



RECOMMANDATIONS DE PRATIQUES PROFESSIONNELLES

Optimisation hémodynamique périopératoire

- Pédiatrie -

Perioperative hemodynamic optimization

2024

Texte validé par le Comité des Référentiels Cliniques de la SFAR le 12/01/2024, et par le Conseil d'Administration de la SFAR le 24/01/2024.

Auteurs : Jean-Luc FELLAHI, Matthieu BIAIS, Osama ABOU-ARAB, Marc BEAUSSIER, Bernard CHOLLEY, Benjamin CHOUSTERMANN, Isabelle CONSTANT, Olivier DESEBBE, Claude ECOFFEY, Emmanuel FUTIER, Etienne GAYAT, Max GONZALEZ ESTEVEZ, Pierre-Grégoire GUINOT, Matthias JACQUET-LAGREZE, Alexandre JOOSTEN, Florence JULIEN-MARSOLLIER, Marc LILOT, Dan LONGROIS, Emmanuel LORNE, Marie-Reine LOSSER, Frédéric J. MERCIER, Mouhammed MOUSSA, Ségolène MROZEK, Claire ROGER, Benoît TAVERNIER, Marc-Olivier FISCHER, Alice BLET

Auteur pour correspondance : Jean-Luc FELLAHI (jean-luc.fellahi@chu-lyon.fr)

Coordonnateurs d'experts :

Jean-Luc FELLAHI et Matthieu BIAIS

Organisateurs :

Alice BLET et Marc-Olivier FISCHER, pour le CRC de la SFAR

Groupe d'experts (ordre alphabétique) :

Osama ABOU-ARAB, Marc BEAUSSIER, Matthieu BIAIS, Bernard CHOLLEY, Benjamin CHOUSTERMANN, Isabelle CONSTANT, Olivier DESEBBE, Claude ECOFFEY, Jean-Luc FELLAHI, Emmanuel FUTIER, Etienne GAYAT, Max GONZALEZ ESTEVEZ, Pierre-Grégoire GUINOT, Matthias JACQUET-LAGREZE, Alexandre JOOSTEN, Florence JULIEN-MARSOLLIER, Marc LILOT, Dan LONGROIS, Emmanuel LORNE, Marie-Reine

LOSSER, Frédéric J. MERCIER, Mouhamed MOUSSA, Ségolène MROZEK, Claire ROGER, Benoît TAVERNIER

Membres experts du comité IADE

Marie-Pierre MATEZAK et Ludovic MEURET

Chargés de bibliographie :

Paul ABRAHAM et Charles DE ROQUETAILLADE

Groupes de Lecture :

Comité des Référentiels clinique de la SFAR : Alice BLET (Présidente), Hélène CHARBONNEAU (Secrétaire), Aurélien BONNAL, Anaïs CAILLARD, Isabelle CONSTANT (représentante du CA), Hugues DE COURSON, Matthieu DUMONT, Denis FRASCA, El Mahdi HAFIANI, Matthieu JABAUDON, Elise LANGOUET, Daphné MICHELET, Maxime N’GUYEN, Stéphanie RUIZ, Mickael VOURC’H.

Conseil d'Administration de la SFAR : Pierre ALBALADEJO (Président); Jean-Michel CONSTANTIN (1^{er} vice-président), Marc LEONE (2^{ème} vice-président), Karine NOUETTE-GAULAIN (secrétaire général), Frédéric LE SACHE (secrétaire général adjoint), Marie-Laure CITTANOVA (trésorière), Isabelle CONSTANT (trésorière adjointe), Julien AMOUR, Hélène BELOEIL, Valérie BILLARD, Marie-Pierre BONNET, Julien CABATON, Vincent COLLANGE, Evelyne COMBETTES, Marion COSTECALDE, Violaine D’ANS, Laurent DELAUNAY, Delphine GARRIGUE, Pierre KALFON, Olivier JOANNES-BOYAU, Frédéric LACROIX, Jane MURET, Olivier RONTES, Nadia SMAIL.

Conflits et liens d'intérêts des experts SFAR au cours des cinq années précédant la date de validation par le CA de la SFAR.

Osama ABOU-ARAB : pas de conflit ni lien d'intérêt en rapport avec la présente RFE

Marc BEAUSSIER : pas de lien d'intérêt en rapport avec la présente RFE

Matthieu BIAIS : EDWARDS LIFESCIENCE repas transport et hébergement pour des congrès ou autres manifestations scientifiques ; MAQUET CRITICAL CARE repas transport et hébergement pour des congrès ou autres manifestations scientifiques

Bernard CHOLLEY : FRESENIUS KABI investigateur principal pour la France de l'étude internationale PHOENICS (projet hors appel d'offre) qui compare Volulyte et Plasmalyte en remplacement de la spoliation volémique chez les patients de chirurgie abdominale hémorragique. Pas d'indemnités personnelles, mais des « indemnités » d'investigateurs sont versées sur une RAF IFI dans le cadre des surcoûts liés à cette étude ; EDWARDS LIFE SCIENCES : membre d'un advisory board durant 3 ans.

Benjamin CHOUSTERMANN : pas de conflit ni lien d'intérêt en rapport avec la présente RFE

Isabelle CONSTANT : pas de conflit ni lien d'intérêt en rapport avec la présente RFE

Olivier DESEBBE : MEDTRONIC consultant et conférences sur l'oxymétrie cérébrale ; BRAINDEX consultant

Claude ECOFFEY : EDWARDS conférence en 2016

Jean-Luc FELLAHI : MASIMO INC. ; EDWARDS LIFESCENCES ; GETINGE MAQUET MULSION ; BAXTER SAS

Emmanuel FUTIER : EDWARDS LIFESCENCES ; BAXTER

Etienne GAYAT : PHILIPS contrat de recherche ; RADIOMETER contrat de recherche ; BAXTER consultant ; co-inventeur du brevet « Méthode d'évaluation continue du couplage ventriculo-aortique de patients à risque, par analyse de boucles pression-flux » (FR1454338A)

Max GONZALEZ ESTEVEZ : EDWARDS LIFESCENCES repas ; LFB Biomédicaments repas ; VYGON repas

Pierre-Grégoire GUINOT : LFB Hemosims chirurgie cardiaque ; MEDTRONIC (cours, modération ARCOTHOVA)

Matthias JACQUET-LAGREZE : DICARTECH medtech fondateur développement d'un dispositif de mesure du temps de recoloration cutané ; AMOMED Pharma bourse de recherche pour l'étude MELLPOAF

Alexandre JOOSTEN : pas de conflit ni lien d'intérêt en rapport avec la présente RFE

Florence JULIEN-MARSOLLIER : pas de conflit ni lien d'intérêt en rapport avec la présente RFE

Marc LILOT : pas de conflit ni lien d'intérêt en rapport avec la présente RFE

Dan LONGROIS : MEDTRONIC ; EDWARDS LIFESCENCES ; MASIMO

Emmanuel LORNE : pas de conflit ni lien d'intérêt en rapport avec la présente RFE

Marie-Reine LOSSER : GAMIDA frais 2017 ; VYGON frais de congrès 2018 ; EDWARDS LIFESCIENCE frais de séminaire 2020

Marie-Pierre MATEZAK : pas de conflit ni lien d'intérêt en rapport avec la présente RFE

Frédéric J. MERCIER : AGUETTANT : interventions en symposium + activité de consultant sur l'utilisation des vasopresseurs (éphédrine, phényléphrine, noradrénaline) lors de la rachianesthésie pour césarienne programmée

Ludovic MEURET : pas de conflit ni lien d'intérêt en rapport avec la présente RFE

Mouhamed MOUSSA : pas de conflit ni lien d'intérêt en rapport avec la présente RFE

Ségolène MROZEK : pas de conflit ni lien d'intérêt en rapport avec la présente RFE

Claire ROGER : pas de conflit ni lien d'intérêt en rapport avec la présente RFE

Benoît TAVERNIER : GETINGE : hébergement et honoraires pour participation à un symposium satellite au congrès national de la SFAR 2017 (« monitoring hémodynamique : place du non invasif »)

RESUME

Objectif : La Société Française d'Anesthésie et de Réanimation (SFAR) propose un référentiel sur l'optimisation hémodynamique périopératoire.

Conception : Un comité de 27 experts, dont 3 experts pédiatriques, a été constitué. Une politique de déclaration et de suivi des liens d'intérêts a été appliquée et respectée durant tout le processus de réalisation du référentiel. De même, celui-ci n'a bénéficié d'aucun financement provenant d'une entreprise commercialisant un produit de santé (médicament ou dispositif médical). Le comité devait respecter et suivre la méthode GRADE® (*Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation*) pour évaluer la qualité des données factuelles sur lesquelles étaient fondées les recommandations.

Méthodes : Les dernières recommandations SFAR sur la stratégie du remplissage vasculaire périopératoire ont été publiées en 2012. Nous avons souhaité réactualiser ces recommandations après analyse de la littérature selon la méthodologie GRADE® en identifiant 4 champs majeurs : pression artérielle, volume d'éjection systolique et indices dynamiques, indices de perfusion tissulaire, expansion volémique (hors transfusion) et/ou vasoconstricteurs et/ou inotropes. Chaque question a été formulée selon le format PICO (*Patients, Intervention, Comparison, Outcome*). Du fait de la très faible quantité d'études permettant de répondre avec la puissance nécessaire au critère de jugement majeur d'importance la plus élevée, il a été décidé, en amont de la rédaction des recommandations, d'adopter un format de Recommandations pour la Pratique Professionnelle (RPP) plutôt qu'un format de Recommandations Formalisées d'Experts (RFE). Les recommandations ont ensuite été votées par tous les experts selon la méthode GRADE grid.

Résultats : Le travail de synthèse des experts et l'application de la méthode GRADE ont abouti à 9 recommandations concernant l'optimisation hémodynamique périopératoire en pédiatrie. Un accord fort a été obtenu pour 9 recommandations. Enfin, pour 4 questions, aucune recommandation n'a pu être formulée.

Conclusion : 9 recommandations, avec un accord fort entre experts, sur l'optimisation hémodynamique péri-opératoire ont été formulées.

Mots-clés : recommandation, hémodynamique, péri-opératoire

ABSTRACT

Objective: To provide guidelines for the perioperative hemodynamic optimization.

Design: A consensus committee of 27 experts including 3 experts in pediatric anesthesia was convened. A formal conflict-of-interest (COI) policy was developed at the beginning of the process and enforced throughout. The entire guidelines process was conducted independently of any industrial funding (i.e., pharmaceutical, medical devices). The authors were required to follow the rules of the Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation (GRADE®) system to guide assessment of quality of evidence. The potential drawbacks of making strong recommendations in the presence of low-quality evidence were emphasized.

Methods: The latest SFAR guidelines on the perioperative hemodynamic optimization were published in 2012. The literature seems now sufficient for an update. The committee 4 fields: blood pressure, stroke volume and dynamic indices, tissue perfusion parameters, volume expansion (without blood transfusion) and/or vasopressors and/or inotropes. Each question was formulated in a PICO (Patients Intervention Comparison Outcome) format and the evidence profiles were produced. The literature review and recommendations were made according to the GRADE® methodology.

Results: The experts' synthesis work and their application of the GRADE® method resulted in 9 recommendations. As the GRADE® method could not be applied, all recommendations were formulated as expert opinions. 4 questions did not find any response in the literature. Strong agreement was reached for all the recommendations.

Conclusions: There was strong agreement among experts for 24 recommendations to improve practices for the perioperative hemodynamic optimization.

Keywords: guidelines, hemodynamic, perioperative

INTRODUCTION

La prise en charge hémodynamique des patients pédiatriques au bloc opératoire est un défi quotidien pour les anesthésistes-réanimateurs. La population pédiatrique, par essence très hétérogène car incluant des enfants allant du nouveau-né au préadolescent, se caractérise par une grande variabilité interindividuelle des paramètres physiologiques. Dans ce contexte, la première difficulté réside dans l'établissement de valeurs normales de pression artérielle en fonction de l'âge, chez l'enfant éveillé et a fortiori de valeurs cibles chez l'enfant anesthésié. La seconde difficulté concerne l'existence limitée et la fiabilité relative des moyens de monitoring hémodynamique chez le jeune enfant. Ces difficultés inhérentes à la population des jeunes enfants, expliquent la relative pauvreté de la littérature concernant l'optimisation hémodynamique périopératoire, par rapport à l'adulte. Néanmoins le questionnement hémodynamique est présent, et s'est intensifié ces dix dernières années avec la publication d'études suggérant la responsabilité possible des épisodes d'hypotension artérielle peropératoire, dans la survenue de troubles anoxo-ischémiques cérébraux postopératoires. L'objectif de cette partie pédiatrique des RFE est de mettre à la disposition des anesthésistes pédiatriques des préconisations reposant sur des preuves issues de la littérature, complétées lorsqu'elles sont insuffisantes, par des avis d'experts. Ces préconisations sont proposées dans le cadre d'une volonté d'optimisation en termes de qualité et de sécurité de la gestion hémodynamique per-anesthésique des jeunes enfants.

La mortalité postopératoire

Chez les enfants ayant eu un acte anesthésique, le taux de mortalité périopératoire (du peropératoire jusqu'à 30 jours postopératoires) est décrit entre 0,3 à 3,6 % (population de nouveau-nés) dans une revue regroupant les études issues des bases de données américaines [1].

En Europe, la mortalité postopératoire de l'enfant a été estimée à 0,1 % à 30 jours, dans une population incluant des enfants de la naissance à l'âge de 15 ans [2]. Elle était d'autant plus élevée que l'enfant était jeune et qu'il présentait des comorbidités. Dans une seconde étude multicentrique européenne focalisée sur les enfants de moins de 3 mois la mortalité à 30 jours

de l'enfant de moins de 60 semaines d'âge post-conceptionnel, a été évaluée à 2 % [3]. Dans les deux études, il existait une différence non négligeable entre les différents pays européens.

La mortalité périopératoire de l'enfant de moins de 1 an est 4 fois plus importante que chez l'adulte jeune, et deux fois plus importante que chez le sujet de plus de 80 ans [4].

Évaluation du risque périopératoire

Le score ASA est le score le plus simple et le plus couramment utilisé. Sa capacité à prédire la mortalité et la morbidité postopératoire demeure néanmoins limitée. Dans le contexte pédiatrique, le score ASA a récemment évolué, et la catégorie ASA 3 inclut maintenant les nouveau-nés prématurés jusqu'à 60 semaines post-conceptionnelles et les nouveau-nés à terme jusqu'à 6 semaines d'âge post natal [5].

Les scores prédictifs de mortalité ou morbidité périopératoire établis chez l'adulte ne sont pas adaptés chez l'enfant. Une revue des performances des principaux scores prédictifs périopératoire de mortalité chez l'enfant, retrouve plusieurs critères à prendre en compte : on peut citer comme critère principal l'âge (<1 mois), puis le recours préopératoire à la réanimation, le caractère urgent de la procédure et la présence préopératoire d'une pathologie neurologique ou maligne [1]. D'autres éléments tels le volume chirurgical du centre, l'expérience de l'anesthésiste sont également à prendre en compte.

L'optimisation hémodynamique

Comme chez l'adulte, l'optimisation hémodynamique per anesthésique chez l'enfant et ce d'autant qu'il est jeune, est un challenge majeur. L'incidence des événements hémodynamiques critiques classés comme sévères (c'est-à-dire nécessitant une intervention) était de 2 % dans l'étude APRICOT. Dans 5 % de ces cas, l'évolution était immédiatement défavorable (arrêt cardiaque, oxygénation extra-corporelle, reprise chirurgicale, etc...) [2].

Par ailleurs l'incidence des épisodes d'hypotension artérielle nécessitant une intervention correctrice (baisse de plus de 30 % de la pression artérielle) était de 17 % dans l'étude NECTARINE [3].

Il n'existe pas d'étude pédiatrique démontrant que la prise en charge hémodynamique impacte directement la morbi-mortalité à court et moyen termes. Néanmoins depuis la publication d'une série de cas d'encéphalopathies postopératoires observées chez de jeunes

nourrissons, la responsabilité des épisodes d'hypotension artérielle peropératoires dans la genèse de ce type de souffrance cérébrale anoxo-ischémique est largement évoquée [6]. L'optimisation hémodynamique est devenue une réelle préoccupation en anesthésie pédiatrique depuis ces dix dernières années.

Les dernières recommandations françaises émises par la SFAR concernant la stratégie de d'optimisation hémodynamique peropératoire datent d'il y a 10 ans alors que de nouvelles recommandations internationales ont été récemment publiées [7]. Ces recommandations ne concernaient pas la population pédiatrique. Néanmoins, compte tenu des publications mettant en évidence la fréquence des épisodes d'hypotension artérielle peropératoires et leurs conséquences potentiellement délétères sur le plan cérébral chez le jeune enfant, un élargissement au contexte pédiatrique des recommandations de la SFAR apparaît nécessaire. Pour ce faire, et compte tenu du nombre relativement réduit de publications pédiatriques nous avons élargi l'intervalle de temps de publication par rapport à l'adulte et analysé les études publiées entre 1987 et 2022.

Les objectifs de ces nouvelles recommandations incluant l'enfant sont non seulement de proposer une démarche de prise en charge de l'hypotension artérielle au bloc opératoire mais également d'apporter des réponses sur les niveaux de pression artérielle cibles et les moyens de les atteindre.

Dans la plupart des champs, les experts pédiatriques ont choisi des critères de normativité reposant sur des études épidémiologiques, comme pour la pression artérielle ou encore de fiabilité pour les indices dynamiques ou les moyens de monitoring hémodynamique. L'absence d'étude de haut niveau de preuve ne permet pas d'établir des recommandations de GRADE 1 ou 2, néanmoins les experts ont choisi de rappeler un certain nombre de principes pouvant être utiles aux anesthésistes réanimateurs pédiatriques dans une démarche d'optimisation hémodynamique périopératoire sous la forme d'avis d'experts .

Par ailleurs les textes ont été rédigés en cohérence avec les « [RPP sur l'organisation de l'anesthésie pédiatrique](#) », notamment concernant l'utilisation des indices d'oxygénation cérébrale, même si là encore, les recommandations reposent sur des présomptions non

formellement objectivées par des études contrôlées randomisées quasi impossibles à réaliser à l'heure actuelle tant sur le plan éthique que statistique.

Références

- [1] Tangel VE, Krul SD, Stolker RJ, Bramer WM, de Graaff JC, Hoeks SE. Perioperative Mortality in Pediatric Patients: A Systematic Review of Risk Assessment Tools for Use in the Preoperative Setting. *Anesthesiology* 2022;137:555–67. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000004369>.
- [2] Habre W, Disma N, Virag K, Becke K, Hansen TG, Jöhr M, et al. Incidence of severe critical events in paediatric anaesthesia (APRICOT): a prospective multicentre observational study in 261 hospitals in Europe. *Lancet Respir Med* 2017;5:412–25. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(17\)30116-9](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(17)30116-9).
- [3] Disma N, Veyckemans F, Virag K, Hansen TG, Becke K, Harlet P, et al. 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 (NECTARINE). *Br J Anaesth* 2021;126:1157–72. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2021.02.016>.
- [4] Whitlock EL, Feiner JR, Chen L-L. Perioperative Mortality, 2010 to 2014: A Retrospective Cohort Study Using the National Anesthesia Clinical Outcomes Registry. *Anesthesiology* 2015;123:1312–21. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000000882>.
- [5] Statement on ASA Physical Status Classification System n.d. <https://www.asahq.org/standards-and-practice-parameters/statement-on-asa-physical-status-classification-system>
- [6] McCann ME, Schouten ANJ, Dobija N, Munoz C, Stephenson L, Poussaint TY, et al. Infantile postoperative encephalopathy: perioperative factors as a cause for concern. *Pediatrics* 2014;133:e751-757. <https://doi.org/10.1542/peds.2012-0973>.
- [7] Vallet B, Blanloeil Y, Cholley B, Orliaguet G, Pierre S, Tavernier B, et al. Guidelines for perioperative haemodynamic optimization. *Ann Fr Anesth Reanim* 2013;32:e151-158. <https://doi.org/10.1016/j.annfar.2013.09.010>.

Objectif des recommandations

L'objectif de ces Recommandations pour la Pratique Professionnelle (RPP) est de produire un cadre facilitant la prise de décision pour l'optimisation hémodynamique périopératoire en pédiatrie. Le groupe s'est efforcé de produire un nombre minimal de recommandations afin de mettre en évidence les points forts à retenir dans les 4 champs prédéfinis. Les règles de base des bonnes pratiques médicales universelles en anesthésie étant considérées comme connues, elles ont été exclues de ces recommandations ; ces dernières se focalisant sur les éléments spécifiques de la prise en charge de l'optimisation hémodynamique périopératoire en pédiatrie. Le public visé est l'ensemble des anesthésistes-réanimateurs exerçant au bloc opératoire en pédiatrie.

1. Méthodologie

Organisation générale

Ces recommandations sont le résultat du travail d'un groupe d'experts réunis par la SFAR. Chaque expert a rempli une déclaration de conflits d'intérêts avant de débiter le travail d'analyse. Dans un premier temps, le comité d'organisation a défini les objectifs de ces recommandations et la méthodologie utilisée. Les différents champs d'application de ces RPP et les questions à traiter ont ensuite été définis par le comité d'organisation, puis modifiés et validés par les experts. Les questions ont été formulées selon un format PICO (*Population, Intervention, Comparison, Outcome*) après une première réunion du groupe d'experts.

La population « P » du PICO) pour cette RPP est définie comme suit : population pédiatrique ayant une chirurgie non cardiaque sous anesthésie générale ou loco-régionale, hors états de choc (septique, hémorragique, cardiogénique, anaphylactique) jusqu'à la 72^{ème} heure postopératoire.

La population pédiatrique englobe les enfants âgés de la naissance jusqu'à l'âge de 18 ans. Cependant sur le plan physiologique, la puberté (habituellement autour de 10 ans) est le principal facteur modifiant la régulation du système nerveux autonome. Ainsi les experts

proposent que les recommandations pédiatriques concernant l'optimisation hémodynamique périopératoire soient validées pour les enfants prépubères avant l'âge de 10 ans. Au-delà de cet âge, les experts considèrent que les recommandations adultes sont applicables. Au sein de la population étudiée, les experts distinguent si cela est nécessaire et en fonction des questions :

- 1) **Les nouveau-nés** (< 1 mois) qui se caractérisent par une immaturité physiologique notamment cardiaque, rénale et métabolique et chez qui la morbidité anesthésique, décrite en termes d'incidence des arrêts cardiaques est grossièrement 20 fois plus élevée que chez l'adulte sain [1]. Les causes de ces arrêts cardiaques sont décrites comme étant majoritairement d'origine hémodynamique et respiratoire [2].
- 2) **Les nourrissons** (1 mois-1 an) qui se caractérisent sur le plan physiologique essentiellement par une capacité métabolique et un volume de distribution des drogues majorés par rapport à l'adulte. Cette population présente une incidence d'arrêt cardiaque périopératoire grossièrement 10 fois plus élevée que chez le grand enfant ou l'adulte sain [1]. Les causes de ces arrêts cardiaques sont décrites comme étant d'abord respiratoires puis hémodynamiques [3].
- 3) **Les enfants prépubères** (1 à 10 ans), dont les particularités physiologiques sont identiques aux nourrissons mais s'atténuent lorsque l'âge augmente.

Champ des recommandations

Les recommandations formulées concernent 4 champs :

- Champ 1 - Optimisation périopératoire de la pression artérielle
- Champ 2 - Utilisation du volume d'éjection systolique et des indices dynamiques pour guider l'expansion volémique (transfusion exclue)
- Champ 3 - Utilisation des indices de perfusion tissulaire
- Champ 4 - Expansion volémique (hors transfusion) et/ou vasoconstricteurs et/ou inotropes

Une recherche bibliographique extensive du 1er janvier 1987 au 31 mars 2022 était réalisée à partir des bases de données PubMed™ et www.clinicaltrials.gov, par 2 chargés de

bibliographie indépendants et les experts pour chaque champ d'application, selon la méthodologie Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA pour les revues systématiques). Pour être retenues dans l'analyse, les publications devaient être des essais randomisés contrôlés (ERC) et méta-analyses d'ERC et en langue anglaise ou française. En l'absence d'ERC, la recherche était étendue aux études observationnelles traitant de l'optimisation hémodynamique périopératoire publiées en langue anglaise ou française.

Les mots clés utilisés pour la recherche bibliographique ont été :

- Normal values of blood pressure in children
- Pediatric anesthesia and hypotension
- Pediatric anesthesia and Cardiac arrest
- Pediatric anesthesia and morbidity
- Pediatric anesthesia and mortality
- Pediatric anesthesia and respiratory events
- Pediatric anesthesia and hemodynamic
- Pediatric (+/- anesthesia) and cardiac output
- Pediatric (+/- anesthesia) and cardiac index
- Pediatric (+/- anesthesia) and stroke volume
- Pediatric (+/- anesthesia) and fluid +/- responsiveness +/- challenge +/- bolus
- Pediatric (+/- anesthesia) and dynamic parameter
- Pediatric (+/- anesthesia) and static parameter

La méthode de travail utilisée pour l'élaboration de ces recommandations est la méthode GRADE® (*Grade of Recommendation Assessment, Development and Evaluation*). Cette méthode permet, après une analyse qualitative et quantitative de la littérature, de déterminer séparément la qualité des preuves, et donc de donner une estimation de la confiance que l'on peut avoir de l'analyse quantitative et un niveau de recommandation.

La qualité des preuves est répartie en quatre catégories :

- Haute : les recherches futures ne changeront très probablement pas la confiance dans l'estimation de l'effet ;
- Modérée : les recherches futures changeront probablement la confiance dans l'estimation de l'effet et pourraient modifier l'estimation de l'effet lui-même ;
- Basse : les recherches futures auront très probablement un impact sur la confiance dans

l'estimation de l'effet et modifieront probablement l'estimation de l'effet lui-même ;

- Très basse : l'estimation de l'effet est très incertaine.

Un niveau de preuve a été défini pour chacune des références bibliographiques citées en fonction du type de l'étude. Du fait de la très faible quantité d'études permettant de répondre avec la puissance nécessaire au critère de jugement majeur d'importance la plus élevée, il a été décidé, en amont de la rédaction des recommandations, d'adopter un format de Recommandations pour la Pratique Professionnelle (RPP) plutôt qu'un format de Recommandations Formalisées d'Experts (RFE). La méthodologie GRADE a toutefois été appliquée pour l'analyse de la littérature et la rédaction des tableaux récapitulatifs des données de la littérature. Un niveau de preuve a donc été défini pour chacune des références bibliographiques citées en fonction du type de l'étude. Ce niveau de preuve pouvait être ré-évalué en tenant compte de la qualité méthodologique de l'étude, de la cohérence des résultats entre les différentes études, du caractère direct ou non des preuves, de l'analyse de coût et de l'importance du bénéfice. Les critères de jugement ont été définis en amont de la façon suivante :

- critères de jugement majeurs : mortalité (importance 9), morbidité (importance 8), complications cérébrales (importance 8)
- critères de jugement secondaires : optimiser l'hémodynamique peropératoire (importance 4), maintien de l'homéostasie biologique et circulatoire (importance 4), limiter la souffrance cellulaire (importance 3), limiter le volume d'expansion volémique (importance 2), limiter la durée de l'hypotension artérielle (importance 2)

Les recommandations ont ensuite été rédigées en utilisant la terminologie des RPP de la SFAR « les experts suggèrent de faire » ou « les experts suggèrent de ne pas faire ».

Les propositions de recommandations ont été présentées et discutées une à une. Le but n'était pas d'aboutir obligatoirement à un avis unique et convergent des experts sur l'ensemble des propositions, mais de dégager les points de concordance et les points de divergence ou d'indécision. Chaque recommandation a alors été évaluée par chacun des

experts et soumise à une cotation individuelle à l'aide d'une échelle allant de 1 (désaccord complet) à 9 (accord complet). La force de la recommandation est déterminée en fonction de cinq facteurs clés et validée par les experts après un vote, en utilisant la méthode GRADE Grid :

- Estimation de l'effet : plus il est important, plus probablement la recommandation sera forte;
- Le niveau global de preuve : plus il est élevé, plus probablement la recommandation sera forte;
- La balance entre effets désirables et indésirables : plus celle-ci est favorable, plus probablement la recommandation sera forte ;
- Les valeurs : en cas d'incertitude de l'estimateur ou de grande variabilité de son écart-type, la force de la recommandation sera probablement plus faible ;
- La préférence : doivent être obtenues au mieux auprès des personnes concernées (patient, médecin, décisionnaire);
- Coûts : plus les coûts ou l'utilisation des ressources sont élevés, plus probablement la recommandation sera faible.

Les avis d'experts, exprimant par définition un consensus entre les experts en l'absence de littérature suffisamment forte pour grader ces recommandations, devaient nécessairement obtenir un accord fort (i.e. au moins 70 % d'opinions allant dans la même direction, tandis que moins de 20 % d'entre eux exprimaient une opinion contraire). En l'absence de validation d'une ou de plusieurs recommandation(s), celle(s)-ci étai(en)t reformulée(s) et, de nouveau, soumise(s) à cotation dans l'objectif d'aboutir à un consensus. Si les recommandations n'avaient pas obtenu un nombre suffisant d'opinions favorables et/ou obtenu un nombre trop élevé d'opinions défavorables, elles n'étaient pas éditées.

Une absence de recommandations signifie qu'il n'y a pas suffisamment d'études dans la littérature pour conclure qu'il faut faire ou ne pas faire. Il est nécessaire de réaliser d'autres études pour pouvoir conclure sur cette question. Dans ce cas, une évaluation personnalisée du rapport bénéfice/risque de chaque patient doit conduire à une prise en charge individualisée. Une absence de recommandation doit être bien différenciée d'une

recommandation négative : « Il est recommandé de ne pas faire ». Dans ce cas, la littérature existe et est suffisamment robuste pour conduire à une recommandation négative.

2. Résultats

Champs des recommandations

Les experts ont consensuellement décidé lors de la première réunion d'organisation de ces RPP, de traiter 7 questions réparties en 4 champs. Les questions suivantes ont été retenues pour le recueil et l'analyse de la littérature :

Champ 1 - Optimisation périopératoire de la pression artérielle

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

Champ 2 - Utilisation du volume d'éjection systolique et des indices dynamiques pour guider l'expansion volémique (transfusion exclue)

- L'utilisation d'un monitoring du volume d'éjection systolique permet-il de diminuer la morbi-mortalité périopératoire ?
- L'utilisation des indices dynamiques seuls pour optimiser l'expansion volémique permet-elle de diminuer la morbi-mortalité périopératoire ?

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

- L'utilisation du monitoring du lactate artériel, de la saturation veineuse en oxygène (SvO₂) et/ou de la différence veino-artérielle en CO₂ (DIVA-CO₂) pour optimiser l'hémodynamique permet-elle de diminuer la morbi-mortalité périopératoire ?
- L'utilisation du monitoring de la perfusion/oxygénation tissulaire pour optimiser l'hémodynamique permet-elle de diminuer la morbi-mortalité périopératoire ?

Champ 4 - Expansion volémique (hors transfusion) et/ou vasoconstricteurs et/ou inotropes

- Quel soluté d'expansion volémique présente le meilleur rapport efficacité/sécurité pour optimiser l'hémodynamique périopératoire ?

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

Synthèse des résultats

Le travail de synthèse des experts et l'application de la méthode GRADE ont abouti à 9 avis d'experts. Un accord fort a été obtenu pour 9 avis d'experts. Enfin, pour 4 questions, aucun avis d'experts n'a pu être formulé.

La SFAR incite tous les anesthésistes-réanimateurs à se conformer à ces RPP pour optimiser la qualité des soins dispensés aux patients. Cependant, chaque praticien doit exercer son propre jugement dans l'application de ces recommandations, en prenant en compte son expertise et les spécificités de son établissement, pour déterminer la méthode d'intervention la mieux adaptée à l'état du patient dont il a la charge.

Références

- [1] Zgleszewski SE, Graham DA, Hickey PR, Brustowicz RM, Odegard KC, Koka R, et al. Anesthesiologist- and System-Related Risk Factors for Risk-Adjusted Pediatric Anesthesia-Related Cardiac Arrest. *Anesth Analg* 2016;122:482–9. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000001059>.
- [2] Disma N, Veyckemans F, Virag K, Hansen TG, Becke K, Harlet P, et al. 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 (NECTARINE). *Br J Anaesth* 2021;126:1157–72. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2021.02.016>.
- [3] Habre W, Disma N, Virag K, Becke K, Hansen TG, Jöhr M, et al. Incidence of severe critical events in paediatric anaesthesia (APRICOT): a prospective multicentre observational study in 261 hospitals in Europe. *Lancet Respir Med* 2017;5:412–25. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(17\)30116-9](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(17)30116-9).

CHAMP 1 - Optimisation périopératoire de la pression artérielle

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.

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.

Avis d'experts (Accord fort)

Argumentaire : La définition des valeurs seuils de pression artérielle (PA) est discutée chez l'enfant sous anesthésie générale. Il n'existe pas d'étude associant mortalité à un seuil de pression artérielle systolique ou moyenne sous anesthésie.

Chez l'enfant éveillé, l'évolution des niveaux de PA avec l'âge et la variabilité interindividuelle très importante, rendent complexe la définition des valeurs normales. Les valeurs de PA jugées normales « épidémiologiquement » sont exprimées sous forme de percentiles, en fonction de l'âge, de la taille, du poids et du sexe (*Annexe 1*) [1]. En contexte de réanimation, des valeurs limites de PA ont été proposées pour définir un état de choc, mais ces valeurs diffèrent selon les sources [2-3]. Haque et al. ont analysé une base de données de PA issues de plus de 60 000 enfants sains de plus de 1 an. Ils ont établi des courbes du 5e au 95e percentiles en fonction de la taille et proposé des formules de calcul simplifié de PAS et PAM (50^{ème} et 5^{ème} percentile) [4]. Les valeurs inférieures au 5^e percentile définissent classiquement l'hypotension mais elles sont en pratique inférieures aux cibles utilisées dans la réanimation des chocs [5]. (*cf. Annexes*)

Chez le nouveau-né à terme sain et éveillé, la PA s'élève rapidement dans la première semaine de vie, passant de J0 à J7, de 63 à 71 mmHg pour la PAS, et de 48 à 54 mmHg pour la PAM [6]. Chez le nouveau-né prématuré, il est classiquement recommandé de choisir l'âge post-conceptionnel en semaines comme limite inférieure de PAM [7], ce qui tendrait à préconiser un seuil de 40 mmHg chez le nouveau-né à terme .

Chez l'enfant anesthésié, l'extrapolation des seuils d'hypotension définis chez l'enfant éveillé est complexe et les valeurs considérées au quotidien comme seuils d'hypotension peranesthésique sont très variables selon les praticiens allant d'une réduction de 10 % à une réduction de 40 % par rapport à la PA avant induction [8]. Nafiu et al retrouvent une hypotension (PAS en mmHg < 70 + 2 fois l'âge en années) avant l'incision chez 36 % des enfants ; une hypotension avant induction, un

score ASA ≥ 3 , et la co-induction au propofol apparaissent comme des facteurs de risques indépendants d'hypotension artérielle peropératoire [9].

A partir d'une étude rétrospective multicentrique, incluant 116 362 anesthésies d'enfants ASA I et II, De Graaff construit des courbes « de référence » en fonction de l'âge, représentant les valeurs moyennes de PAS et de PAM (50^e Pe) peranesthésiques ainsi que celles correspondant à +/- 1 DS (84^e/16^e Pe) et +/- 2 DS (97,5^e/2,5^e Pe) [10]. Comparées aux valeurs chez l'enfant éveillé [1], les valeurs moyennes de PAS et PAM relevées sous anesthésie, étaient plus basses, cette différence étant d'autant plus importante que l'enfant est jeune, de l'ordre pour la PAS de 30 % chez le nouveau-né, de 25 % à 3 mois, de 20 % à 9 mois, 15 % à 1 an, et inférieur à 10 % à partir de 3 ans. (cf. Annexes)

En termes de morbidité potentielle, Mac Cann décrit une encéphalopathie postopératoire chez 6 jeunes nourrissons (<48 SA) anesthésiés entre 120 et 180 minutes sans problème particulier. La PAS en peropératoire était le plus souvent inférieure à 60 mmHg (seuil d'hypotension selon la PALS (Pediatric Advanced Life Support)). D'autres facteurs étaient possiblement impliqués (hypocapnie et hypoglycémie) [11].

Chez les enfants de moins de 6 mois anesthésiés au sévoflurane (1 MAC), lorsque la PAM est maintenue entre 35 et 45 mmHg, la balance apports/consommation d'oxygénation cérébrale est maintenue positive. En deçà de 35 mmHg, l'oxygénation cérébrale peut être compromise notamment en cas d'hypocapnie ou d'anémie [12]. Chez les enfants entre 6 mois et 2 ans, le seuil de PAM associé à un risque de baisse de l'oxygénation cérébrale est de 43 mmHg [13]. Ce seuil correspond au 5^{ème} percentile de PAM chez l'enfant de 2 ans, issu des données de Haque [4]. Au-delà de 2 ans, les experts proposent de respecter les seuils de PAM (5^{ème} percentile) issus de cette dernière étude et calculés de façon simple en fonction de l'âge [$1,5 \times \text{âge (ans)} + 40$]. (cf. Annexes).

Références

- [1] Report of the Second Task Force on Blood Pressure Control in Children--1987. Task Force on Blood Pressure Control in Children. National Heart, Lung, and Blood Institute, Bethesda, Maryland. *Pediatrics* 1987;79:1–25.
- [2] Topjian AA, Raymond TT, Atkins D, Chan M, Duff JP, Joyner BL, et al. Part 4: Pediatric Basic and Advanced Life Support: 2020 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2020;142:S469–523. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000901>.
- [3] Goldstein B, Giroir B, Randolph A, International Consensus Conference on Pediatric Sepsis. International pediatric sepsis consensus conference: definitions for sepsis and organ dysfunction in pediatrics. *Pediatr Crit Care Med* 2005;6:2–8. <https://doi.org/10.1097/01.PCC.0000149131.72248.E6>.
- [4] Haque IU, Zaritsky AL. Analysis of the evidence for the lower limit of systolic and mean arterial pressure in children. *Pediatr Crit Care Med* 2007;8:138–44. <https://doi.org/10.1097/01.PCC.0000257039.32593.DC>.
- [5] Perkins GD, Gräsner J-T, Semeraro F, Olasveengen T, Soar J, Lott C, et al. Corrigendum to “European Resuscitation Council Guidelines 2021: Executive summary” [Resuscitation (2021) 1-60]. *Resuscitation* 2021;163:97–8. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2021.04.012>.

- [6] Pejovic B, Peco-Antic A, Marinkovic-Eric J. Blood pressure in non-critically ill preterm and full-term neonates. *Pediatr Nephrol* 2007;22:249–57. <https://doi.org/10.1007/s00467-006-0311-3>.
- [7] Flynn JT. The hypertensive neonate. *Semin Fetal Neonatal Med* 2020;25:101138. <https://doi.org/10.1016/j.siny.2020.101138>.
- [8] Nafiu OO, Voepel-Lewis T, Morris M, Chimbira WT, Malviya S, Reynolds PI, et al. How do pediatric anesthesiologists define intraoperative hypotension? *Paediatr Anaesth* 2009;19:1048–53. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9592.2009.03140.x>.
- [9] Nafiu OO, Kheterpal S, Morris M, Reynolds PI, Malviya S, Tremper KK. Incidence and risk factors for preincision hypotension in a noncardiac pediatric surgical population. *Paediatr Anaesth* 2009;19:232–9. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9592.2008.02871.x>.
- [10] de Graaff JC, Pasma W, van Buuren S, Duijghuisen JJ, Nafiu OO, Kheterpal S, et al. Reference Values for Noninvasive Blood Pressure in Children during Anesthesia: A Multicentered Retrospective Observational Cohort Study. *Anesthesiology* 2016;125:904–13. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000001310>.
- [11] McCann ME, Schouten ANJ, Dobija N, Munoz C, Stephenson L, Poussaint TY, et al. Infantile postoperative encephalopathy: perioperative factors as a cause for concern. *Pediatrics* 2014;133:e751-757. <https://doi.org/10.1542/peds.2012-0973>.
- [12] Rhondali O, André C, Pouyau A, Mahr A, Juhel S, De Queiroz M, et al. Sevoflurane anesthesia and brain perfusion. *Paediatr Anaesth* 2015;25:180–5. <https://doi.org/10.1111/pan.12512>.
- [13] Rhondali O, Juhel S, Mathews S, Cellier Q, Desgranges F-P, Mahr A, et al. Impact of sevoflurane anesthesia on brain oxygenation in children younger than 2 years. *Paediatr Anaesth* 2014;24:734–40. <https://doi.org/10.1111/pan.12397>.

Champ 2 - Utilisation du volume d'éjection systolique et des indices dynamiques pour guider l'expansion volémique (transfusion exclue)

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 ?

ABSENCE DE RECOMMANDATION : Après analyse de la littérature, les experts ne sont pas en mesure d'émettre une recommandation concernant l'intérêt de l'utilisation du monitoring du volume d'éjection systolique pour optimiser l'hémodynamique afin de diminuer la morbi-mortalité périopératoire pour la population pédiatrique générale.

ABSENCE DE RECOMMANDATION (Accord fort)

ABSENCE DE RECOMMANDATION : Après analyse de la littérature, les experts ne sont pas en mesure d'émettre une recommandation concernant l'intérêt de l'utilisation des indices dynamiques pour optimiser l'expansion volémique afin de diminuer la morbi-mortalité périopératoire pour la population pédiatrique générale.

ABSENCE DE RECOMMANDATION (Accord fort)

R2.1 – 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.

AVIS D'EXPERT (Accord fort)

Argumentaire : Les experts n'ont pas retrouvé d'études évaluant l'impact de l'utilisation du monitoring du volume d'éjection systolique intraopératoire ni des indices hémodynamiques statiques et/ou dynamiques périopératoires sur la mortalité et/ou la morbidité en population pédiatrique et/ou néonatale.

L'analyse du contour de l'onde de pouls calibrée par thermodilution transpulmonaire (cathéter artériel fémoral en pédiatrie) est l'outil préférentiellement utilisé pour monitorer le débit cardiaque invasif en continu durant les soins critiques pédiatriques de l'enfant de plus de 5 kg. Cette utilisation pourrait être extrapolée au peropératoire [1-2].

En situation d'anesthésie et d'accessibilité du thorax de l'enfant, l'échocardiographie trans-thoracique (ETT) pourrait être privilégiée comme outil de monitoring intermittent. L'échocardiographie trans-oesophagienne (ETO) trouve sa place pour le patient à haut risque avec retentissement cardiaque prévisible en peropératoire et si inaccessibilité au thorax de l'enfant pour ETT. L'ETO et le Doppler œsophagien, chez le nouveau-né à partir de 3 kg, requièrent une anesthésie générale et une sonde d'intubation [3-4].

Les outils de mesure du débit cardiaque continu, non invasifs, dérivés de l'analyse du contour de l'onde de pouls en pédiatrie (population >10 ans) ne sont pas interchangeables avec la mesure par ETT et surestiment le débit cardiaque en situation de bas débit cardiaque [5].

Parmi les indices dynamiques hémodynamiques en pédiatrie, les études explorant la prédictibilité de l'expansion volémique par le Plethysmographic Variability Index (PVI) sont discordantes. Une méta-analyse incluant peu d'études et avec une forte hétérogénéité a conclu sur l'éventuelle prédictibilité de l'expansion volémique en pédiatrie de cet outil, justifiant le besoin d'étude complémentaire avant toute recommandation [6].

Doppler œsophagien :

L'utilisation largement répandue du Doppler œsophagien (sonde de petit diamètre +/- 5mm) justifie une attention particulière. Il existe peu de preuves confirmant l'utilité du Doppler œsophagien pour prédire la réponse à l'expansion volémique, dont les valeurs statiques n'étaient que faiblement corrélées à celles obtenues en thermodilution transpulmonaire [7-8]. Cependant, une étude publiée en 2012, incluant 50 nouveaux nés et nourrissons entre 2,5 et 5 kg, retrouvait un seuil de VES indexé (SVi) ≤ 25 ml/m² (sensibilité : 92 %, spécificité : 83 %) [9]. Une étude ultérieure retrouvait ce même seuil de SVi de 25 ml/m² (sensibilité : 64 %, spécificité : 83 %) et une zone grise entre 22 et 31 ml/m² pour 54 enfants de 2 à 10 ans (11 à 45 kg) avec anesthésie générale pour chirurgie non-cardiaque [10]. Une autre étude publiée en 2015 ayant inclus 31 patients de soins intensifs, du nouveau-né jusqu'à l'enfant âgé de 13 ans, retrouvait un seuil du pic de vélocité systolique aortique $\leq 135,5$ cm/s (sensibilité : 69 %, spécificité : 73 %) [11]. Le seuil pourrait varier selon l'âge de l'enfant. Une étude de soins intensifs pédiatriques a retrouvé en 2001, chez 94 enfants de 4 jours à 16 ans, un seuil de Doppler corrected flow time (FTc) de 0,394 s (sensibilité : 90 %, spécificité : 62 %) permettant de prédire la réponse à l'expansion volémique [12].

Les experts considèrent qu'en situation de bonne qualité de signal, les paramètres hémodynamiques fournis par le doppler œsophagien pour une population de patients pédiatriques intubés et ventilés, peuvent guider les cliniciens pour la prédiction de l'efficacité de l'expansion volémique, en particulier lors de titration de celle-ci.

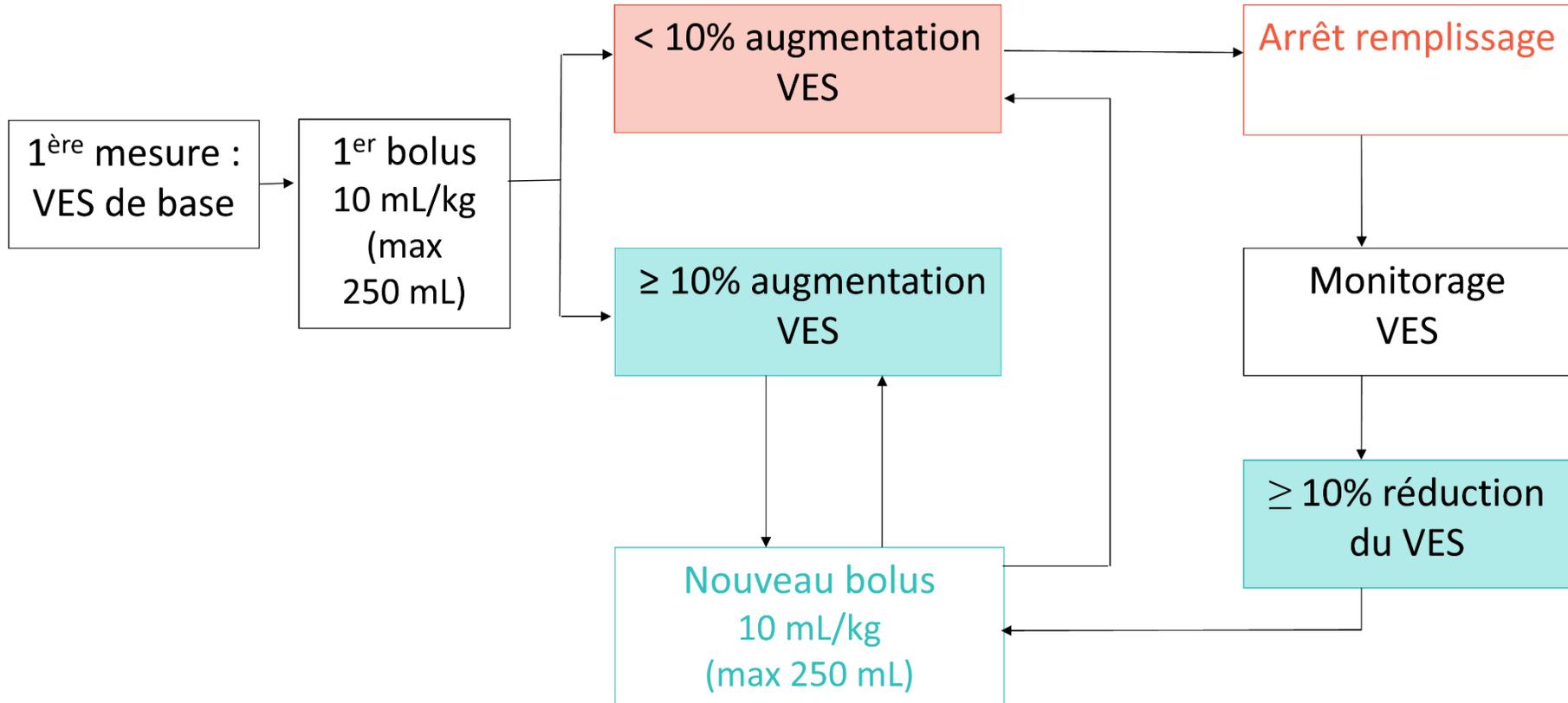
Références :

- [1] Singh Y, Villaescusa JU, da Cruz EM, Tibby SM, Bottari G, Saxena R, Guillén M, Herce JL, Di Nardo M, Cecchetti C, Brierley J, de Boode W, Lemson J. Recommendations for hemodynamic monitoring for critically ill children-expert consensus statement issued by the cardiovascular dynamics section of the European Society of Paediatric and Neonatal Intensive Care (ESPNIC). Crit Care. 2020 Oct 22;24(1):620. doi: 10.1186/s13054-020-03326-2. PMID: 33092621; PMCID: PMC7579971.
- [2] Proulx F, Lemson J, Choker G, Tibby SM. Hemodynamic monitoring by transpulmonary thermodilution and pulse contour analysis in critically ill children. Pediatr Crit Care Med. 2011 Jul;12(4):459-66. doi: 10.1097/PCC.0b013e3182070959. PMID: 21263372.
- [3] Tibby SM, Hatherill M, Murdoch IA. Use of transesophageal Doppler ultrasonography in ventilated pediatric patients: derivation of cardiac output. Crit Care Med. 2000 Jun;28(6):2045-50. doi: 10.1097/00003246-200006000-00061. PMID: 10890662
- [4] Tibby SM, Hatherill M, Durward A, Murdoch IA. Are transoesophageal Doppler parameters a reliable guide to paediatric haemodynamic status and fluid management? Intensive Care Med. 2001 Jan;27(1):201-5. doi: 10.1007/s001340000795. PMID: 11280635.

- [5] Zócalo Y, Díaz A, Bia D. Cardiac Output Monitoring in Children, Adolescents and Adults Based on Pulse Contour Analysis: Comparison with Echocardiography-Derived Data and Identification of Factors Associated with Their Differences. *Cardiovasc Eng Technol*. 2020 Feb;11(1):67-83. doi: 10.1007/s13239-019-00439-w. Epub 2019 Nov 27. PMID: 31777012.
- [6] Desgranges FP, Evain JN, Pereira de Souza Neto E, Raphael D, Desebbe O, Chassard D. Does the plethysmographic variability index predict fluid responsiveness in mechanically ventilated children? A meta-analysis. *Br J Anaesth*. 2016 Sep;117(3):409-10. doi: 10.1093/bja/aew245. PMID: 27543550.
- [7] Lee JH, Kim EH, Jang YE, Kim HS, Kim JT. Fluid responsiveness in the pediatric population. *Korean J Anesthesiol*. 2019 Oct;72(5):429-440. doi: 10.4097/kja.19305. Epub 2019 Oct 1. Erratum in: *Korean J Anesthesiol*. 2019 Dec;72(6):624. Erratum in: *Korean J Anesthesiol*. 2021 Apr;74(2):188. PMID: 31591858; PMCID: PMC6781210.
- [8] Working Group on Non-invasive Haemodynamic Monitoring in Paediatrics, Knirsch W, Kretschmar O, Tomaske M, Stutz K, Nagdyman N, Balmer C, Schmitz A, Berger F, Bauersfeld U, Weiss M. Comparison of cardiac output measurement using the CardioQP oesophageal Doppler with cardiac output measurement using thermodilution technique in children during heart catheterisation. *Anaesthesia*. 2008 Aug;63(8):851-5. doi: 10.1111/j.1365-2044.2008.05495.x. Epub 2008 Jun 28. PMID: 18557743.
- [9] Raux O, Spencer A, Fesseau R, Mercier G, Rochette A, Bringuier S, Lakhil K, Capdevila X, Dadure C. Intraoperative use of transoesophageal Doppler to predict response to volume expansion in infants and neonates. *Br J Anaesth*. 2012 Jan;108(1):100-7. doi: 10.1093/bja/aer336. Epub 2011 Oct 20. PMID: 22021899.
- [10] Julien F, Hilly J, Sallah TB, Skhiri A, Michelet D, Brasher C, Varin L, Nivoche Y, Dahmani S. Plethysmographic variability index (PVI) accuracy in predicting fluid responsiveness in anesthetized children. *Paediatr Anaesth*. 2013 Jun;23(6):536-46. doi: 10.1111/pan.12139. Epub 2013 Mar 23. PMID: 23521073.
- [11] Weber T, Wagner T, Neumann K, Deusch E. Low predictability of three different noninvasive methods to determine fluid responsiveness in critically ill children. *Pediatr Crit Care Med*. 2015 Mar;16(3):e89-94. doi: 10.1097/PCC.0000000000000364. PMID: 25647238.
- [12] Tibby SM, Hatherill M, Durward A, Murdoch IA. Are transoesophageal Doppler parameters a reliable guide to paediatric haemodynamic status and fluid management? *Intensive Care Med*. 2001 Jan;27(1):201-5. doi: 10.1007/s001340000795. PMID: 11280635.



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



Commentaires :

VES de base = première mesure de VES obtenue, que ce soit avant ou après induction d'anesthésie.

Le bolus d'expansion volémique s'entend comme l'administration rapide (<10 minutes) de 10 mL/kg et maximum 250 mL de cristalloïdes.

Il est possible de ne pas observer d'augmentation du VES après un bolus alors que le patient est toujours précharge-dépendant en cas de saignement ou de vasodilatation concomitante (effet opposé à celui de l'expansion volémique sur le retour veineux). Il faut donc refaire le test d'expansion volémique à distance de l'induction d'anesthésie (vasodilatation) ou après contrôle d'un épisode de saignement peropératoire.

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 morbi-mortalité périopératoire ?

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.

Avis d'experts (Accord fort)

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

ABSENCE DE RECOMMANDATION (Accord fort)

Argumentaire :

La mesure de la lactatémie a été essentiellement étudiée dans le choc septique chez l'enfant [1]. Une baisse de ce taux apparaît comme un facteur prédictif de l'efficacité d'une optimisation hémodynamique suggérant son utilisation [2]. Les valeurs seuil restent discutées. Récemment une analyse systématique d'études pédiatriques évaluant la relation entre la mortalité à l'hôpital et la lactatémie à l'admission suggèrent que ce dosage permet de prédire les patients à haut risque de décès y compris en période postopératoire de chirurgie cardiaque [3].

Chez l'enfant et en dehors de la chirurgie cardiaque, il n'existe pas d'étude démontrant que l'utilisation de la DIVA-CO₂ diminue la morbi-mortalité périopératoire.

Même s'il n'a pas été retrouvé de corrélation entre la DIVA-CO₂ et le débit cardiaque, la DIVA-CO₂ apparaît comme un facteur prédictif de gravité [4]. Néanmoins, son influence sur l'amélioration du pronostic n'est pas établie et compte tenu de son caractère invasif, ce dispositif n'est pas recommandé. Des études complémentaires sont nécessaires pour conclure sur ce paramètre.

Références

[1] Davis AL, Carcillo JA, Aneja RK, Deymann AJ, Lin JC, Nguyen TC, et al. American College of Critical Care Medicine Clinical Practice Parameters for Hemodynamic Support of Pediatric and Neonatal Septic Shock. Crit Care Med 2017;45:1061–93. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000002425>.

[2] Scott HF, Brou L, Deakynne SJ, Kempe A, Fairclough DL, Bajaj L. Association Between Early Lactate Levels and 30-Day Mortality in Clinically Suspected Sepsis in Children. JAMA Pediatr 2017;171:249–55. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2016.3681>.

[3] Loomba RS, Farias JS, Villarreal EG, Flores S. Serum Lactate and Mortality during Pediatric Admissions: Is 2 Really the Magic Number? J Pediatr Intensive Care 2022;11:83–90. <https://doi.org/10.1055/s-0042-1743180>.

[4] Insom G, Marinari E, Scolari AF, Garisto C, Vitale V, Di Chiara L, et al. Venous-arterial CO₂ difference and cardiac index in children after cardiac surgery. *Cardiol Young* 2021;31:597–601. <https://doi.org/10.1017/S1047951120004357>.

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

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 .

Avis d'experts (Accord fort)

Argumentaire :

Le NIRS (ou spectroscopie de proche infrarouge) est un outil permettant d'estimer l'oxygénation cérébrale à partir du calcul de l'oxyhémoglobine et de la désoxyhémoglobine par absorbance lumineuse.

Parmi les causes d'altération de l'oxygénation tissulaire cérébrale, la composante hémodynamique joue un rôle majeur par le biais de la perfusion cérébrale. Cette dernière, bien qu'auto régulée dans un certain intervalle de niveau de pression artérielle, peut néanmoins être insuffisante si l'autorégulation est partiellement inhibée par les agents anesthésiques et/ou si les seuils d'autorégulation sont dépassés. Les valeurs de pression artérielle à respecter étant difficiles à définir chez le jeune enfant anesthésié (cf. champ 1), l'utilisation d'un monitoring de l'oxygénation tissulaire cérébrale pourrait permettre un feedback physiopathologique permettant de limiter les effets délétères potentiels d'une pression artérielle insuffisante pour assurer une perfusion cérébrale correcte. Dans ce sens, une baisse de 20 % de la valeur du NIRS pourrait être associée à une baisse du débit sanguin cérébral et doit être traitée.

L'utilisation du NIRS chez les enfants de moins de 1 an, apparaît comme un facteur d'optimisation des différents paramètres intervenant dans le débit de perfusion cérébrale en association avec le monitoring standard (saturation artérielle en oxygène, pression artérielle, fréquence cardiaque, niveau d'hémoglobine) [1, 2]. Des algorithmes ont été proposés et peuvent guider la prise en charge en cas de baisse de plus de 20 %, afin d'optimiser la perfusion cérébrale en oxygène [3, 4]. Des études supplémentaires sont nécessaires pour démontrer la pertinence en termes de morbidité et mortalité [5]. Néanmoins compte tenu des présomptions existantes et du caractère non invasif de l'utilisation du NIRS, les experts préconisent son utilisation en cas de chirurgie majeure ou de risque cérébral particulier (prématurés et très jeunes enfants).

Références

[1] Michelet D, Arslan O, Hilly J, Mangalsuren N, Brasher C, Grace R, et al. Intraoperative changes in blood pressure associated with cerebral desaturation in infants. *Paediatr Anaesth* 2015;25:681–8. <https://doi.org/10.1111/pan.12671>.

[2] Weber F, Scoones GP. A practical approach to cerebral near-infrared spectroscopy (NIRS) directed hemodynamic management in noncardiac pediatric anesthesia. Paediatr Anaesth 2019;29:993–1001. <https://doi.org/10.1111/pan.13726>.

[3] Murkin JM. NIRS: a standard of care for CPB vs. an evolving standard for selective cerebral perfusion? J Extra Corpor Technol 2009;41:P11-14.

[4] Garvey AA, Kooi EMW, Smith A, Dempsey EM. Interpretation of Cerebral Oxygenation Changes in the Preterm Infant. Children (Basel) 2018;5:94. <https://doi.org/10.3390/children5070094>.

[5] Garvey AA, Pavel AM, Murray DM, Boylan GB, Dempsey EM. Does Early Cerebral Near-Infrared Spectroscopy Monitoring Predict Outcome in Neonates with Hypoxic Ischaemic Encephalopathy? A Systematic Review of Diagnostic Test Accuracy. Neonatology 2022;119:1–9. <https://doi.org/10.1159/000518687>.

Champ 4 - Expansion volémique (hors transfusion) et/ou vasoconstricteurs et/ou inotropes

Quel soluté d'expansion volémique présente le meilleur rapport efficacité/sécurité pour optimiser l'hémodynamique périopératoire ?

R4.1.1 - Les experts suggèrent chez l'enfant de privilégier l'expansion volémique initiale par un soluté cristalloïde balancé, limité dans le temps, dans un objectif de maintien de l'homéostasie biologique et circulatoire.

Avis d'expert (Accord fort)

R4.1.2- 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, compte tenu de son pouvoir d'expansion volémique et de sa très bonne tolérance afin de limiter le volume d'expansion volémique.

Avis d'expert (Accord fort)

Argumentaire : Chez l'enfant, les principes concernant les apports hydroélectrolytiques de maintenance en période périopératoire reposent sur quelques études évaluant soit les besoins métaboliques théoriques, soit les variations périopératoires des concentrations d'électrolytes sanguins essentiellement le sodium et le potassium, ainsi que l'équilibre acido basique et la glycémie. Ces principes sont détaillés dans la RPP « [Organisation de l'anesthésie pédiatrique](#) » [1].

Chez le jeune enfant jusqu'à 3 ans :

Les apports de bases obéissent à la règle des 4/2/1, et reposent sur l'administration d'un soluté balancé isotonique faiblement glucosé, permettant d'assurer des apports glucidiques de l'ordre de

300 mg/kg/h chez le nouveau-né et 120 mg/kg/h au-delà de 1 mois [2]. Le choix d'un soluté cristalloïde balancé par rapport au NaCl 0,9 % permet de diminuer les risques d'hyperchlorémie et d'acidose postopératoires, ce d'autant que l'enfant est jeune et reçoit des apports élevés [3].

En termes d'expansion volémique, la difficulté principale réside dans le diagnostic de l'hypovolémie, ce d'autant que l'enfant est jeune ; la compensation volémique se fait essentiellement sur un faisceau d'arguments cliniques auquel s'ajoutent des indices dynamiques lorsqu'ils sont mesurables (cf. champ 2). En pratique l'objectif reste de maintenir un niveau de PAM adapté à l'âge (cf. champ 1) d'abord par une expansion volémique adaptée puis en cas d'hypotension persistante par l'utilisation de vasoconstricteurs. En termes d'expansion volémique, l'hypovolémie périopératoire est compensée dans un premier temps par des cristalloïdes balancés à la dose initiale de 20 mL/kg, renouvelable en fonction du contexte. Au-delà de pertes sanguines correspondant à 15 à 20 % de la masse sanguine (environ 80 mL/kg), une transfusion de culots globulaires (associés à des PFC et du fibrinogène voire des plaquettes si l'hémorragie perdure) doit être envisagée. Celle-ci doit être d'autant plus précoce que l'enfant est jeune compte tenu de la rapidité relative de la perte sanguine [1].

L'albumine à 4 ou 5 %, est souvent utilisée chez le nouveau-né et le nourrisson compte tenu de sa très bonne tolérance, de son rôle de transporteur plasmatique et de son pouvoir d'expansion volémique intéressant. La présence d'une hypoalbuminémie ou de conditions favorisant la perte d'albumine (chirurgie abdominale avec laparotomie, brûlures, hémorragie...) renforce son indication. Chez le nouveau-né et le jeune nourrisson, elle est généralement considérée comme le soluté d'expansion volémique de choix, ce d'autant qu'il existe fréquemment un déficit de synthèse d'albumine dans cette population. Malgré ces pratiques, il n'existe pas d'étude pédiatrique permettant de confirmer cette attitude. On peut néanmoins citer l'étude randomisée de Lynch montrant que chez le nouveau-né à terme hypotendu, l'administration d'albumine à 5 % (10 mL/kg) était plus efficace pour restaurer la pression artérielle qu'un bolus de NaCl 0,9 % [4].

Au-delà de 3 ans :

Les solutés utilisés en peropératoire n'ont pas de raison physiologique d'être différents de ceux préconisés chez l'adulte. Les débits de perfusion restent calculés en mL/kg selon la règle des 4/2/1. En termes d'expansion volémique, la RFE « [Choix du Soluté pour le remplissage vasculaire en situation critique](#) » portée par la SFAR et publiées en 2021 [6] est a priori applicable.

Références

- [1] Alter C. Organisation structurelle, matérielle et fonctionnelle des centres effectuant de l'anesthésie pédiatrique - La SFAR. Société Française d'Anesthésie et de Réanimation 2023. <https://sfar.org/organisation-de-lanesthesie-pediatrique/> (accessed December 6, 2023).
- [2] Leelanukrom R, Cunliffe M. Intraoperative fluid and glucose management in children. *Paediatr Anaesth* 2000;10:353–9. <https://doi.org/10.1046/j.1460-9592.2000.00536.x>.
- [3] Disma N, Mameli L, Pistorio A, Davidson A, Barabino P, Locatelli BG, et al. A novel balanced isotonic sodium solution vs normal saline during major surgery in children up to 36 months: a multicenter RCT. *Paediatr Anaesth* 2014;24:980–6. <https://doi.org/10.1111/pan.12439>.
- [4] Lynch SK, Mullett MD, Graeber JE, Polak MJ. A comparison of albumin-bolus therapy versus normal saline-bolus therapy for hypotension in neonates. *J Perinatol* 2008;28:29–33. <https://doi.org/10.1038/sj.jp.7211846>.

[5] Emery EF, Greenough A, Gamsu HR. Randomised controlled trial of colloid infusions in hypotensive preterm infants. *Arch Dis Child* 1992;67:1185–8. https://doi.org/10.1136/adc.67.10_spec_no.1185.

[6] Joannes-Boyau O, Le Conte P, Bonnet M-P, Cesareo E, Chousterman B, Chaiba D, et al. Guidelines for the choice of intravenous fluids for vascular filling in critically ill patients, 2021. *Anaesth Crit Care Pain Med* 2022;41:101058. <https://doi.org/10.1016/j.accpm.2022.101058>.

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

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.

Avis d'experts (Accord fort)

ABSENCE DE RECOMMANDATION - Les experts ne sont pas en mesure d'émettre une recommandation concernant quel vasoconstricteur utiliser pour la population pédiatrique.

ABSENCE DE RECOMMANDATION (Accord fort)

Argumentaire :

En cas d'hypotension, et après avoir éliminé un éventuel surdosage en agents anesthésiques, l'optimisation du débit cardiaque repose en premier lieu sur l'optimisation du VES (contractilité, précharge et postcharge). Si cette optimisation est insuffisante pour rétablir le niveau de PAM souhaité, l'augmentation des RVS par un vasoconstricteur devient nécessaire.

Malgré une utilisation croissante des produits vasoconstricteurs et notamment de la noradrénaline peropératoire, il n'existe que très peu de littérature pédiatrique relative à cette pratique. Cette utilisation croissante pourrait être secondaire à la prise de conscience de la nécessité de respecter un seuil de pression artérielle (PA) en deçà duquel pourrait être observée une certaine morbidité d'origine cérébrale (cf champ 1).

Les différences potentielles entre l'adulte et l'enfant concernant l'utilisation des vasoconstricteurs en périopératoires résultent à priori de différences physiologiques, pharmacologiques ou pharmacodynamiques. Parmi les points reconnus actuellement dans ces domaines, on peut citer les différences observées par rapport à l'adulte [1] concernant les récepteurs α -adrénergiques. Selon des études expérimentales effectuées sur tissus isolés chez l'animal, on observe une augmentation progressive avec l'âge du degré de vasoconstriction aux agonistes adrénérgiques avant qu'elle ne diminue à la sénescence [2]. Par ailleurs, la réponse myocardique aux catécholamines exogènes est différente chez l'enfant. Dans ce sens, il est constaté une nécessité de posologie (rapportée au poids) plus importante chez le jeune enfant afin d'observer le même effet sans que l'on puisse déterminer le rôle exact de l'interaction agoniste-récepteur [3].

La variabilité des effets est plus importante chez l'enfant, conséquence de vitesses de maturation différentes pour un âge donné. En raison d'une clairance et d'un volume de distribution (ramené au poids) plus élevés et d'une réponse hémodynamique moindre, l'extrapolation des posologies de l'adulte à l'enfant est discutable. Pour un effet comparable, et ce d'autant qu'il est jeune et de faible poids, l'enfant devrait bénéficier de posologies plus élevées.

Dans ce sens, une étude prospective ancienne (1996) incluant 110 enfants de 1 mois à 15 ans anesthésiés à l'halothane, suggérait que l'augmentation de pression artérielle induite par un bolus de 0,1 ou 0,2 mg/kg d'éphédrine augmente avec l'âge [4].

Récemment, l'étude prospective randomisée de Szostek confirme l'effet de l'âge, en mettant en évidence la nécessité d'administrer une dose d'éphédrine significativement plus élevée chez l'enfant de moins de 6 mois comparé à l'adulte (de l'ordre de 1 mg/kg vs 0,1 mg/kg) pour restaurer un niveau de PAM >80 % de celui mesuré avant l'induction [5].

Une étude observationnelle retrouve une utilisation de posologies plus élevées de noradrénaline que celles relevées chez l'adulte, chez des enfants en choc septique, alors que les recommandations pédiatriques de la Surviving Sepsis Campaign ne soulignent pas cette éventuelle différence [6].

L'étude de simulation PKPD (pharmacocinétique/pharmacodynamique) de Oualha et al. montre qu'une concentration plasmatique donnée d'adrénaline ou de noradrénaline, est obtenue avec une posologie rapportée au poids, deux fois plus importante chez un enfant de 3 kg comparé à un adulte de 70 kg. En termes pharmacodynamiques, évalués par l'augmentation de la PAM, celle-ci apparaît à la même concentration plasmatique dans les deux populations. Ces résultats suggèrent donc que les différences de posologie retrouvées dans les études précitées sont essentiellement dues à des différences pharmacocinétiques conséquences de l'augmentation des volumes de distribution et des clairances métaboliques observées chez l'enfant ce d'autant qu'il est jeune.

On peut noter que chez l'enfant, dont l'abord veineux central peropératoire peut être délicat, la perfusion d'adrénaline ou de noradrénaline sur une voie périphérique est possible pour des durées inférieures à 10h, avec un risque faible d'extravasation, pour des doses maximales respectivement de 0,25 µg/kg/min et 0,2 µg/kg/min [7].

Enfin les experts soulignent que malgré l'absence d'étude pédiatrique similaire, l'étude de Chiu réalisée chez l'adulte [8], et montrant une possible association entre d'une part l'utilisation peropératoire de la noradrénaline et la baisse des apports hydriques et d'autre part la survenue d'une dysfonction rénale, doit conduire à s'assurer en premier lieu de la restauration de la volémie, avant d'utiliser un support vasoconstricteur pour maintenir une cible de pression artérielle moyenne (PAM).

Références

- [1] Oualha M, Urien S, Spreux-Varoquaux O, Tréluyer J-M. Pharmacologie des catécholamines chez l'enfant. *Réanimation* 2016. <https://doi.org/10.1007/s13546-016-1216-1>.
- [2] Guimarães S, Moura D. Vascular adrenoceptors: an update. *Pharmacol Rev* 2001;53:319–56.
- [3] Booker PD. Pharmacological support for children with myocardial dysfunction. *Paediatr Anaesth* 2002;12:5–25. <https://doi.org/10.1046/j.1460-9592.2002.00682.x>.
- [4] Taguchi N, Nishikawa T, Inomata S, Taguchi M, Yamashita S, Naito H. Hemodynamic effects of intravenous ephedrine in infants and children anesthetized with halothane and nitrous oxide. *Anesth Analg* 1996;82:568–73. <https://doi.org/10.1097/0000539-199603000-00025>.
- [5] Szostek A-S, Saunier C, Elsensohn M-H, Boucher P, Merquiol F, Gerst A, et al. 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. *Br J Anaesth* 2023;130:603–10. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2022.12.006>.

[6] Lampin ME, Rousseaux J, Botte A, Sadik A, Cremer R, Leclerc F. Noradrenaline use for septic shock in children: doses, routes of administration and complications. *Acta Paediatr* 2012;101:e426-430. <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2012.02725.x>.

[7] Abrar S, Abbas Q, Inam M, Khan I, Khalid F, Raza S. Safety of Vasopressor Medications through Peripheral Line in Pediatric Patients in PICU in a Resource-Limited Setting. *Crit Care Res Pract* 2022;2022:6160563. <https://doi.org/10.1155/2022/6160563>.

[8] Chiu C, Fong N, Lazzareschi D, Mavrothalassitis O, Kothari R, Chen L-L, et al. Fluids, vasopressors, and acute kidney injury after major abdominal surgery between 2015 and 2019: a multicentre retrospective analysis. *Br J Anaesth* 2022;129:317–26. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2022.05.002>.

Définition de l'hypotension artérielle hors anesthésie générale, PAS (mmHg)

Age	Pediatric Advance Life Support [2]	International Pediatric Sepsis Consensus Conference 2005 [3]
0-7j	<60	<59
7j-1 mois	<60	<79
1 mois-1 an	<70	<75
1-5 ans	<70 + (2 x âge) (ans)	<74
6-12 ans	<70 + (2 x âge) (ans) jq 10 ans puis <90 si >10 ans	<83
13-18	<90	<90

Valeurs moyennes de pression artérielle observées chez l'enfant éveillé et anesthésié

Pression Artérielle Moyenne (mmHg)

Valeurs seuils de PAM définissant l'hypotension artérielle selon l'âge

Age	Eveillé			Anesthésié		
	Haque 2007 [4]		Pejovic 2007 [6]	De Graaf 2016 [10]		Rhondali 2014 [12]
	50 ^{ème} percent	5 ^{ème} percent = hypoTA	Moyenne	50 ^{ème} percent = 0 SD	15 ^{ème} percent = - 1SD	Valeur seuil
	1.5x âge(ans)+55	1.5x âge(ans)+40				
0-7 j			48-54	37	28	35
7-30 j			59	41	33	35
2 mois				42	34	35
3 mois				43	35	35
4 mois				44	36	35
5 mois				45	37	35
6 mois				45	38	35
9 mois				47	39	43
1 ans	57	42		48	40	43
2 ans	58	43		51	43	43
3 ans	60	45		53	45	
4 ans	61	46		54	46	
5 ans	63	48		55	46	
6 ans	64	49		56	47	
7 ans	66	51				
8 ans	67	52		58	48	
9 ans	69	54				
10 ans	70	55		60	50	
11 ans	72	57				
12 ans	73	58		61	51	

Pression Artérielle Systolique (mmHg)

Valeurs seuils de PAS définissant l'hypotension artérielle selon l'âge

Age	Eveillé			Anesthésié		
	<i>2nd Task Force 1987 [1]</i>	<i>Haque 2007 [4]</i>		<i>Pejovic [6]</i>	<i>De Graaf 2016 [10]</i>	
	Moyenne ± DS	50 ^{ème} percent	5 ^{ème} percent = hypoTA	Moyenne	50 ^{ème} percent = 0 SD	15 ^{ème} percent = - 1SD
		2xâge* +65*ans	2 x âge* +65*ans			
0-7 j	73 ± 63			63-71	54	41
7-30 j	77 ± 71			77	63	51
2 mois	93 ± 80				66	55
3 mois	93 ± 80				69	57
4 mois	93 ± 80				71	59
5 mois	93 ± 80				72	61
6 mois	95 ± 80				73	62
9 mois	95 ± 80				76	65
1 ans	94 ± 82	87	67		78	67
2 ans	95 ± 84	89	69		83	72
3 ans	94 ± 81	91	71		86	75
4 ans	91 ± 79	93	73		89	77
5 ans	94 ± 83	95	75		90	78
6 ans	96 ± 86	97	77		91	79
7 ans	98 ± 88	99	79			
8 ans	99 ± 89	101	81		93	81
9 ans	101 ± 91	103	83			
10 ans	102 ± 91	105	85		94	82
11 ans	103 ± 92	107	87			
12 ans	106 ± 95	109	89		95	83

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).

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

