

## Bien gérer l'hémodynamique périopératoire en pédiatrie

A.Mansuy<sup>1</sup>, F. Michel<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> *Assistance Publique des Hôpitaux de Marseille, Hôpital la Timone enfants, Service d'Anesthésie Réanimation pédiatrique, 264 Rue Saint-Pierre, 13385 Marseille*

\*Auteur correspondant : Fabrice Michel ([fabrice.michel@aphm.fr](mailto:fabrice.michel@aphm.fr))

Aucun conflit d'intérêts

### Points essentiels

- Connaitre et comprendre la physiologie circulatoire en fonction de l'âge est indispensable pour optimiser l'hémodynamique périopératoire chez l'enfant.
- Le nouveau-né et le nourrisson sont vulnérables face à la déshydratation et au saignement peropératoire. Réduire au minimum la période de jeûne est essentiel pour ces tranches d'âge.
- Chez le nouveau-né, l'hypovolémie comme la surcharge hydrosodée sont mal tolérées.
- Les cristalloïdes balancés iso-osmotiques au plasma sont les solutés de remplissage à utiliser en première intention chez l'enfant. L'ajout de sucre dans ces solutés est recommandé chez le nouveau-né et le nourrisson.
- Les normes de pression artérielle chez l'enfant restent floues. Une chute de 20 à 30% de la pression de référence semble acceptable.
- Du fait de la faible compliance thoraco-pulmonaire et vasculaire de l'enfant, la quasi-totalité des indices de réponse au remplissage utilisés chez l'adulte ne sont pas fiables chez l'enfant. Seule la variation du pic de vitesse aortique mesurée par écho-doppler permet de prédire la réponse au remplissage.

- En pratique, le remplissage vasculaire initial consiste à administrer 10 à 20 ml/kg de solutés en moins de 30 minutes. Il faut probablement ensuite titrer les apports suivants avec de plus petits volumes.
- Les indications transfusionnelles ne reposent pas que sur la notion de seuil. Les stratégies d'épargne transfusionnelles pré et peropératoires ont un rôle majeur et permettent de limiter les complications liées à la transfusion.
- L'utilisation des vasopresseurs s'impose rapidement lorsque la pression artérielle chute de façon importante
- Une reprise des apports per os en postopératoire est conseillée dans les heures suivantes pour favoriser une réhabilitation précoce.

## **Introduction**

En dehors de la kétamine et de l'étomidate, les médicaments de l'anesthésie en pédiatrie induisent de façon constante une altération de l'hémodynamique. Les hypnotiques ont un effet vasodilatateur périphérique intense induisant une hypovolémie relative que l'augmentation du débit cardiaque ne pourra compenser que partiellement, ce d'autant que l'utilisation de morphinique induit une altération du baroréflexe qui limite l'augmentation de la fréquence cardiaque. Ainsi, la chute de la pression artérielle est constante, en particulier à l'induction. Le monitoring hémodynamique est donc un impératif. Il doit être adapté aux situations. L'évaluation du risque hémorragique et des pertes hydriques lors de la consultation d'anesthésie, la réduction de la période du jeûne [1][2][3], le monitoring et l'optimisation du remplissage vasculaire en peropératoire vont permettre de limiter la survenue de complications hémodynamiques per et postopératoires.

Les variations des normes des différents paramètres physiologiques en fonction de l'âge doivent être connues. La prise en charge de l'hémodynamique doit être adaptée à l'âge de l'enfant. La prise en charge des nouveau-nés et des nourrissons requiert des mesures adaptées, spécifiques. Chez l'adulte, l'optimisation du remplissage vasculaire permet d'améliorer le pronostic des patients en facilitant les suites postopératoires et en diminuant les complications. Chez l'enfant, l'hyperinflation hydrique est associée à une augmentation du risque d'insuffisance rénale, une prolongation de la durée de ventilation mécanique, une

augmentation de l'utilisation des médicaments vasopresseurs et une augmentation de la mortalité [4].

Ce document vise donc à faire le point sur les particularités physiologiques de l'enfant, le monitoring, et les stratégies intégrées d'optimisation hémodynamique périopératoire en anesthésie pédiatrique.

## **Rappels physiologiques**

### *Physiologie du système cardio-circulatoire*

Avant la naissance, le débit pulmonaire sanguin est très réduit du fait des résistances vasculaires pulmonaires élevées. Trois shunts permettent l'acheminement du sang oxygéné à l'organisme du fœtus par le biais de la veine ombilicale : le canal d'Arantius ou ductus venosus qui shunte la circulation hépatique, le foramen ovale et le canal artériel qui shuntent la circulation pulmonaire. Le cœur fœtal est peu compliant et pauvre en fibre musculaires et, de fait, répond mal à la fois aux variations de précharge (volume de remplissage) et à celles de la post-charge (résistances vasculaires systémiques).

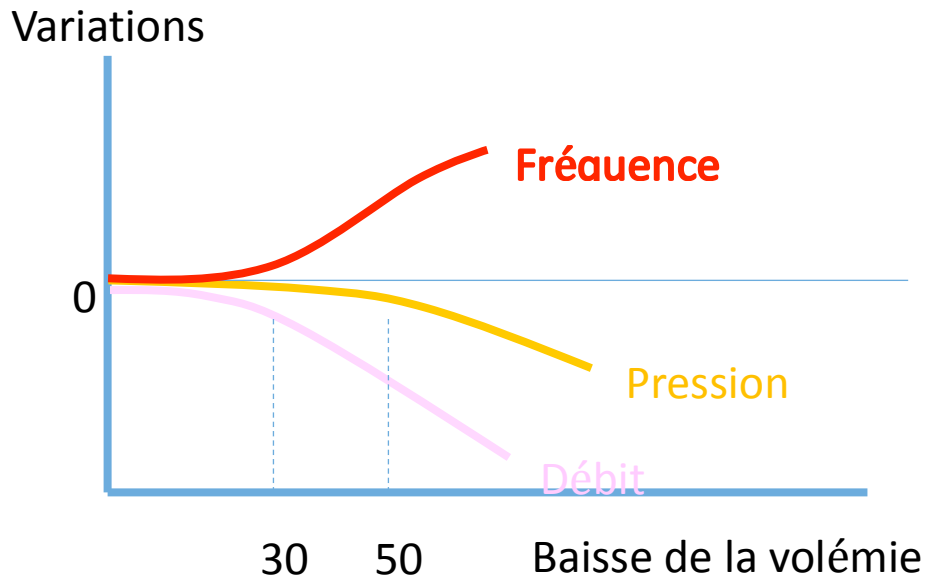
À la naissance, le nouveau-né doit s'adapter à la vie extra-utérine et on passe à une circulation transitionnelle, dès le clampage du cordon ombilical. Le clampage du cordon entraîne une hyperpression au niveau des artères ombilicales et une augmentation de la postcharge, ce qui favorise la fermeture des différents shunts. Le foramen ovale peut rester perméable jusqu'à l'âge de 3 mois. Par ailleurs, du fait de l'aération pulmonaire et de l'oxygénation, les résistances vasculaires pulmonaires diminuent, permettant ainsi la création d'une circulation pulmonaire et d'une circulation systémique distinctes. Une réouverture des shunts est possible en cas d'augmentation des résistances vasculaires pulmonaires à la naissance en cas d'hypoxie, d'acidose, d'hypothermie ou d'hypovolémie (HTAP néonatale).

À la naissance, les deux ventricules ont une taille et une épaisseur similaires, mais le ventricule gauche (VG) doit très vite s'adapter à l'augmentation de la postcharge, alors que celle du ventricule droit (VD) diminue. La ressemblance des ventricules à la naissance accentue leur interdépendance. Pendant les premiers mois de vie, la compliance des cavités cardiaques est faible, ce qui les rend extrêmement sensibles aux variations de précharge. Ainsi, une défaillance de l'un des ventricules accompagnée d'une augmentation de sa pression

télédiastolique provoque un déplacement du septum avec gêne au remplissage de l'autre cavité et entraîne une insuffisance congestive bi-ventriculaire. De petites augmentations de volume aboutissent rapidement à une forte élévation des pressions de remplissage. Les augmentations de la postcharge sont très mal tolérées; elles provoquent un aplatissement précoce de la courbe de Starling, dont l'effet ressemble à celui d'un agent inotrope négatif. L'adaptation du débit cardiaque se fait essentiellement par l'adaptation de la fréquence cardiaque.

À partir de l'âge de 3 à 4 mois, les conditions hémodynamiques de l'enfant normal (sans cardiopathie congénitale ni lésions pulmonaires chroniques) sont voisines de celles de l'adulte. La circulation pulmonaire « mature » est une circulation à bas régime de pression, et le débit sanguin pulmonaire est égal au débit cardiaque droit.

L'amélioration de la compliance myocardique confère de meilleures facultés d'adaptation à l'hypovolémie ou à la diminution des résistances périphériques. Mais si la pression artérielle systolique est un bon reflet de la volémie en période néonatale précoce, chez le nourrisson et l'enfant, l'hypovolémie induit une forte stimulation sympathique provoquant une tachycardie et une redistribution des volumes sanguins régionaux par vasoconstriction permettant le maintien de la pression artérielle. La pression artérielle chute donc tardivement, témoignant alors d'une hypovolémie majeure. En effet, la pression artérielle peut être conservée (**figure 1**) jusqu'à une perte de 40% du volume sanguin circulant chez l'enfant contre 20% chez l'adulte.



**Figure 1.- Variations des constantes hémodynamiques en fonction de la volémie en pédiatrie**

#### *Secteurs hydriques chez l'enfant*

Chez l'enfant, le total des volumes liquidiens représente une proportion plus importante de l'organisme que chez l'adulte. Chez le nouveau-né, l'eau représente 80% du poids corporel contre 60% chez l'adulte. La répartition de l'eau entre les différents secteurs est également différente chez l'enfant. À la naissance, le secteur extracellulaire est supérieur au secteur intracellulaire. Cette différence s'amenuise pour s'équilibrer à l'âge de 3 mois, puis la proportion du secteur extracellulaire diminue pour être proche dès l'adolescence de ce qu'on retrouve chez l'adulte. Le pouvoir de concentration des reins est limité jusqu'à 3 mois et les pertes hydriques sont proportionnellement plus importantes chez le nouveau-né et le nourrisson. Ces différences physiologiques ont pour conséquence des besoins hydriques très supérieurs chez l'enfant par rapport à l'adulte et un risque de déshydratation plus important.

La volémie chez l'enfant est proportionnellement plus importante que chez l'adulte. Elle est estimée à 90 ml/kg chez le nouveau-né, 80 ml/kg chez le nouveau-né à terme contre 60 ml/kg chez l'adulte. Cependant, les volumes sanguins sont réduits : 180 ml chez un prématuré de 2 kg, 250 ml chez un nouveau-né à terme, 350 ml chez le nourrisson de 6 kg et 700 ml chez un

enfant de 10 kg. Tout saignement doit donc être précisément évalué et les pertes doivent être anticipées et compensées.

Chez le nouveau-né ou le nourrisson, l'immaturation de l'axe hypothalamo-hypophysaire et de l'appareil juxta-glomérulaire limite les capacités d'adaptation aux variations d'osmolalité plasmatique. Cette immaturité, associée à l'importance des compartiments hydriques, rend les nourrissons particulièrement sensibles aux situations d'hypovolémie. À l'inverse, chez l'enfant, il faut aussi prendre en considération le fait que la période postopératoire est associée à un risque de sécrétion inappropriée de vasopressine favorisant la rétention hydrique. Les facteurs suivants en sont la cause : le jeûne préopératoire, le stress, les vomissements, les morphiniques ou encore la chirurgie elle-même (neurochirurgie en particulier) [5].

### Normes des différentes constantes hémodynamiques en pédiatrie

L'évaluation hémodynamique de base passe par une évaluation clinique avec le relevé de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle. Des normes ont été définies grâce à des valeurs théoriques selon l'âge (**Tableau 1**).

**Tableau 1 : normes des constantes hémodynamiques selon l'âge**

Âge	Fréquence cardiaque (b/min) (SD)	Pression systolique mmHg (SD)	Pression diastolique mmHg (SD)	Index cardiaque (SD)	Consommation d'oxygène (mL/kg/min)
Nouveau-né	<b>130 (20)</b>	<b>73 (18)</b>	<b>50 (8)</b>	<b>2,5 (0,6)</b>	<b>6-8 (1)</b>
6 mois	<b>120 (20)</b>	<b>90 (25)</b>	<b>60 (10)</b>	<b>2,0 (0,3)</b>	<b>5 (0,9)</b>
1 an	<b>115 (20)</b>	<b>96 (30)</b>	<b>66 (25)</b>	<b>2,5 (0,6)</b>	<b>5,2 (0,1)</b>
5 ans	<b>90 (10)</b>	<b>95 (15)</b>	<b>55 (10)</b>	<b>3,7 (0,9)</b>	<b>6,0 (1,1)</b>
12 ans	<b>70 (15)</b>	<b>110 (15)</b>	<b>58 (10)</b>	<b>4,3 (1,1)</b>	<b>3,3 (0,6)</b>

*Adapté de Anesthésie pédiatrique, Dalens et Veyckeman, Broché, 2006*

L'hypotension peut être définie par une baisse par rapport à la valeur théorique pour l'âge (hypotension absolue), mais également, en particulier au cours de l'anesthésie, par une baisse de la pression par rapport à une mesure de référence, souvent avant l'induction, pour l'anesthésiste (hypotension relative). Weber et al. [6] ont comparé ces deux définitions de l'hypotension chez les nourrissons < 1 an subissant une anesthésie générale : une diminution de la pression artérielle moyenne (PAM) par rapport à celle mesurée chez l'enfant éveillé (> 20% chez les nourrissons de < 6 mois, > 40% chez > 6 mois) ou une diminution de PAM absolue (< 35 mmHg chez > 6 mois, < 43 mmHg chez > 6 mois). Le premier problème est que la PAM n'a pas pu être mesurée chez les enfants éveillés dans 15% des cas ce qui contraint à se fier aux valeurs théoriques. Les auteurs montrent qu'en utilisant les valeurs théoriques, le nombre d'épisode d'hypotension est moindre qu'avec une mesure de référence avant l'induction. Ces définitions ne sont donc pas interchangeables.

Au cours de l'anesthésie il a d'ailleurs été montré qu'il n'y pratiquement aucune relation entre la pression artérielle moyenne et le transport en oxygène [7]. Rien dans la littérature ne permet d'affirmer que ces épisodes de baisse de pression artérielle sont associés à une chute de la perfusion tissulaire, une altération de la délivrance d'oxygène et de nutriments aux tissus ou une dysfonction cellulaire. Inversement, en dehors des données empiriques de notre pratique quotidienne, rien ne permet d'affirmer que les limites de pression artérielle basse utilisée au quotidien garantissent un apport d'oxygène suffisant aux cellules.

Pour essayer de progresser dans ce domaine, Michelet et al. [8] ont étudié chez les nourrissons de moins de 3 mois les variations de l'oxygénation tissulaire mesurée par *near infrared spectrometry* (NIRS) en fonction de la pression artérielle. Dans ce travail, les auteurs ont mis en évidence qu'une chute du NIRS de 20% survenait chez moins de 10% des patients dont la pression artérielle systolique chutait de moins de 20% et que cette chute du NIRS de 20% s'observait chez plus de 90% des patients dont la pression artérielle systolique chutait de plus de 37,5%. Les auteurs en concluent qu'une chute de pression artérielle de 20 à 30% peut être tolérée, comme le recommandent les sociétés savantes. Cependant, l'appréciation de la perfusion tissulaire par le NIRS reste grossière et fonction de nombreux facteurs autres que la valeur de la pression artérielle. Une valeur de NIRS cérébral stable par rapport à une valeur de référence est sans doute un élément rassurant au cours des situations hémodynamiques compliquées, mais le clinicien doit se garder pour l'instant d'en faire un outil unique de monitoring.

En cas de chirurgie majeure, les données cliniques vues précédemment ne suffisent pas à analyser l'hémodynamique de façon précise. La pose d'un cathéter artériel permet alors de monitorer la pression artérielle en continu, de prélever des gazométries et de réaliser la mesure de l'hémoglobine pour évaluer le besoin transfusionnel, et de surveiller des paramètres métaboliques comme la glycémie ou la lactatémie artérielle. Il faudra avoir recours à des paramètres permettant d'affirmer ou non l'adéquation entre le transport en oxygène et les besoins métaboliques.

Chez le nourrisson, le débit cardiaque rapporté au poids est deux à trois fois supérieur à celui de l'adulte (180 à 240 mL/kg), mais, comme la surface corporelle est proportionnellement plus importante, l'index cardiaque est du même ordre de grandeur que chez l'adulte (tableau 1).

À la naissance, il existe une polyglobulie physiologique aux alentours de 18 g/dL avec une hémococoncentration. L'hémoglobine du fœtus et du nouveau-né est l'hémoglobine F, dont les propriétés sont adaptées à la vie intra-utérine à des pressions en oxygène basses. Au cours des premiers mois de vie, celle-ci est détruite et remplacée par l'hémoglobine A. Le taux d'hémoglobine chute donc au cours des 2 premiers mois de vie et une anémie physiologique jusqu'à 11 g/dL peut s'installer. La correction se fait ensuite progressivement pour rejoindre vers l'âge d'un an les valeurs adultes.

### **Monitoring hémodynamique en pédiatrie : avantages et limites**

Comme chez l'adulte le monitoring hémodynamique en pédiatrie vise à maintenir une perfusion tissulaire et un débit cardiaque adaptés à la demande. Pour la grande majorité des interventions de courte durée, sans risque hémorragique particulier, la pression artérielle non invasive (PANI) et la fréquence cardiaque (FC) sont des éléments suffisants pour surveiller l'hémodynamique. Il est important toutefois de s'entourer de toutes les précautions nécessaires pour garantir une mesure fiable de la PANI en utilisant un brassard de taille adaptée et en réglant le mode pédiatrique ou néonatal selon la situation, sur les moniteurs qui le nécessitent. Lorsqu'il existe un risque d'instabilité hémodynamique, le monitoring pourra alors faire appel à d'autres moyens pour guider l'anesthésiste dans la mise en place des mesures correctrices. La première mesure est le recours à une mesure continue de la pression artérielle par un cathéter artériel radial ou fémoral [8]. Cela permettra d'observer et de corriger rapidement les variations de pression artérielle. La surveillance per opératoire de la



diurèse est également un moyen d'évaluer la perfusion tissulaire. Pour autant, lorsque l'intervention est prolongée, hémorragique, a fortiori chez les enfants de petit poids, ces outils sont insuffisants pour identifier précisément les causes des variations hémodynamiques. Dans la très grande majorité des cas, une épreuve de remplissage est proposée dans un premier temps dans l'objectif d'améliorer la précharge et ainsi le débit cardiaque. Si cette chute de pression artérielle est importante et doit être corrigée rapidement, l'utilisation de vasoconstricteurs périphériques en bolus peut être associée. Prédire l'efficacité du remplissage est un challenge quotidien pour l'anesthésiste-réanimateur.

Des mesures statiques ou dynamiques ont été proposées pour tenter de prédire la réponse au remplissage chez l'enfant. Une méta-analyse publiée en 2013 a repris toutes les méthodes évaluées [9]. Les indices statiques évalués étaient des données cliniques, les mesures des pressions de remplissage, les données obtenues par thermodilution, et des mesures par écho-Doppler. Les signes cliniques, la PVC ou la PAOP et les volumes obtenus par thermodilution ne semblent pas permettre de prédire la réponse au remplissage. Les indices obtenus par écho-Doppler n'étaient pas plus performants.

Dix indices dynamiques, très largement étudiés et utilisés chez l'adulte, ont également été étudiés. Les variations de pression pulsée, de la pression systolique, le deltaPP, les variations de la courbe de pléthysmographie [10] ou de l'indice de perfusion ne permettent pas de prédire la réponse au remplissage. L'analyse de la variation du diamètre de la veine cave inférieure a été retrouvée comme prédictive de la réponse au remplissage dans un travail chez des patients de chirurgie cardiaque, mais inefficace pour prédire cette réponse dans un autre travail, en réanimation chirurgicale. Une étude a retrouvé que l'ITV aortique au doppler transœsophagien pouvait être utile, mais dans la méta-analyse de Gan, les auteurs retiennent que seule la variation du pic de vitesse aortique en écho-doppler peut être utilisée comme indice prédictif fiable de la réponse au remplissage, avec une aire sous la courbe (courbe ROC) entre 0,8 et 1 dans 5 études. L'intérêt de cette mesure a été confirmé récemment dans une méta-analyse regroupant 6 études et 127 patients, qui retrouve une aire sous la courbe de 0,94 [11]. Les auteurs ne retrouvent pas de différences selon le type de patient (réanimation ou bloc opératoire), le type de soluté (colloïdes ou cristalloïdes) ni selon le volume du remplissage (10 à 20 ml/kg). Malgré ces résultats encourageants, reste un problème important: le seuil optimal de variation du pic de vitesse aortique pour discriminer les répondeurs des non-répondeurs varie selon les études de 7 à 20% ce qui laisse une très large zone

d'incertitude dans l'interprétation de cette donnée [12]. De plus, cette mesure nécessite les compétences échographiques et l'accès au thorax.

La moindre efficacité de ces indices prédictifs chez l'enfant trouve plusieurs explications. La première est une compliance thoraco-pulmonaire plus importante que chez les adultes [13]. Les variations de pression intrathoracique au cours de la ventilation en pression positive ont donc probablement moins de répercussion sur le retour veineux. Les études positives chez l'enfant utilisent d'ailleurs le plus souvent un volume courant élevé, à 10 ml/kg [9]. Les indices basés sur la courbe de pression artérielle évaluent en périphérie les variations du volume d'éjection systolique induites par les cycles ventilatoires. Mais la compliance plus élevée du lit artériel de l'enfant est sans doute une des raisons pour laquelle cette technique est moins sensible chez l'enfant que chez l'adulte.

D'autres pistes peuvent potentiellement être développées dans l'objectif de déterminer l'adéquation entre transport en oxygène et besoins tissulaires en étudiant la microcirculation. Le NIRS [14][15] pourrait avoir une place pour guider le remplissage vasculaire en pédiatrie. Dans une étude récente [14], 23 patients ont été opérés et monitorés avec un NIRS. Une diminution du NIRS  $< 59\%$  ou une variation entre la saturation cérébrale de référence et la valeur avant remplissage vasculaire  $> 28\%$  étaient de bons critères pour prédire la réponse au remplissage vasculaire avec une variation de tension artérielle  $> 15\%$  en réponse à un remplissage vasculaire de 10 ml/kg avec du sérum salé isotonique. Ces premières données nécessitent d'être confirmées dans des travaux de plus grande ampleur.

Les récents travaux chez l'adulte concernant les mini épreuves de remplissage sur des temps très courts sont également prometteuses. L'effet des expansions volémiques rapides par petits volumes de 3 à 5 ml/kg pourrait peut-être permettre de prédire la réponse au remplissage. [16].

### **Stratégies intégrées d'optimisation hémodynamique périopératoire en pédiatrie.**

Les sociétés savantes ont décrit des stratégies d'optimisation hémodynamique notamment les recommandations formalisées d'experts de la SFAR et ADARPEF [17] et des recommandations européennes publiées récemment en 2017 [18].

*Préopératoire*

Le jeûne préopératoire doit être le plus court possible : 6 heures pour les solides et le lait maternisé, 4 heures pour le lait maternel, 2 heures pour les liquides clairs (eau, eau sucrée, jus de pomme). Plusieurs études montrent un effet bénéfique pour prévenir l'inconfort du patient, la déshydratation et la production de corps cétoniques [1][2]. Chez le nouveau-né ou le nourrisson de petit poids, il est nécessaire de prévenir la déshydratation par une perfusion des apports de base.

L'évaluation du risque hémorragique se fait en consultation d'anesthésie. Les enfants n'ayant pas acquis la marche auront un bilan de coagulation et plaquettes et ceux devant subir une chirurgie à risque hémorragique, un bilan sanguin avec NFS plaquettes, coagulation, groupage et RAI avec mise en réserve de culots de globules rouges selon l'âge et le type de chirurgie [19]. Pour les chirurgies à risque hémorragique (perte sanguine prévisible > 10% de la volémie par exemple, dans la chirurgie de la scoliose idiopathique), il est recommandé aussi d'élever le taux d'hémoglobine préopératoire en cas d'anémie par carence martiale en associant un traitement par fer et érythropoïétine afin de limiter le recours à la transfusion. Cela nécessite une organisation en lien avec les chirurgiens de façon à ce que les résultats du bilan martial soient disponibles au moment de la consultation d'anesthésie. Il faut également que celle-ci soit anticipée de 3 semaines minimum avant le geste chirurgical.

### *Peropératoire*

Le déficit hydrique est calculé à partir du dernier apport liquidien, en multipliant les besoins de maintenance horaire par la période de jeûne (4 à 6 ml/kg/h). La compensation du déficit hydrique s'effectue sur une période de 3 heures (50% la première heure d'intervention, 25% la 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> heure) : 4ml/kg/h pour les enfants pesant < 10 kg ; 40 ml/h + 2 ml/kg/h pour chaque kg au-dessus de 10 kg chez les enfants pesant entre 10 et 20 kg ; 60 ml/h + 1ml/kg/h pour chaque kg au-dessus de 20 kg chez les enfants pesant > 20 kg.

Chez le nouveau-né et le nourrisson, il faut préférer les solutés d'entretien balancés isotoniques avec ajout de sucre pour obtenir du G1 ou G2,5% en apports de base. Il est important d'amener des solutés balancés isotoniques pour éviter des complications telles qu'une hyponatrémie . En Allemagne, des solutés balancés isotoniques glucosés G1% sont commercialisés et permettent de réduire la production de corps cétoniques liés au jeûne, d'éviter des troubles métaboliques [20]. Chez les enfants à risque et dans un contexte de chirurgie majeure, il faut contrôler la glycémie régulièrement. Les colloïdes sont responsables d'effets adverses plus fréquents [21], mais doivent être utilisés quand les

cristalloïdes sont insuffisants et qu'il n'y a pas d'indication à transfuser l'enfant. La posologie est de 5 à 10 ml/kg sans dépasser la dose maximale journalière de 50 ml/kg.

Pour les chirurgies mineures, on utilise un monitoring standard : scope, pouls, tension artérielle, capnométrie. En cas de chirurgie avec risque de saignement avéré, la pose d'un cathéter artériel voire d'une voie veineuse centrale peut être recommandée. L'utilisation de perfuseurs de précision (type Metriset) ou de pousse-seringues électriques permet d'éviter les accidents de perfusion en pédiatrie chez les enfants de moins de 25 kg [17]. Le remplissage vasculaire (10 à 20 ml/kg de cristalloïdes) est souvent la première mesure prise face à une chute de la pression artérielle. Cette mesure peut être répétée en cas d'insuffisance de réponse.

Les manœuvres d'autotransfusion (levez de jambes et Trendelenburg applicables chez l'adulte [22]) sont inefficaces chez les nourrissons. On peut réaliser une manœuvre de pression sur le foie pour évaluer cliniquement la précharge dépendance chez le nourrisson. Dans le paragraphe précédent, nous avons détaillé les avantages et les limites des moyens de monitoring. La thermodilution ou la pose de cathéter artériel pulmonaire sont rarement utilisées au bloc opératoire à cause des risques de complications chez le nourrisson. On préférera des techniques moins invasives comme la mesure du pic de vélocité aortique et l'échocardiographie ou à l'aide du doppler œsophagien [10][11][12]. Le NIRS, bien qu'il doive être interprété avec précaution peut aider à monitorer l'hémodynamique. [14]. La pression veineuse centrale est un paramètre statique qui ne permet pas de prédire la réponse au remplissage vasculaire guider le remplissage vasculaire et ne doit pas être utilisée.

La diurèse horaire doit être comptabilisée en cas de chirurgie majeure. Cependant, une oligo-anurie peut être la conséquence d'une hypovolémie, mais aussi d'une baisse du débit de perfusion rénale ou encore d'une sécrétion inappropriée d'hormone antidiurétique dans le contexte de stress peropératoire ou d'une obstruction de la sonde urinaire. Il ne faut donc pas baser le RV sur ce paramètre isolé, mais sur un faisceau d'arguments nous orientant vers une précharge dépendance et une hypovolémie [23].

. Les seuils transfusionnels ont été étudiés surtout pour la réanimation en pédiatrie [24]. Les indications transfusionnelles ne reposent pas que sur la seule notion de seuil, cependant, les seuils transfusionnels suivants, obtenus à partir d'un prélèvement veineux ou artériel, sont généralement recommandés (recommandations de la haute autorité de santé 2014) chez le nouveau-né d'âge gestationnel  $\geq 32$  semaines d'aménorrhée ou pesant plus de 1 500 g à la naissance et chez le nourrisson : chez les enfants présentant une cardiopathie congénitale

cyanogène : 12 g/dl ; chez les enfants non stabilisés en réanimation, sous ECMO ou en postopératoire aigu de chirurgie cardiaque : 10 g/dl ; chez les enfants ayant une anémie sans signe clinique associé à un taux de réticulocytes < 100 G/l : 7 g/dl ; chez les enfants de plus de 2 ans : 7 g/dl. En l'absence de saignement actif, le débit de transfusion recommandé est de 5 ml/kg/h, quel que soit le terme de naissance de l'enfant. Compte tenu des seuils proposés avec les objectifs transfusionnels, un volume de transfusion de 20 ml/kg est le plus souvent adapté chez le nouveau-né d'âge post-menstruel supérieur à 32 semaines d'aménorrhée ou pesant plus de 1500 grammes le jour de la transfusion. L'acide tranexamique est utilisé dans les chirurgies à risque hémorragique (orthopédiques, craniosténose en neurochirurgie, etc.) pour réduire le risque de saignement.

Il aussi maintenant proposé de suivre l'évolution du taux d'hémoglobine en temps réel pour optimiser la gestion du sang, à l'aide de la surveillance de la saturation pulsée en hémoglobine (SpHb). Cette technique non invasive et continue permet de suivre en temps réel les variations de l'hémoglobine et de transfuser au plus tôt le patient lorsque cela est nécessaire [25]. La technique n'a pas encore été évaluée chez l'enfant (peu d'études), mais est prometteuse et permet de diminuer les risques liés à la transfusion excessive.

Les outils de monitoring de l'hémodynamique permettent un suivi dans le temps, mais ne sont pas toujours très adaptés à la gestion d'un épisode aigu d'hypotension. Lorsque le contrôle de l'hémodynamique est manifestement difficile, et qu'il est nécessaire d'agir rapidement sur la pression artérielle l'éphédrine, vasoconstricteur périphérique est préférable à la phényléphrine qui provoque des bradycardies réflexes. La posologie chez l'enfant est de 0,05 à 0,2 mg/kg.

Dans les situations hémodynamiques compliquées, lorsque l'équipement de l'enfant le permet, la SvcO<sub>2</sub> et des lactates artériels sont des éléments de surveillance essentiels. Sans entrer dans des analyses métaboliques complexes, le suivi de leur évolution dans le temps peut permettre de mettre en évidence une inadéquation entre les apports et la consommation tissulaire en oxygène.

La vasoplégie induite par l'anesthésie générale et les facteurs concourants à l'hypovolémie peuvent conduire à de réelles difficultés de contrôle de l'hémodynamique. Les outils de monitoring peuvent alors guider le remplissage et le recours éventuel aux amines pressive, et en particulier à la noradrénaline.

*Postopératoire*

La reprise des boissons et de l'alimentation précocement soit dans les 2 heures suivant le réveil en postopératoire permet de réduire l'inconfort de l'enfant. Cette diminution du temps de jeûne postopératoire facilite la réhabilitation et permet de réduire les vomissements et la douleur en postopératoire [3].

## **Conclusion**

La gestion de l'hémodynamique périopératoire regroupe une multitude de mesures que l'anesthésiste en pédiatrie doit maîtriser, de la consultation jusqu'en période postopératoire. Les normes des différents paramètres physiologiques en fonction de l'âge doivent être connues. Le remplissage vasculaire, première arme face à l'hypotension induite par l'anesthésie doit être contrôlé. Son inefficacité impose de mettre en place des moyens adaptés pour éviter une surcharge hydrosodée et une hémodilution. La variation du pic de vitesse aortique au doppler trans œsophagien paraît être la méthode la plus fiable pour prédire une réponse au remplissage chez l'enfant. D'autres outils non invasifs, comme le NIRS, semblent prometteur pour mieux surveiller les effets des troubles hémodynamiques peropératoires.

## **Références**

- [1] Brady M, Kinn S, Ness V, O'Rourke K, Randhawa N, Stuart P. Preoperative fasting for preventing perioperative complications in children. *Cochrane Database Syst Rev* 2009
- [2] Dennhardt N, Beck C, Huber D, Sander B, Boehne M, Boethig D, et al. Optimized preoperative fasting times decrease ketone body concentration and stabilize mean arterial blood pressure during induction of anesthesia in children younger than 36 months: a prospective observational cohort study. *Paediatr Anaesth* 2016;26:838–43.
- [3] Radke OC, Biedler A, Kolodzie K, Cakmakkaya OS, Silomon M, Apfel CC. The effect of postoperative fasting on vomiting in children and their assessment of pain. *Paediatr Anaesth* 2009;19:494–9.
- [4] Lex DJ, Tóth R, Czobor NR, Alexander SI, Breuer T, Sápi E, et al. Fluid Overload Is Associated With Higher Mortality and Morbidity in Pediatric Patients Undergoing Cardiac Surgery. *Pediatr Crit Care Med* 2016;17:307–14.

- [5] Oh GJ, Sutherland SM. Perioperative fluid management and postoperative hyponatremia in children. *Pediatr Nephrol Berl Ger* 2016;31:53–60.
- [6] Weber F, Koning L, Scoones GP. Defining hypotension in anesthetized infants by individual awake blood pressure values: a prospective observational study. *Paediatr Anaesth* 2017;27:377–84.
- [7] Bartels K, Esper SA, Thiele RH. Blood Pressure Monitoring for the Anesthesiologist: A Practical Review. *Anesth Analg* 2016;122:1866–79.
- [8] 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. *Pediatr Anesth* 2015;25:681–8.
- [9] Gan H, Cannesson M, Chandler JR, Ansermino JM. Predicting fluid responsiveness in children: a systematic review. *Anesth Analg* 2013;117:1380–92.
- [10] Renner J, Broch O, Gruenewald M, Scheewe J, Francksen H, Jung O, et al. Non-invasive prediction of fluid responsiveness in infants using pleth variability index. *Anaesthesia* 2011;66:582–9.
- [11] Desgranges F-P, Desebbe O, Pereira de Souza Neto E, Raphael D, Chassard D. Respiratory variation in aortic blood flow peak velocity to predict fluid responsiveness in mechanically ventilated children: a systematic review and meta-analysis. *Paediatr Anaesth* 2016;26:37–47.
- [12] Pereira de Souza Neto E, Grousseau S, Duflo F, Ducreux C, Joly H, Convert J, et al. Predicting fluid responsiveness in mechanically ventilated children under general anaesthesia using dynamic parameters and transthoracic echocardiography. *Br J Anaesth* 2011;106:856–64.
- [13] Papastamelos C, Panitch HB, England SE, Allen JL. Developmental changes in chest wall compliance in infancy and early childhood. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985 1995;78:179–84.
- [14] Hilly J, Pailleret C, Fromentin M, Skhiri A, Bonnard A, Nivoche Y, et al. Use of near-infrared spectroscopy in predicting response to intravenous fluid load in anaesthetized infants. *Anaesth Crit Care Pain Med* 2015;34:265–70.
- [15] Suemori T, Skowno J, Horton S, Bottrell S, Butt W, Davidson AJ. Cerebral oxygen

saturation and tissue hemoglobin concentration as predictive markers of early postoperative outcomes after pediatric cardiac surgery. *Paediatr Anaesth* 2016;26:182–9. [16] Marik PE. Fluid therapy in 2015 and beyond: the mini-fluid challenge and mini-fluid bolus approach. *Br J Anaesth* 2015;115:347–9.

[17] 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. 010.

[18] Sümpelmann R, Becke K, Brenner S, Breschan C, Eich C, Höhne C, et al. Perioperative intravenous fluid therapy in children: guidelines from the Association of the Scientific Medical Societies in Germany. *Paediatr Anaesth* 2017;27:10–8.

[19] Molliex S, Pierre S, Bléry C, Marret E, Beloeil H. [Routine preinterventional tests]. *Ann Fr Anesth Reanim* 2012;31:752–63.

[20] Sümpelmann R, Mader T, Dennhardt N, Witt L, Eich C, Osthaus WA. A novel isotonic balanced electrolyte solution with 1% glucose for intraoperative fluid therapy in neonates: results of a prospective multicentre observational postauthorisation safety study (PASS). *Paediatr Anaesth* 2011;21:1114–8.

[21] Söderlind M, Salvignol G, Izard P, Lönnqvist PA. Use of albumin, blood transfusion and intraoperative glucose by APA and ADARPEF members: a postal survey. *Paediatr Anaesth* 2001;11:685–9.

[22] Marx G, Schindler AW, Mosch C, Albers J, Bauer M, Gnass I, et al. Intravascular volume therapy in adults: Guidelines from the Association of the Scientific Medical Societies in Germany. *Eur J Anaesthesiol* 2016;33:488–521.

[23] Gómez Dammeier BH, Karanik E, Glüer S, Jesch NK, Kübler J, Latta K, et al. Anuria during pneumoperitoneum in infants and children: a prospective study. *J Pediatr Surg* 2005;40:1454–8. d

[24] Parker RI. Transfusion in critically ill children: indications, risks, and challenges. *Crit Care Med* 2014;42:675–90.

[25] Frasca D, Mounios H, Giraud B, Boisson M, Debaene B, Mimoz O. Continuous monitoring of haemoglobin concentration after in-vivo adjustment in patients undergoing surgery with blood loss. *Anaesthesia* 2015;70:803–9.



