

Apports hydroélectrolytiques chez l'enfant

J.-M. Devys, B. Plaud

Département d'anesthésiologie-réanimation-urgences, Fondation Adolphe de Rothschild, 25-29, rue Manin, 75019 Paris, France

e-mail : jmdevys@fo-rothschild.fr

POINTS ESSENTIELS

- L'hydratation périopératoire de l'enfant obéit à des règles simples, applicables dès les premiers jours de la vie.
- L'hydratation périopératoire prend en compte les besoins de base de l'enfant (règle des 4.2.1), les besoins de remplacement et la correction du jeûne préopératoire prolongé.
- La prise orale de liquides clairs est autorisée et conseillée jusqu'à 2 heures avant l'anesthésie.
- L'hypoglycémie peropératoire est rare. Sa prévention passe par le contrôle des durées de jeûne, l'utilisation de solutés faiblement glucosés (de 1 à 2 %), au mieux par des mesures répétées de la glycémie.
- Le maintien d'une glycémie normale doit être un des objectifs de l'anesthésie, notamment lors des chirurgies lourdes.
- Un apport de glucose est indispensable après une chirurgie chez l'enfant. En l'absence d'alimentation orale, des concentrations de glucose de 5 % sont conseillées.
- L'utilisation de solutés pauvres en sodium est associée à des encéphalopathies hyponatrémiques dont l'issue peut être fatale. La prévention des hyponatrémies de dilution passe par l'utilisation de solutés riches en sodium pendant et après l'anesthésie.
- Les solutés ne contenant que du glucose (G 5 %, G 10 %) ne sont pas des solutés de perfusion, sont dangereux et devraient disparaître des secteurs opératoires prenant en charge des enfants

La mise en place d'une voie d'abord veineuse fait partie des bonnes pratiques cliniques en anesthésie pédiatrique. Le plus souvent, s'y associe une perfusion de soluté dont la composition et le volume doivent être adaptés à l'âge de l'enfant, à son état d'hydratation, mais aussi à l'intensité et à la durée de l'acte chirurgical. Les recommandations concernant la perfusion en anesthésie pédiatrique sont anciennes et rappellent à la fois la nécessité d'utiliser des solutés isotoniques à teneur élevée en sodium, et la faible incidence des hypoglycémies chez l'enfant dans la période périopératoire [1] [2]. La survenue au XXI^e siècle d'accident à

type d'encéphalopathie hyponatrémique, après chirurgie pédiatrique chez des enfants ASA 1, souligne la méconnaissance de ces recommandations et justifie leur rappel [3].

PHYSIOLOGIE HYDROÉLECTROLYTIQUE DE L'ENFANT

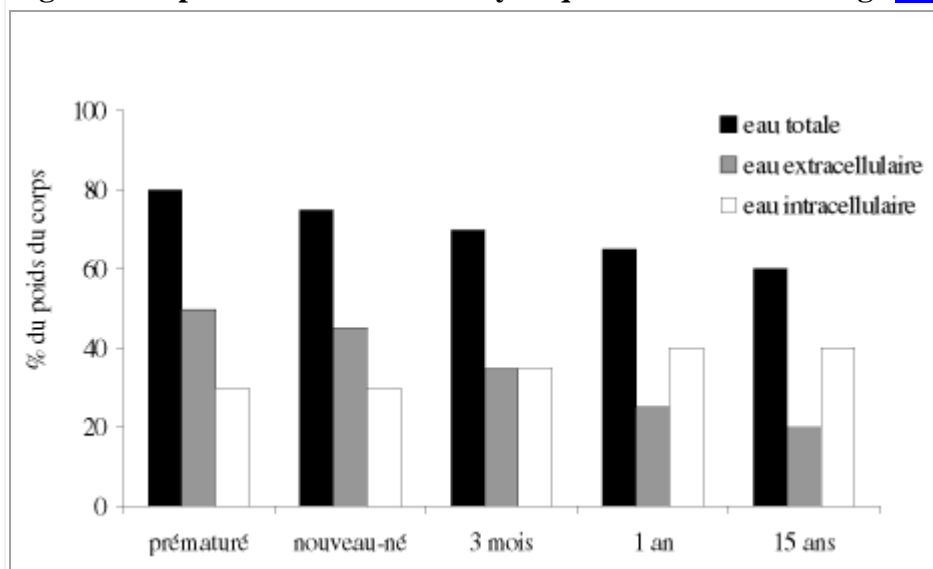
Particularités des secteurs hydriques

L'eau corporelle totale (ECT) peut être divisée en deux compartiments principaux, intracellulaire et extracellulaire. La répartition de ces secteurs hydriques de l'organisme subit d'importantes modifications pendant la petite enfance. Ces modifications sont particulièrement marquées pendant la première année de vie, où l'on assiste à une diminution parallèle et rapide du compartiment extracellulaire et de l'eau totale, alors que le volume du secteur intracellulaire atteint progressivement les valeurs de l'adulte [4] (figure 1). Le compartiment extracellulaire peut lui-même être divisé en deux compartiments inégaux : secteur plasmatique et secteur interstitiel. Le volume du secteur plasmatique est de $90 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$ chez le nouveau-né, de $85 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$ chez un nourrisson de un an et de $80 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$ chez l'enfant.

Particularités rénales

L'homéostasie hydroélectrolytique est régulée par le rein. Les grandes fonctions rénales sont réduites à la naissance et atteignent leur maturité à l'âge de 1 an. Ainsi, le débit de filtration glomérulaire passe de $20 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot 1,73 \text{ m}^{-2}$ à la naissance, à $40 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot 1,73 \text{ m}^{-2}$ à une semaine de vie, puis $60 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot 1,73 \text{ m}^{-2}$ à 1 mois, pour atteindre $100 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot 1,73 \text{ m}^{-2}$ à un an. Ces faibles valeurs à la naissance expliquent les difficultés du rein néonatal à conserver les liquides et à éliminer une surcharge hydrique [5].

Figure 1. Répartition des secteurs hydriques en fonction de l'âge [4].



La régulation de l'homéostasie tubulaire sodique est, elle aussi, imparfaite à la naissance [6]. La réduction des capacités de réabsorption du sodium, associée à des concentrations de facteur natriurétique auriculaire élevées, favorisent une natriurèse élevée. Le pouvoir de concentration des urines est faible à la naissance. Un nouveau-né ne peut concentrer ses urines comme un adulte : $600 \text{ mOsm}\cdot\text{L}^{-1}$ versus $1\ 400 \text{ mOsm}\cdot\text{L}^{-1}$. Cette capacité de concentrer ses

urines est acquise à 1 an. Une autre conséquence de cette immaturité rénale est la facilité d'apparition d'une acidose métabolique, liée à l'abaissement du seuil d'élimination des bicarbonates. La vitesse absolue d'excrétion de l'eau est également plus basse chez le nouveau-né que chez l'adulte. De grandes quantités d'eau libre sont donc difficiles à éliminer rapidement par le rein nouveau-né. La capacité de réponse à cette charge atteint quasiment celle de l'adulte à 1 mois de vie. Enfin, le seuil d'élimination rénal du glucose est abaissé chez le nouveau-né ($1,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ versus $2,4 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ chez l'adulte) exposant au risque de polyurie osmotique en cas d'hyperglycémie.

Particularités cardiovasculaires

Elles concernent essentiellement le nouveau-né et le nourrisson jusqu'à l'âge d'un mois. La contractilité myocardique est plus faible chez le nouveau-né et le prématuré que chez l'adulte, essentiellement en raison d'une masse myocardique peu importante. Le myocarde néonatal associe une pauvreté en tissu contractile à une diminution de la compliance ventriculaire, ce qui diminue le volume télédiastolique et le volume d'éjection systolique. Le débit cardiaque est donc dépendant de la fréquence cardiaque, et la tolérance à l'hypovolémie est faible. Ces particularités associées à l'immaturité rénale expliquent également la mauvaise tolérance à l'hypermolémie [7].

Ainsi, les spécificités physiologiques de l'enfant pouvant retentir sur les modalités du remplissage sont réduites au-delà de 1 mois, et disparaissent quasiment après 1 an. Nous traiterons par la suite essentiellement de l'enfant de plus de 1 mois.

CALCUL DES BESOINS HYDRIQUES PÉRIOPÉRATOIRES CHEZ L'ENFANT

Les besoins hydriques d'entretien chez l'enfant ont été établis en 1957 par Holiday et Sugar et réévalués en 1988 par Lindhal [8] [9]. Ces besoins sont calculés à partir de la dépense énergétique et des besoins hydriques correspondants (166 mL d'eau pour 100 kcal sous anesthésie à l'halothane, 100 mL d'eau pour 100 kcal au repos) (tableau I). À ces besoins hydriques d'entretien s'associent les besoins générés par le traumatisme chirurgical en dehors de tout saignement, appelés besoins de remplacement ($2 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ pour un traumatisme léger, $4-6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ pour un traumatisme moyen, $6-10 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ pour un traumatisme sévère). Ces formules donnent des valeurs indicatives pour l'hydratation périopératoire et pourront bien évidemment être mises en défaut pour des patients hyperthermiques par exemple ou souffrant de pathologies digestives générant une fuite capillaire interstitielle importante. Enfin, la compensation du jeûne préopératoire se fera sur la base des besoins d'entretien en fonction de la durée du jeûne pour les liquides. En cas de jeûne prolongé, on compensera la moitié du déficit hydrique sur la première heure, et l'autre moitié sur les 2 suivantes. On peut simplifier cette hydratation en administrant sur la première heure $25 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$ chez l'enfant de moins de 3 ans, et $15 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$ chez l'enfant de plus de 4 ans [10] [11]. Pour les heures suivantes, on perfusera $4 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$ pour les besoins d'entretien auxquels on additionnera 2, 4 ou $6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ pour respectivement des traumatismes mineurs ou importants, et ce quel que soit le poids de l'enfant.

Tableau I. Besoins liquidiens d'entretien par 24 heures et par heure chez l'enfant (règles des 4.2.1.) [9] [11].

Poids (kg)	Eau/24 h	Eau/h
------------	----------	-------

		(Règle des 4.2.1)
3 à 10	100 mL·kg ⁻¹	4 mL·kg ⁻¹
10 à 20	1 000 mL + 50 mL·kg ⁻¹ *	40 mL + 2 mL·kg ⁻¹ *
> 20	1 500 mL + 20 mL·kg ⁻¹ **	60 mL + 1 mL·kg ⁻¹ **

* Pour chaque kg au-delà de 10 kg ; ** pour chaque kg au-delà de 20 kg.
Exemple : besoins horaires pour un enfant de 2 ans (14 kg) subissant un traumatisme modéré soit :

- compensation du jeûne de 6 heures = 6 * [40 mL + (2 * 4)] = 288 mL
- besoins de base = 40 mL + (2 * 4) = 48 mL
- besoins de remplacement = 14 * 4 = 56 mL
- besoins peropératoires horaires totaux = 48 + 56 = 104 mL·h⁻¹
- débit de la première heure = 288/2 + 104 = 248 mL·h⁻¹
- débit des 2 heures suivantes = 288/4 + 104 = 176 mL·h⁻¹
- débit à partir de la 4^e heure = 104 mL·h⁻¹

soit

- débit de la première heure = 25 * 14 = 350 mL·h⁻¹
- débit des heures suivantes = 14 * (4 + 4) = 112 mL·h⁻¹

RÈGLES DE JEÛNE PRÉOPÉRATOIRE

Le jeûne préopératoire a pour but d'assurer la vacuité gastrique la plus complète possible et de minimiser le risque de pneumopathie d'inhalation. Ce risque est faible en anesthésie pédiatrique. Dans une étude prospective portant sur 63 180 anesthésies générales chez l'enfant, l'incidence des inhalations bronchiques était de 4 pour 10 000 anesthésies générales [12]. Seul le caractère urgent de la chirurgie était associé à une incidence accrue d'inhalation (chirurgie urgente : 1/373 vs chirurgie programmée : 1/4 544, $p < 0,001$). Ni l'âge ni la classe ASA ne modifiaient le risque. L'induction de l'anesthésie était incontestablement la période à risque d'inhalation (induction : 92 %, extubation : 8 %). Enfin, 43 % des inhalations bronchiques entraînaient des symptômes d'atteinte pulmonaire. Les règles de jeûne préopératoire sont établies pour des chirurgies programmées pour lesquelles le risque d'inhalation est donc très faible, ce qui permet de relativiser l'incidence des patients supposés à risque, selon une définition qui repose sur des critères de contenu gastrique (volume > 0,4 mL·kg⁻¹ et pH < 2,5) établis chez l'animal [13]. En effet, si ces critères étaient appliqués en pédiatrie, la moitié des enfants ayant respecté les consignes de jeûne serait à considérer comme à risque d'inhalation [14]. D'un point de vue pratique, la vidange des solides étant lente et linéaire, il faut recommander d'éviter leur prise dans les 6 heures précédant l'anesthésie [15]. En cas d'ingestion de solides indigestes (graisse), cette durée doit être prolongée. Les pratiques concernant le jeûne liquidien chez l'enfant ont évolué depuis 10 ans [16]. En effet, il a été démontré que la prise de liquides clairs dans les 2 à 3 heures précédant l'anesthésie diminuait l'inconfort de l'enfant, sans augmenter le volume du contenu gastrique [17] [18] [19]. La prise orale de 4 mL·kg⁻¹ d'une solution réhydratante (glucose 20 g·L⁻¹, NaCl 5 g·L⁻¹), 3 heures avant l'anesthésie, diminuerait même le volume du résidu gastrique et augmenterait son pH [20]. Ces données rassurantes ne sont valables qu'en l'absence de prémédication à base de morphine [21]. Concernant le lait, les structures américaines prenant en charge les enfants proposent le plus souvent des durées de jeûne de 4 heures pour le lait maternel et de 6 heures pour les laits maternisés sans établir de différence nette en fonction de l'âge [22]. En effet, les études sur le jeûne chez le nourrisson de moins de 6 mois sont trop peu nombreuses pour pouvoir établir des distinctions entre les âges [23]. Les recommandations pour le jeûne

préopératoire chez l'enfant indemne de pathologie pouvant diminuer la vidange gastrique ont fait l'objet d'une révision en 1999 par la société américaine d'anesthésiologie (ASA Task Force) et sont résumées dans le [tableau II](#).

CONSÉQUENCES MÉTABOLIQUES DE L'ACTE CHIRURGICAL

L'intervention chirurgicale va entraîner une réaction hormonale et des pertes supplémentaires qui vont modifier les besoins de base et l'utilisation métabolique des substrats. Les réactions neurohormonales à l'agression chirurgicale sont complexes mais semblent proportionnelles à l'intensité de celle-ci [24]. Elles comportent les éléments suivants : libération de catécholamines qui augmentent le débit cardiaque, hyperglucagonémie et résistance à l'insuline responsables d'une hyperglycémie, stimulation de la sécrétion d'ADH, de l'ACTH, du cortisol, d'aldostérone et de vasopressine [25]. Cette sécrétion d'hormones hyperglycémiantes est diminuée en cas de prise de β -bloquants et lorsque l'anesthésie générale est couplée à une anesthésie locorégionale chez l'enfant, que ce soit une anesthésie caudale, péridurale ou une rachianesthésie [26] [27] [28]. Les enfants bénéficiant de ces techniques ont donc une tendance à l'hyperglycémie moins marquée en périopératoire. De même, à traitement antalgique per et postopératoire identique (morphine intraveineuse, 10 mg·kg⁻¹·h⁻¹), les nourrissons de moins de 4 semaines développent une réponse métabolique moins importante que les enfants plus âgés [29].

Tableau II. Recommandations pour le jeûne préopératoire chez l'enfant. Anesthesiology 1993 ; 90 : 896-905.

Produit ingéré	Période de jeûne
Liquide clair	2 h
Lait maternel	4 h
Lait maternisé	6 h
Lait de vache	6 h
Repas léger	6 h
Repas gras/viande	8 h
Liquides clairs (quantité variable, de 2 mL·kg ⁻¹ à ad libitum) : eau sucrée ou non, sirop à l'eau, jus de fruits transparents (pomme, raisin, jus d'orange sans pulpe), thé ou café (pour les plus grands)	

QUEL SOLUTÉ DE PERFUSION PEROPÉRATOIRE ?

Dans les années 1970-1980, la prévention de l'hypoglycémie était le souci principal des anesthésistes. Vingt ans plus tard, il apparaît que la prise en compte exclusive de ce risque a occulté le risque d'hyponatrémie périopératoire, alors que la morbidité et la mortalité associée à ce désordre électrolytique ne doivent pas être négligées.

Glucose et perfusion chez l'enfant

L'administration de glucose reste un sujet controversé. L'hypoglycémie, définie par une concentration en glucose inférieure à 40 mg/100 mL est un événement redouté par les anesthésistes prenant en charge les enfants [30]. Son incidence à l'induction de l'anesthésie est très faible (< 1 %) et pourrait être associée à des durées de jeûne

prolongées [31] [32] [33] [34] [35]. En revanche, l'absence d'élévation voire une diminution de la glycémie est constatée chez 12 % des enfants ne recevant pas d'apport glucidique pendant la chirurgie [34]. En l'absence de contrôle de la glycémie périopératoire, il semble donc prudent d'assurer un apport minimal en glucose. Cette pratique est d'ailleurs très répandue. Une enquête postale réalisée chez les anesthésistes, membres de l'association des anesthésistes-réanimateurs pédiatres d'expression francophone (Adarpef) et de l'équivalent britannique (APA), a montré que les solutés contenant du glucose étaient utilisés pour la quasi-totalité des nouveau-nés et des nourrissons [36]. Pour les tranches d'âge 1-5 ans et 6-12 ans, un soluté glucosé était utilisé dans respectivement 50 et 40 % des cas. Cette attitude s'accompagnait d'un contrôle très épisodique de la glycémie qui n'est réalisé que chez 58 % des nouveau-nés et 8 % des nourrissons de 0 à 2 ans [37]. La concentration de glucose utilisée doit être suffisante pour éviter une éventuelle hypoglycémie et ne pas entraîner d'hyperglycémie. L'apport en glucose, initialement recommandé pendant la chirurgie ($300 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) conduit le plus souvent à une hyperglycémie. De fait, un apport en glucose de $120 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ semble suffisant pour prévenir une hypoglycémie et éviter une hyperglycémie importante [1]. Cet apport qui peut être obtenu en administrant $4 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ d'un soluté ayant une concentration en glucose de $3 \text{ g}/100 \text{ mL}$ suffit à prévenir une hypoglycémie peropératoire [1] [38]. Cependant, le respect des règles d'hydratation (15 à $25 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1}$ la première heure et non $4 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1}$) avec des solutés riches en glucose ($2,5 \text{ g}/100 \text{ mL}$ et plus) conduit là encore à des hyperglycémies [34]. En fait, hydrater un enfant (en compensant le jeune préopératoire) avec un soluté ayant une concentration en glucose de 1% semble suffisant car cette concentration permet d'obtenir une élévation modérée de la glycémie et assure un apport permettant d'éviter une hypoglycémie [39] [40].

La morbidité liée à l'hyperglycémie a longtemps été considérée comme théorique, même si une élévation marquée de la glycémie ($> 4 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$) a pu être impliquée dans la survenue de lésions cérébrales irréversibles [41]. En effet, le risque de diurèse osmotique n'existe que pour des valeurs élevées de glycémie (seuil rénal du glucose $2,3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$) et la protection vis-à-vis d'une hypothétique ischémie cérébrale n'est pas nécessaire pour toutes les chirurgies. Le risque lié à l'hyperglycémie modérée semble pourtant réel. Dans une étude prospective randomisée portant sur un grand collectif d'adultes ventilés en réanimation, l'obtention d'une glycémie constamment inférieure à $1,1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ permettait de diminuer la mortalité et la morbidité (infections, insuffisance rénale...) [42]. Si ces résultats devaient se confirmer, notamment chez l'enfant subissant une chirurgie lourde ou devant être ventilé en période postopératoire, le contrôle régulier de la glycémie pour dépister et traiter une éventuelle hyperglycémie deviendrait un objectif clinique à part entière.

Danger des solutés hypotoniques

La période périopératoire est souvent associée à une diminution des capacités d'élimination de l'eau libre, couramment appelée syndrome de sécrétion inappropriée d'hormone antidiurétique (SIADH) [43]. Un SIADH peut apparaître après tout type de chirurgie chez l'enfant même s'il est plus fréquent après chirurgie lourde (chirurgie du rachis, neurochirurgie) et habituellement absent chez le nouveau-né [44] [45] [46] [47] [48]. L'hormone antidiurétique étant la principale hormone responsable de la régulation hydrique du corps, cette sécrétion inappropriée, seule ou associée à un apport liquidien hypotonique, peut entraîner une hyponatrémie profonde ($\text{Na}^+ < 128 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) dont l'incidence est estimée à $0,34 \%$ chez l'enfant [49]. Dans une étude rétrospective portant sur $24\,412$ enfants opérés, l'hyponatrémie conduisait au décès dans 9% des cas ($7/83$) [49]. La révélation clinique de cette hyponatrémie était d'autant plus dramatique (encéphalopathie, convulsion voire décès) que son installation

avait été rapide [49] [50]. Récemment, Paut et al. ont rapporté sept cas d'encéphalopathies hyponatrémiques sévères chez des enfants ASA 1, opérés d'une chirurgie mineure [3]. Dans tous les cas, les enfants avaient été perfusés en période périopératoire avec du G5 % pur ou un soluté hypotonique. Un enfant est décédé. Il convient donc de rappeler que les solutés hypotoniques comme le G5 % ou le G10 % sont des solutés dangereux et qu'ils n'ont pas leur place en anesthésie pédiatrique, ni en per- ni en postopératoire. On leur préférera des solutés isotoniques comme le NaCl 0,9 % ou faiblement hypotoniques comme le Ringer lactate ou le Ringer lactate glucosé à 1 % (B66[®], Pharmacie centrale des Hôpitaux de Paris) (tableau III). Concernant le NaCl 0,9 %, sa forte teneur en chlore est tenue pour responsable d'acidose hyperchlorémique lors de perfusion de grand volume [51]. L'impact clinique de cette modification biologique reste à démontrer chez l'enfant comme chez l'adulte.

Tableau III. Composition des principaux solutés de perfusion en anesthésie pédiatrique.

	NaCl 0,9 %	Ringer lactate	B 66 [®]
Sodium (mmol·L ⁻¹)	154	130	120
Potassium (mmol·L ⁻¹)	0	4	4
Chlore (mmol·L ⁻¹)	154	108	108
Calcium (mmol·L ⁻¹)	0	2	2
Lactate (mmol·L ⁻¹)	0	28	20
Glucose (g/100 mL)	0	0	1
Osmolalité (mOsm·L ⁻¹)	308	280	305
Présentation (mL)	50, 100, 250, 500	500	250

Le B66[®] est fabriqué par les laboratoires Lavoisier et distribué par la pharmacie centrale des Hôpitaux de Paris.

Le soluté de perfusion peropératoire choisi doit donc avant tout être isotonique, c'est-à-dire avoir une concentration en sodium proche de celle du plasma. En l'absence de contrôle de la glycémie, un apport minimal en glucose reste recommandé. À l'heure actuelle, seul le B66[®] permet de respecter ces deux critères. Cependant sa teneur faible en glucose (1 g/100 mL) ne met pas à l'abri d'hypoglycémie en cas d'anesthésie de longue durée et sa concentration en sodium (120 mmol·L⁻¹) peut favoriser l'apparition d'une hyponatrémie en cas de perfusion de volume important. L'adjonction de glucose à un flacon de Ringer lactate ou de NaCl 0,9 % est possible, mais peu pratique et elle peut conduire à une intolérance veineuse (osmolalité > 350 mOsm·L⁻¹).

ATTITUDE PRATIQUE DURANT L'ANESTHÉSIE

La perfusion liquidienne doit compenser les besoins hydroélectrolytiques et énergétiques d'entretien (règle des 4.2.1.) et les besoins de remplacement (tableau II). Le plus souvent, on utilisera le même soluté pour y parvenir. Les propositions suivantes concernent l'enfant et le nourrisson de plus d'un mois, pour les durées de jeûne décrites dans le tableau I.

Chirurgie mineure de moins d'une heure, reprise rapide de l'alimentation (hernie inguinale, circoncision, adénoïdectomie)

- voie d'abord veineuse sans apport liquidien ;

- NaCl 0,9 %, Ringer lactate ou B66[®].

Chirurgie mineure de plus d'une heure (chirurgie du reflux vésico-urétéral)

- B 66[®] ;

- Ringer Lactate ou NaCl 0,9 % + glycémie peropératoire.

Chirurgie majeure ou de longue durée

- Association B66[®] (besoins de base, correction du jeûne) + NaCl 0,9 % ou Ringer Lactate (besoins de remplacement) ± glycémie peropératoire (± contrôle de natrémie en cas de perfusion > 50 mL·kg⁻¹).

Les conditionnements des solutés étant variables, on veillera à utiliser du matériel de perfusion adapté au poids de l'enfant ([tableau IV](#)).

Poids (kg)	Matériel
P < 5	Pompes volumétriques
5 < P < 10	Pompes volumétriques, maîtrisette
10 < P < 20	Flacons de 250 mL
P > 25	Flacons de 500 mL

PERFUSION POSTOPÉRAIRE

Avant de choisir un soluté de perfusion postopératoire, il faut d'abord évaluer le besoin de maintien d'une voie d'abord veineuse. En effet, les interventions les plus répandues chez l'enfant ne nécessitent pas d'apport intraveineux postopératoire, car l'enfant peut s'alimenter très rapidement et l'analgésie peut être assurée par voie orale. En cas d'alimentation prévue impossible ou partielle, une perfusion de soluté glucosé est recommandée. En effet, la sécrétion d'hormones hyperglycémiantes cesse avec la chirurgie, entraînant une diminution de la glycémie dans les premières heures postopératoires [29]. Cette diminution de la glycémie peut être particulièrement marquée et conduire à une hypoglycémie en cas de jeûne préopératoire prolongé [30]. La perfusion de sérum glucosé doit être établie de façon à assurer la compensation des besoins d'entretien selon la règle des 4.2.1. Là encore, sérum glucosé ne signifie pas G5 % ou G10 % purs, mais des solutés faiblement hypotoniques contenant le plus souvent du glucose à une concentration de 5 g pour 100 mL (exemple : glucose 50 g·L⁻¹, NaCl 4 g·L⁻¹, KCl 2 g·L⁻¹). En cas de pertes insensibles importantes nécessitant une compensation, les besoins de remplacement seront couverts par une solution plus physiologique comme le NaCl 0,9 %. Rappelons ici que les encéphalopathies hyponatrémiques évoquées précédemment étaient en rapport avec une perfusion per- mais surtout postopératoire de solutés hypotoniques [3]. Là encore, il faudra adapter le matériel de perfusion au poids de l'enfant, en utilisant au mieux des pompes volumétriques ou à défaut, des régulateurs de débits pour les enfants les plus grands (> 20 kg).

PERFUSION DANS LA PREMIÈRE SEMAINE DE VIE

Les règles décrites ci-dessus pour l'enfant et le nourrisson ne sont pas valables chez le nouveau-né, et durant la première semaine de vie. Le nouveau-né cumule les immaturités fonctionnelles hépatique (glycuroconjugaison et pouvoir d'oxydation acquis à 2 mois, néoglucogénèse imparfaite et faibles réserves en glycogène exposant au risque d'hypoglycémie), mais surtout rénale avec diminution de la filtration glomérulaire, diminution de la réabsorption tubulaire du sodium entraînant une natriurèse élevée, diminution du seuil rénal du glucose ($1,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ versus $2,4 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ chez l'adulte) exposant au risque de glycosurie avec polyurie osmotique, diminution du pouvoir de concentration et d'acidification des urines. Le pouvoir d'adaptation du nouveau-né aux modifications hydroélectrolytiques induites par la chirurgie est donc faible. De plus, sa tolérance cardiaque aux variations de volémie est, elle aussi, moindre que celle de l'enfant plus âgé. Enfin, même si le seuil de définition de l'hypoglycémie est plus bas que chez le nourrisson ($30 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ vs $40 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$), la consommation énergétique importante du nouveau-né favorise l'apparition d'hypoglycémie (incidence de 20 % en l'absence d'apport sucré, dans la première heure d'anesthésie) [52]. La stratégie d'hydratation peropératoire couramment répandue est de différencier apport de base et apport de remplacement et d'utiliser deux solutés différents pour toutes les chirurgies majeures périnatales. Les besoins de base journaliers peropératoires du nouveau-né sont couverts le plus souvent par des solutés glucosés à 5 % contenant des électrolytes. Le plus simple est d'utiliser du G5 % pur (débit $2 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ à la naissance, $4 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ dès la première semaine), de définir le volume à perfuser sur 1 journée et d'ajouter à ce volume les besoins quotidiens en électrolytes (tableau V). L'hypoglycémie pouvant survenir en dépit d'un apport de sérum contenant une concentration de glucose de 5 %, un contrôle de la glycémie est conseillé (plutôt que l'utilisation de sérum glucosé à 10 %) [52]. Ce contrôle de la glycémie peropératoire se fait au mieux toutes les 1 à 2 heures [37]. Pour une chirurgie d'intensité modérée, on associera aux besoins de base une perfusion de Ringer lactate ou de NaCl 0,9 % pour les besoins de remplacement (débit en fonction de la chirurgie). En l'absence de reprise d'alimentation rapide (j1), une nutrition parentérale périphérique postopératoire sera envisagée avec augmentation progressive des apports énergétiques (utilisation de concentration de glucose à 10 %, apport lipidiques) [53].

Tableau V. Besoins hydroélectrolytiques peropératoires théoriques de base du nouveau-né et du nourrisson.

	Nouveau-né à terme	Nourrisson de 1 an
Volume hydrique	$70 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$	$100 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$
Sodium ($\text{mmol}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$)	2	2-4
Potassium ($\text{mmol}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$)	2	2-4
Calcium ($\text{mmol}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$)	2	2
Glucose ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$)	7-9	2,5-5

CONCLUSION

L'hydratation périopératoire de l'enfant obéit à des règles simples que ce soit pour la durée du jeûne, les volumes à perfuser ou le contenu des solutés. L'hypoglycémie peropératoire est un événement rare, facilement évitable en utilisant des solutés faiblement concentrés en glucose ou en contrôlant la glycémie une fois l'enfant anesthésié. Le risque principal est en fait l'hyponatémie de dilution. Les solutés hypotoniques comme le G5 % doivent donc disparaître des blocs opératoires pédiatriques au profit de solutés isotoniques ou faiblement hypotoniques

(NaCl 0,9 %, Ringer lactate, B66®). Seul le respect de ces pratiques permettra de ne pas transformer une simple hydratation périopératoire en catastrophe annoncée.

RÉFÉRENCES

- 1 Leelanukrom R, Cunliffe M. Intraoperative fluid and glucose management in children. *Paediatr Anaesth* 2000 ; 10 : 353-9.
- 2 Camboulives J. Apports hydro-électrolytiques peropératoires et transfusion. In : Ecoffey C, Hamza J, Meistelman C, Eds. *Anesthésiologie Pédiatrique*. Paris : 1997. p. 101-16.
- 3 Paut O, Remond C, Lagier P, et al. Encéphalopathie hyponatrémique sévère après chirurgie pédiatrique : analyse de sept cas cliniques et recommandations pour un traitement et une prévention efficaces. *Ann Fr Anesth Réanim* 2000 ; 19 : 467-73.
- 4 Hochman HI, Grodin MA, Crone R. Dehydration, diabetic ketoacidosis, and shock in the pediatric patient. *Pediatr Clin North Am* 1979 ; 26 : 803-26.
- 5 Seikaly MC, Arant BS. Development of renal hemodynamics: glomerular filtration and renal blood flow. *Clin Perinatol* 1992 ; 19 : 1-13.
- 6 Hubert P, Laborde K. Régulation du métabolisme hydroélectrolytique et physiologie rénale de l'enfant. In : Ecoffey C, Hamza J, Meistelman C, Eds. *anesthésiologie pédiatrique*. Paris : 1997. p. 23-34.
- 7 Hamza J. Physiologie périnatale. In : Saint-Maurice C, Murat I, Ecoffey C, Eds. *Manuel d'anesthésie pédiatrique*. Paris : 1991. p. 1-16.
- 8 Lindahl SG. Energy expenditure and fluid and electrolyte requirements in anesthetized infants and children. *Anesthesiology* 1988 ; 69 : 377-82.
- 9 Holliday MA, Segar WE. The maintenance need for water in parenteral fluid therapy. *Pediatrics* 1957 ; 19 : 823-32.
- 10 Furman EB, Roman DG, Lemmer LA, et al. Specific therapy in water, electrolyte and blood-volume replacement during pediatric surgery. *Anesthesiology* 1975 ; 42 : 187-93.
- 11 Berry FA. Practical aspects of fluid and electrolyte therapy. In : Berry FA, Ed. *Anesthetic management of difficult and routine pediatric patients*. New York : Churchill Livingstone 1986. p. 107-35.
- 12 Warner MA, Warner ME, Warner DO, et al. Perioperative pulmonary aspiration in infants and children. *Anesthesiology* 1999 ; 90 : 66-71.
- 13 Roberts RB, Shirley MA. Reducing the risk of acid aspiration during cesarean section. *Anesth Analg* 1974 ; 53 : 859-68.
- 14 Schreiner MS, Triebwasser A, Keon TP. Ingestion of liquids compared with preoperative fasting in pediatric outpatients. *Anesthesiology* 1990 ; 72 : 593-7.

- 15 Colas MJ. Les règles du jeûne préopératoire ont-elles évolué ? In : Sfar, Ed. Conférences d'actualisation. 42^e Congrès national d'anesthésie et de réanimation. Paris : Elsevier ; 2001. p. 81-93.
- 16 Paut O, Camboulives J. L'enfant à jeun. In : Sfar, Ed. Conférences d'actualisation. 35^e Congrès national d'anesthésie et de réanimation. Paris : Masson ; 1994. p. 237-50.
- 17 Splinter WM, Schaefer JD. Unlimited clear fluid ingestion two hours before surgery in children does not affect volume or pH of stomach contents. *Anaesth Intensive Care* 1990 ; 18 : 522-6.
- 18 Splinter WM, Schaefer JD, Zunder IH. Clear fluids three hours before surgery do not affect the gastric fluid contents of children. *Can J Anaesth* 1990 ; 37 : 498-501.
- 19 Splinter WM, Schaefer JD. Ingestion of clear fluids is safe for adolescents up to 3 h before anaesthesia. *Br J Anaesth* 1991 ; 66 : 48-52.
- 20 Moyao-Garcia D, Corrales-Fernandez MA, Blanco-Rodriguez G, et al. Benefits of oral administration of an electrolyte solution interrupting a prolonged preoperative fasting period in pediatric patients. *J Pediatr Surg* 2001 ; 36 : 457-9.
- 21 Aun CS, Panesar NS. Paediatric glucose homeostasis during anaesthesia. *Br J Anaesth* 1990 ; 64 : 413-8.
- 22 Ferrari LR, Rooney FM, Rockoff MA. Preoperative fasting practices in pediatrics. *Anesthesiology* 1999 ; 90 : 978-80.
- 23 Van der Walt JH, Foate JA, Murrell D, et al. A study of preoperative fasting in infants aged less than three months. *Anaesth Intensive Care* 1990 ; 18 : 527-31.
- 24 Ward Platt MP, Tarbit MJ, Aynsley-Green A. The effects of anesthesia and surgery on metabolic homeostasis in infancy and childhood. *J Pediatr Surg* 1990 ; 25 : 472-8.
- 25 Weissman C. The metabolic response to stress: an overview and update. *Anesthesiology* 1990 ; 73 : 308-27.
- 26 Murat I, Walker J, Esteve C, et al. Effect of lumbar epidural anaesthesia on plasma cortisol levels in children. *Can J Anaesth* 1988 ; 35 : 20-4.
- 27 Nakamura T, Takasaki M. Metabolic and endocrine responses to surgery during caudal analgesia in children. *Can J Anaesth* 1991 ; 38 : 969-73.
- 28 Wolf AR, Doyle E, Thomas E. Modifying infant stress responses to major surgery: spinal vs extradural vs opioid analgesia. *Paediatr Anaesth* 1998 ; 8 : 305-11.
- 29 Bouwmeester NJ, Anand KJ, Van Dijk M, et al. Hormonal and metabolic stress responses after major surgery in children aged 0-3 years: a double-blind, randomized trial comparing the effects of continuous versus intermittent morphine. *Br J Anaesth* 2001 ; 87 : 390-9.

- 30 Ware S, Osborne JP. Postoperative hypoglycaemia in small children. *Br Med J* 1976 ; 2 : 499-501.
- 31 Jensen BH, Wernberg M, Andersen M. Preoperative starvation and blood glucose concentrations in children undergoing inpatient and outpatient anaesthesia. *Br J Anaesth* 1982 ; 54 : 1071-4.
- 32 Maze A, Samuels SI. Hypoglycemia-induced seizures in an infant during anesthesia. *Anesthesiology* 1980 ; 52 : 77-8.
- 33 Thomas DK. Hypoglycaemia in children before operation: its incidence and prevention. *Br J Anaesth* 1974 ; 46 : 66-8.
- 34 Welborn LG, McGill WA, Hannallah R, et al. Perioperative blood glucose concentrations in pediatric outpatients. *Anesthesiology* 1986 ; 65 : 543-7.
- 35 Welborn LG, Hannallah RS, McGill WA, et al. Glucose concentrations for routine intravenous infusion in pediatric outpatient surgery. *Anesthesiology* 1987 ; 67 : 427-30.
- 36 Söderlind M, Salvignol G, Izard P, et al. Use of albumine, blood transfusion and intraoperative glucose by APA and ADARPEF members: a postal survey. *Paediatr Anaesth* 2001 ; 11 : 685-9.
- 37 Ayers J, Graves SA. Perioperative management of total parenteral nutrition, glucose containing solutions, and intraoperative glucose monitoring in paediatric patients: a survey of clinical practice. *Paediatr Anaesth* 2001 ; 11 : 41-4.
- 38 Mikawa K, Maekawa N, Goto R, et al. Effects of exogenous intravenous glucose on plasma glucose and lipid homeostasis in anesthetized children. *Anesthesiology* 1991 ; 74 : 1017-22.
- 39 Dubois MC, Gouyet I, Murat I, et al. Lactated Ringer with 1% dextrose: an appropriate solution for peri-operative fluid therapy in children. *Paediatr Anaesth* 1992 ; 2 : 99-104.
- 40 Geib I, Dubois MC, Gouyet L, et al. Perfusion périopératoire chez l'enfant : évaluation d'un soluté de perfusion. *Ann Fr Anesth Réanim* 1993 ; 12 : 6-10.
- 41 Bush GH, Steward DJ. Can persistent cerebral damage be caused by hyperglycaemia? *Paediatr Anaesth* 1995 ; 5 : 385-7.
- 42 Van den Berghe G, Wouters P, Weekers F, et al. Intensive insulin therapy in critically ill patients. *N Engl J Med* 2001 ; 345 : 1359-67.
- 43 Paut O, Tsimaratos M, Meyrieux V. Les hyponatrémies chez l'enfant. In : Sfar, Ed. *Conférences d'actualisation. 42^e Congrès national d'anesthésie et réanimation*. Paris : Elsevier ; 2001. p. 629-50.
- 44 Arieff AI. Postoperative hyponatraemic encephalopathy following elective surgery in children. *Paediatr Anaesth* 1998 ; 8 : 1-4.

- 45 Burrows FA, Shutack JG, Crone RK. Inappropriate secretion of antidiuretic hormone in a postsurgical pediatric population. *Crit Care Med* 1983 ; 11 : 527-31.
- 46 Lieh-Lai MW, Stanitski DF, Sarnaik AP, et al. Syndrome of inappropriate antidiuretic hormone secretion in children following spinal fusion. *Crit Care Med* 1999 ; 27 : 622-7.
- 47 Soroker D, Ezri T, Lurie S, et al. Symptomatic hyponatraemia due to inappropriate antidiuretic hormone secretion following minor surgery. *Can J Anaesth* 1991 ; 38 : 225-6.
- 48 Gomola A, Cabrol S, Murat I. Severe hyponatraemia after plastic surgery in a girl with cleft palate, medial facial hypoplasia and growth retardation. *Paediatr Anaesth* 1998 ; 8 : 69-71.
- 49 Arieff AI, Ayus JC, Fraser CL. Hyponatraemia and death or permanent brain damage in healthy children. *BMJ* 1992 ; 304 : 1218-22.
- 50 Fraser CL, Arieff AI. Epidemiology, pathophysiology, and management of hyponatremic encephalopathy. *Am J Med* 1997 ; 102 : 67-77.
- 51 Blanloeil Y, Roze B, Rigal JC, et al. Acidose hyperchlorémique lors du remplissage vasculaire. *Ann Fr Anesth Réanim* 2002 ; 21 : 211-20.
- 52 Larsson LE, Nilsson K, Niklasson A, et al. Influence of fluid regimens on perioperative blood-glucose concentrations in neonates. *Br J Anaesth* 1990 ; 64 : 419-24.
- 53 Goutail-Flaud MF. Thérapeutique hydroélectrolytique et nutritionnelle en chirurgie pédiatrique. In : Murat I, Camboulives J, Eds. *Réanimation chirurgicale pédiatrique*. Paris : 1991. p. 61-108.