,
- Du caractère prédictif d'une évolution neurologique défavorable, lors d'une baisse du NIRS en chirurgie cardiaque

Les experts préconisent son utilisation en cas de chirurgie majeure ou de risque cérébral particulier (prématurés et jeunes enfants) pour individualiser la gestion du risque cérébral d'anoxo-ischémie

En cohérence avec les RPP sur l'organisation de l'anesthésie pédiatrique (SFAR/ADARPEF 2023)



R3.2- Les experts suggèrent l'utilisation d'un monitoring de la perfusion/oxygénation tissulaire cérébrale chez l'enfant de moins de 1 an opéré d'une chirurgie majeure ou à risque cérébral particulier pour optimiser l'hémodynamique peropératoire

A practical approach to cerebral near-infrared spectroscopy (NIRS) directed hemodynamic management in noncardiac pediatric anesthesia. Weber et al. Pediatric Anesthesia; 2019.

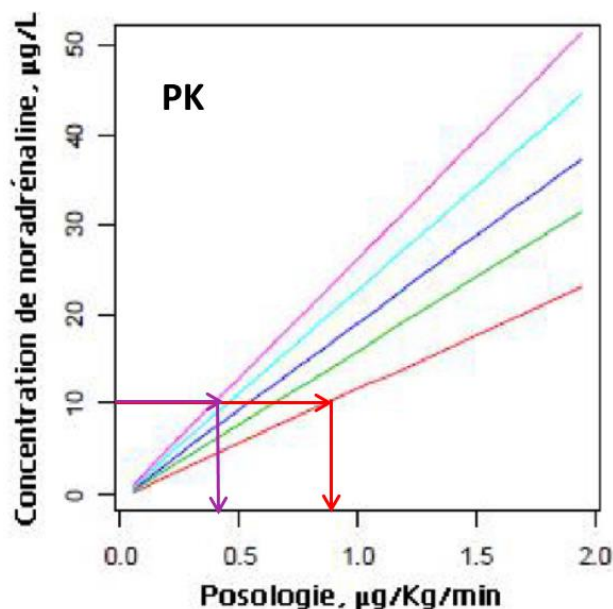
L'utilisation d'un vasoconstricteur (et lequel ?) dans le cadre de l'optimisation l'hémodynamique permet-elle de diminuer la morbi-mortalité périopératoire ?

Pas d'étude chez l'enfant permettant de conclure quant à l'effet sur la morbi-mortalité, de l'utilisation d'un vasoconstricteur en particulier, mais ...

EPHEDRINE : Augmentation des doses rapportées au poids par rapport à l'adulte (x10 <6 mois). *Effective dose of ephedrine for treatment of hypotension after induction of general anaesthesia in neonates and infants less than 6 months of age: a multicentre randomised, controlled, open label, dose escalation trial.* Szostek et al, BJA 2023

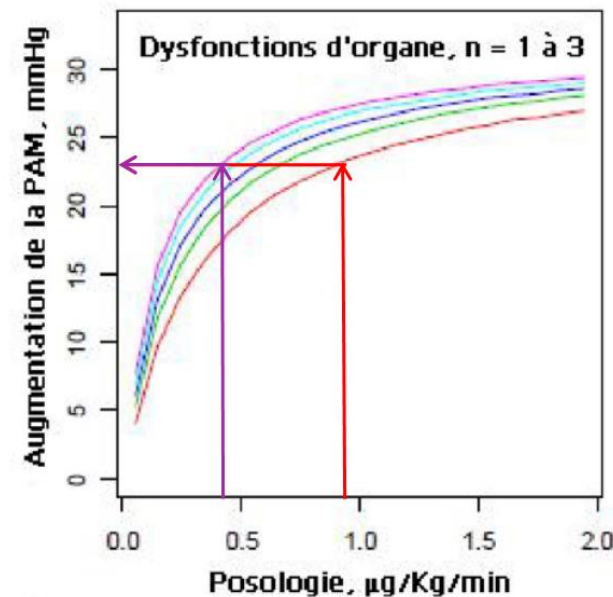
ADRENALINE : Augmentation des doses rapportées au poids par rapport à l'adulte (x2). *Pharmacologie des catécholamines chez l'enfant.* Ouahla et al, Méd. Intensive Réa. 2016.

NORADRENALINE : Augmentation des doses rapportées au poids par rapport à l'adulte (x2). *Population pharmacokinetics and haemodynamic effects of norepinephrine in hypotensive critically ill children.* Oualha et al, Br J Clin Pharmacol 2014



Posologie multipliée par 2, par rapport à l'adulte pour obtenir une même concentration (Augmentation du Vd)

Effet sur la PAM, identique pour une même concentration



R4.2 En cas d'hypotension artérielle peropératoire persistante malgré une expansion volémique adaptée, les experts suggèrent d'utiliser un vasoconstricteur avec des doses rapportées au poids majorées par rapport à l'adulte afin de limiter la durée de l'hypotension artérielle.

Exemple d'algorithme de prise en charge d'une hypotension peropératoire chez l'enfant :

En cas d'hypotension, l'optimisation du débit cardiaque repose en premier lieu sur l'optimisation du VES (contractilité, précharge et postcharge) par un remplissage

Si cette optimisation est insuffisante pour rétablir le niveau de PAM souhaité, l'augmentation des RVS par un vasoconstricteur devient nécessaire.

Avis d'experts

Patient à risque

(<1 an, chirurgie lourde)

- Doppler œsophagien
- Oxygénation cérébrale
- Lactatémie

$$\begin{aligned} \text{PAM} &= \text{DC} \times \text{RVS} \\ &= \text{VES} \times \text{FC} \times \text{RVS} \end{aligned}$$

Contractilité → VES
Précharge → VES
Postcharge → VES

PAM <35 mmHg si < 6 mois
<43 mmHg de 6 mois à 2 ans
<1,5 x âge (ans)+ 40 mmHg si >2 ans



Remplissage 10-20 ml/kg RL

Ephédrine titration (Bolus 0,5 mg/kg)

+/- Albumine 4%

+/- CGR

Si persistance hypotension > 15 min

Noradrénaline 0,05 à 0,2 mcg/kg/min

(Dilution =10 mcg/ml)

NorA sur voie périphérique possible (10 mcg/ml)

Abrar et al. Crit Care Res Pract. 2022