UNIVERSITE DE NANTES

_____

FACULTE DE MEDECINE

_____

Année 2011 N° 115

THESE

pour le

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE

DES Anesthésie - Réanimations

par

Delphine LEBŒUF - POULIQUEN

née le 26 mai 1981 à Nantes

_____

Présentée et soutenue publiquement le 25 octobre 2011

_____

MONITORAGE DE LA SATURATION CEREBRALE EN OXYGENE ET TRANSFUSION EN CHIRURGIE CARDIAQUE PEDIATRIQUE

_____

Président : Monsieur le Professeur Karim ASEHNOUNE

Directeur de thèse : Madame le Professeur Corinne LEJUS

Table des matières

1- Introduction 1

2- Patients et méthodes 3

3- Résultats 6

4- Discussion 8

5- Conclusion 11

6- Références 23

Résumé 26

Mots clés 26

1- Introduction

La chirurgie cardiaque pédiatrique est une chirurgie à risque de complications neurologiques[1] [2] [3]. Chez l'adulte l'origine de ces complications neurologiques est essentiellement de nature embolique, alors que chez l'enfant, elle est souvent d'origine ischémique ou multifactorielle[4] et : arrêt circulatoire en hypothermie profonde, circulation extra-corporelle à bas débit, corrections chirurgicales itératives et conduite de la circulation extra-corporelle (hématocrite, durée et rapidité de refroidissement et réchauffement de la température corporelle). Certains patients présentent également des pathologies du système nerveux central entrant dans le cadre d'un tableau de syndrome poly-malformatif (exemple : hypoplasie du cœur gauche associée, dans 30% des cas, à une dysgénésie cérébrale), ce qui les rend plus vulnérables aux souffrances cérébrales. Les complications neurologiques se manifestent principalement par 3 types de symptômes : convulsions, choréoathétose, retard de développement psychomoteur et intellectuel.

Le monitorage de la saturation tissulaire cérébrale en oxygène (ScO_2) par spectrophotométrie infrarouge (Invos™, Somanetics) est non invasif et fait partie du monitorage de base pour de nombreuses équipes en chirurgie cardiaque et particulièrement en pédiatrie. Les variations de ScO_2 sont corrélées à celles de la saturation en oxygène du sang veineux mêlé (SvO_2) mesurées par cathétérisme cardiaque droit[5] [6]. La ScO_2 est donc influencée par le débit cardiaque et le métabolisme et sa valeur est le reflet d'un équilibre entre apport, transport et consommation en oxygène. Les facteurs influençant la valeur de ScO_2 sont la pression de perfusion cérébrale, la pression artérielle en oxygène (PaO_2) et en dioxyde de carbone ($PaCO_2$), le taux d'hémoglobine (Hb) et le métabolisme cérébral. Chez le sujet sain, une valeur supérieure à 70% est considérée comme normale. Une baisse de 20% par rapport à la valeur de base ou une valeur inférieure à 50% en valeur absolue, sont considérées comme les seuils nécessitant une intervention thérapeutique[7-11] pour optimiser l'oxygénation cérébrale et réduire l'incidence des complications neurologiques[12]. Chez l'adulte, les désaturations per-opératoires sont associées à une augmentation des accidents vasculaires cérébraux[13] et à une augmentation des troubles cognitifs post-opératoires[11]. Le monitorage de la ScO_2 per-opératoire est associé à une diminution des durées de séjour en réanimation chez l'adulte comme chez l'enfant[12,14]. En chirurgie cardiaque pédiatrique,

lorsqu'aucune intervention thérapeutique n'est engagée lors d'une chute de la ScO_2, les séquelles neurologiques et la durée de séjour en réanimation sont augmentées[15]. Le monitorage de la ScO_2 est également utilisé dans la chirurgie carotidienne[16], chez le polytraumatisé[17] et en néonatologie[18].

La chirurgie cardiaque pédiatrique génère des pertes sanguines importantes. L'anémie pré- et per-opératoire majore la morbi-mortalité[19]. Aussi la transfusion de concentrés globulaires est fréquemment nécessaire[20]. La transfusion n'est pas elle-même indemne de complications (transmission d'agents infectieux, incompatibilités, syndrome de détresse respiratoire aiguë post-transfusionnel ou Transfusion-Related Acute Lung Injury (TRALI), erreurs transfusionnelles, immunosuppression relative, augmentation des infections post-opératoires)[21,22], ce qui impose aussi d'éviter toute transfusion injustifiée. L'objectif principal de ce travail a été de rechercher une éventuelle influence du monitorage per-opératoire de ScO_2 sur la stratégie transfusionnelle per-opératoire en chirurgie cardiaque de l'enfant de moins de 2 ans. L'objectif secondaire était de rechercher son influence sur la durée d'hospitalisation en réanimation.

2- Patients et méthodes

L'étude a été menée dans l'unité d'anesthésie cardiopédiatrique du Pôle Anesthésie Réanimations du CHU de Nantes, de janvier 2006 à août 2009. Après accord du comité d'éthique (Groupe Nantais d'éthique dans le Domaine de la Santé, avis du 15 juin 2010) et information et consentement écrit des parents, l'étude observationnelle, rétrospective, mono-centrique a inclus tous les patients consécutifs, d'âge inférieur ou égal à deux ans, porteurs d'une cardiopathie congénitale ayant nécessité un traitement chirurgical curatif ou palliatif, avec ou sans CEC. La recherche des patients a été conduite sur le registre d'activité d'anesthésie cardiopédiatrique.

La composition des équipes médicales en charge des patients (deux chirurgiens et six médecins anesthésistes) a été identique pendant toute la période d'étude. Les protocoles de prise en charge des patients n'ont pas été modifiés sur la période étudiée, en dehors de l'introduction du monitorage de la ScO_2 en octobre 2007. Les deux paires d'électrodes à usage unique étaient positionnées de façon symétrique sur le front du patient, avant l'induction. Elles comportaient chacune un émetteur et un récepteur de photons dans le spectre proche infrarouge, permettant la quantification de l'absorption des photons par l'hémoglobine. L'écran du moniteur affichait les valeurs absolues et l'évolution en fonction du temps. L'enregistrement des valeurs de ScO_2 était débuté avant l'induction anesthésique, pour déterminer la ScO_2 de référence.

La valeur de base de la ScO_2 était mesurée pour chaque patient, en air ambiant, avant l'induction anesthésique Lorsque la valeur absolue de ScO_2 était inférieure à 50% ou diminuait de 20% par rapport à sa valeur de base, une intervention thérapeutique était engagée. L'équilibre acido-basique était optimisé par modification de la ventilation ou du balayage de la membrane de l'oxygénateur permettant une variation des pressions artérielles en dioxyde de carbone ($PaCO_2$) et en oxygène (PaO_2) et permettant essentiellement la correction d'une hypocapnie. L'amélioration du transport de l'oxygène par augmentation de l'hématocrite était réalisé par transfusion de concentrés globulaires érythrocytaires. La sédation pouvait être approfondie afin de diminuer la consommation cérébrale en oxygène. De même, l'analgésie et la température corporelle étaient adaptées. L'optimisation de la pression artérielle moyenne, en particulier la modification des résistances vasculaires systémiques par

ajout de vasopresseurs per CEC, et l'amélioration du débit cardiaque étaient réalisés. Les positions des capteurs et de la tête du patient étaient vérifiées. Enfin, la vérification du positionnement des canules aortique et veineuse par le chirurgien était envisagée. Dans chaque cas, toute interférence ou artéfact était recherché et éliminé.

Un bilan biologique, comprenant un bilan gazeux artériel, le taux d'Hb et un ionogramme sanguin était réalisé toutes les 30 minutes pendant toute la durée de la chirurgie. Le taux d'Hb ou seuil transfusionnel, pris en compte à chaque nouvelle décision de transfusion de concentrés globulaires, a été recueilli. Les concentrés globulaires éventuellement administrés dans le soluté d'amorçage de la CEC, n'ont pas été pris en compte.

Le critère principal de l'étude était le seuil transfusionnel per-opératoire avant la première transfusion per-opératoire (T1). L'objectif de l'analyse a été de déterminer quels étaient les facteurs indépendants associés à un seuil transfusionnel per-opératoire T1 > 9,5 g/dl.

Les critères secondaires étaient un volume total de concentré globulaire transfusé pendant la période per-opératoire < 30 ml/kg et une durée totale d'hospitalisation en unité de soins intensifs < 6 jours.

Les données ont été extraites, selon leur nature du logiciel de CEC (Jocap XL version 6.4, Maquet cardiopulmonary ag), du système d'information d'anesthésie (Fusion Pégase version 2.7.1), et du système d'information médical de l'établissement (Clinicom TSA version 6.30.0008). Les données, rendues anonymes, ont été analysées à l'aide du logiciel Statview 5.0 (SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, Etats-Unis).

Une analyse uni et multivariée a été menée pour chacun des trois critères. La première étape a consisté à tester en analyse univariée les différents facteurs susceptibles d'influencer chaque critère. Le choix de ses paramètres a reposé sur l'analyse de la littérature. Un test t de Student a été utilisé pour l'analyse de valeurs paramétriques, le test de χ^2 pour l'analyse de valeurs qualitatives et le test de Mann et Whitney pour l'analyse de valeurs non paramétriques. Les valeurs ont été exprimées en moyenne $\pm$ déviation standard ou en médiane assortie des 25 et 75ème percentiles, selon le caractère gaussien ou non de leur distribution.

Puis les facteurs associés en analyse univariée à un $p < 0,2$ ont été utilisés dans un modèle « pas à pas descendant » de régression logistique. Les covariables fortement liées entre elles ont été exclues du modèle. Finalement, ont été retenues comme facteurs indépendants, les paramètres associés dans l'analyse multivariée à un $P < 0,05$. Les odds ratios et intervalles de confiance à 95% ont été calculés. La calibration était estimée par un test d'Hosmer-Lemeshow. La probabilité individuelle de transfusion était calculée pour chaque patient, puis les patients étaient classés en dix groupes en fonction de la probabilité de transfusion et par ordre croissant. La concordance entre le taux de transfusion observé et la probabilité principale de transfusion correspondante ont été estimé par un test de χ^2 et la corrélation a été évaluée par régression linéaire et coefficient de Pearson. Le caractère discriminant du modèle a été estimée par une courbe ROC (Receiving-Operating Characteristic), dont l'abscisse correspondait à la sensibilité et l'ordonnée à (1 – la spécificité). Le seuil associant les meilleures sensibilité et spécificité était défini par l'indice de Youden.

3- Résultats

Quatre-vingt-onze patients ont été étudiés. L'âge était de 152 (48 – 270) jours, le poids de 5,000 (3,635 – 7,000) kg, la taille de 58 (51 – 68) cm et la surface cutanée totale de 0,3 (0,220 – 0,400) m^2. Il s'agissait d'enfants de moins de 1 an dans 78,0 % des cas et de nouveau-nés dans 17,6% des cas. 42,8% des enfants présentaient un risque élevé de complications neurologiques, défini par la présence : d'un shunt droit-gauche, d'une oreillette ou d'un ventricule unique, de toutes les situations à risque d'embolie gazeuse vers le cœur gauche et le cerveau ou de certaines techniques chirurgicales (clampage/déclampage, arrêt circulatoire en hypothermie profonde).

La répartition des pathologies cardiaques est rapportée dans le tableau 1. Sous le terme de cardiopathies cyanogènes étaient regroupées les cardiopathies suivantes : tous les obstacles de la voie droite (tétralogie de Fallot, atrésie pulmonaire à septum ouvert, atrésie pulmonaire à septum intact, sténose des veines pulmonaires), les malpositions vasculaires (transposition des gros vaisseaux, ventricule droit à double issue), les retours veineux pulmonaires anormaux et les ventricules uniques. Douze patients présentaient une association de différents types de cardiopathies congénitales.

La masse sanguine médiane des patients était estimée à 400 (314 – 555) ml. Seul trois enfants n'ont pas nécessité de transfusion per-opératoire. Le volume transfusé total a été de 25 (15 – 50,5) ml/kg soit 150 (89 – 211) ml avec 3 (2- 4) transfusions per-opératoires. Le volume de la première transfusion de concentré globulaire était de 10 (8 – 16) ml/kg. Le seuil transfusionnel T1 était de 9,6 (8,7 – 10,2) g/dl. Le volume de transfusion total et le seuil transfusionnel T1 (valeur) n'étaient pas différents selon les médecins anesthésistes. Un volume de concentré globulaire supérieur à une demi-masse sanguine a été administré à 31,9% des enfants.

Les durées d'hospitalisation en réanimation et totale étaient respectivement de 6 (4 – 9) et 12 (8 -19) jours. Le décès est survenu en cours d'hospitalisation chez 4 enfants.

Les facteurs associés en analyse univariée avec un seuil transfusionnel T1 > 9,5 g/dl, un volume total de transfusion < 30 ml/kg et une durée de séjour en réanimation < 6 jours sont rapportés dans les tableaux 2, 3 et 4.

En analyse multivariée (figures 1 à 6), seuls deux facteurs indépendants, le poids et le monitorage de la ScO_2 ont été identifiés comme associés à un seuil transfusionnel > 9,5 g/dl, à un volume total de transfusion < 30 ml/kg et à une hospitalisation en réanimation pédiatrique < 6 jours (tableau 5).

Cinquante six patients, pris en charge à partir d'octobre 2007, ont bénéficié d'un monitorage de la ScO_2. Les patients pris en charge auparavant (n = 35) n'en ont pas bénéficié. Une transfusion de concentré globulaire a été administrée 126 fois chez les patients monitorés par INVOS et 91 fois chez les autres patients. Tous seuils transfusionnels confondus (taux d'hémoglobine avant la première transfusion (T1) et taux d'hémoglobine correspondant aux transfusions ultérieures), le seuil moyen était supérieur chez les patients monitorés par INVOS (10,3 [9,5 – 11,5] g/dl *versus* 9,6 [8,5 – 10,5] g/dl (P < 0,0001). En revanche, le volume du premier bolus et le volume total transfusé étaient plus faibles, respectivement 10 (7 – 15) *versus* 12,2 (10 – 18) ml/kg (P = 0,0361) et 20 (14 – 49) *versus* 36 (22,5 – 51,5) ml/kg (P = 0,0165). La durée de séjour en réanimation a été plus courte 5 (3-8) *versus* 7 (5-10.7) jours (P = 0,0084) chez les patients ayant bénéficié d'un monitorage par INVOS.

4- Discussion

Dans cette population de patients consécutifs, âgés de 2 ans et moins, opérés d'une chirurgie cardiaque, les besoins transfusionnels per-opératoires en concentrés globulaires érythrocytaires étaient élevés et fréquents : 96,4% des patients étaient transfusés, avec un volume transfusé total de 25 (15 – 50,5) ml/kg. Chez les patients âgés de 2 ans et moins, opérés d'une chirurgie cardiaque, le monitorage de la ScO_2 per-opératoire permet une transfusion plus précoce avec un seuil transfusionnel plus élevé mais surtout une réduction du volume total transfusé per-opératoire. Le monitorage de la ScO_2 permet également un raccourcissement de la durée de séjour en réanimation.

En chirurgie cardiaque pédiatrique le monitorage de la ScO_2 fait partie du monitorage de base pour de nombreuses équipes. Il a principalement été évalué dans le cadre du monitorage neurologique dans le but de diminuer les complications neurologiques, toujours trop fréquentes et dramatiques dans cette population. Des épisodes d'ischémie cérébrale peuvent être détectés précocement par l'utilisation conjointe du BIS (Index Bis-Spectral) et du monitorage de la ScO_2[23]. Sachant que l'ischémie cérébrale peut être liée à une insuffisance circulatoire, monitorer la saturation en oxygène du sang veineux mêlé (SvO_2) est intéressant car la SvO_2 dépend directement du métabolisme et du débit cardiaque. Or plusieurs études retrouvent une corrélation entre les variations de SvO_2 et de ScO_2[5,24,25]. Chez les patients pédiatriques, le monitorage hémodynamique est parfois difficile voire impossible à mettre en place. La sonde d'échographie trans-œsophagienne (ETO) pédiatrique est surdimensionnée par rapport au poids de l'enfant de moins de 5 kg, et ne peut être positionnée qu'après le début de l'anesthésie. Elle demeure donc inutilisable lors de la phase d'instabilité hémodynamique dont peut être responsable l'induction anesthésique. Le cathéter de SvO_2 reste un matériel invasif, mis en place par le chirurgien en fin d'intervention, et donc non contributif pour l'induction et la CEC. Le monitorage de la ScO_2 de part son caractère simple et non invasif est une alternative intéressante et précoce de l'équipement de l'enfant de l'induction à la réanimation post-opératoire. Un case-report souligne son intérêt dans la détection de malposition des canules de CEC pouvant avoir un retentissement sur la vascularisation cérébrale[26]. Un simple repositionnement de quelques millimètres permet alors de restaurer une oxygénation cérébrale bilatérale correcte. Lors de reconstruction de l'arche aortique, le monitorage cérébral bilatéral de la ScO_2 montre une asymétrie avec des désaturations au

dépend de l'hémisphère gauche pendant la période de bas débit régional. Le monitorage bilatéral révèle les défauts de perfusion hémisphérique. Le monitorage de la ScO_2 est associé à une diminution de la durée de séjour en réanimation post-opératoire de chirurgie cardiaque adulte[12] mais aussi en pédiatrie[14]. Nos résultats viennent conforter ces données avec une réduction de 2 jours (5 jours *versus* 7 jours en médiane). Nos résultats viennent donc renforcer la place du monitorage de la ScO_2 en chirurgie cardiaque pédiatrique.

La stratégie transfusionnelle actuellement recommandée repose sur le taux d'hémoglobine et le terrain sous-jacent. Lors d'un épisode d'anémie aiguë, la première action consiste à restaurer un volémie par remplissage vasculaire. Très rapidement vient ensuite la nécessité de l'apport d'hémoglobine pour optimiser l'oxygénation tissulaire et maintenir le rapport entre transport en oxygène et consommation tissulaire en oxygène. Lorsque survient une perte sanguine importante, les mécanismes compensatoires notamment par modulation du débit cardiaque et par élévation de la fréquence cardiaque chez l'enfant entrent en jeu. Ainsi transfuser en fonction du seul taux d'hémoglobine semble peu satisfaisant. Une stratégie transfusionnelle basée sur l'oxygénation tissulaire serait plus efficiente. Les données concernant le monitorage de la ScO_2 et la transfusion sont controversées. Chez l'adulte, lors d'une chirurgie hémorragique[27,28] ou d'une spoliation sanguine expérimentale[29,30], la variation de la ScO_2 et les pertes sanguines sont corrélées. Lors d'un don du sang, la ScO_2 diminue dans les limites physiologiques[29]. Lors d'une chirurgie hémorragique du rachis ou de l'aorte abdominale, la ScO_2 augmente avec la transfusion[28]. En revanche, d'autres ne retrouvent pas de corrélation entre les variations de ScO_2 et la transfusion[31]. Chez le patient traumatisé le monitorage de la ScO_2 serait susceptible, plus que l'hypotension, la tachycardie, les lactates ou le taux d'Hb, de guider la stratégie transfusionnelle durant les premières heures[17]. Une partie de ces résultats sont en faveur d'un intérêt du monitorage de la ScO_2 pour guider la transfusion. Cependant aucune étude n'a défini clairement la place du monitorage de la ScO_2 dans la stratégie transfusionnelle, ni établi un algorithme décisionnel.

Le lien entre transfusion et monitorage de la ScO_2 a aussi été étudié chez l'enfant. En néonatalogie, plusieurs études retrouvent une corrélation entre transfusion et variations de ScO_2[32,33]. Cependant une équipe ayant comparé une stratégie transfusionnelle classique à une stratégie guidée par le monitorage de la ScO_2, retrouvent des résultats qui ne sont pas en faveur du monitorage avec une diminution des transfusions, une diminution des seuils transfusionnels et un allongement du séjour en réanimation[34]. Cette étude diffère de la notre

de part la population étudiée : nouveau-nés prématurés. De plus ce ne sont pas les variations de ScO_2 qui sont prises en compte mais un cut-off fixe défini et appliqué à chaque patient. Or nous savons que la valeur de base peut varier d'un patient à l'autre et qu'il semble plus pertinent d'analyser les variations de ScO_2 plutôt qu'une valeur fixe.

Il n'existe aucune donnée concernant la transfusion per-opératoire ou la chirurgie cardiaque pédiatrique. Nous retrouvons un seuil transfusionnel plus élevé et un volume transfusé réduit chez les patients monitorés. Ainsi nos résultats sont en faveur d'un intérêt du monitorage de la ScO_2 dans la stratégie transfusionnelle. Cependant nous n'avons pas étudié les valeurs ou variations de ScO_2, ni un algorithme précis d'utilisation du monitorage de la ScO_2.

Le caractère rétrospectif de cette étude ainsi que l'effectif réduit de la population étudiée lui confèrent quelques limites. Cependant, la réalisation d'une étude prospective randomisée ne serait plus réalisable aujourd'hui pour des raisons éthiques. Par ailleurs ce monitorage a probablement nécessité une courbe d'apprentissage pour chaque membre de l'équipe anesthésique qui rend moins pertinente l'analyse des premiers patients à avoir bénéficié du monitorage. La diffusion de l'utilisation du monitorage de la ScO_2 par l'INVOS est aujourd'hui très certainement limitée par le coût financier très élevé des consommables, c'est-à-dire des capteurs transcutanés à usage unique. Malgré des études, de plus en plus nombreuses, montrant son intérêt dans des domaines très variés (adulte, pédiatrie, néonatalogie, chirurgie pédiatrique, cardiaque, vasculaire ou orthopédique, réanimation, traumatologie…), il est certain que la situation économique actuelle du système de santé n'est pas favorable à l'utilisation extensive de dispositifs médicaux au coût élevé. Enfin, en analyse multivariée, la poids est un facteur indépendant associé au seuil transfusionnel > 9,5 g/dl, à un volume total transfusé < 30 ml/kg et à une durée de séjour en réanimation supérieure à 6 jours. Cependant sa contribution au modèle est faible car son odds ratio est proche de 1, alors que le monitorage de la ScO_2 présente un odds ratio supérieur à 5.

5- Conclusion

Le monitorage de la ScO_2 présente un intérêt particulier du fait de son caractère non invasif, précoce et continu. Son utilité, en tant que monitorage de l'oxygénation cérébrale, est déjà reconnue dans le cadre de la prévention des complications neurologiques centrales au cours de la chirurgie cardiaque pédiatrique. Nos résultats, en démontrant qu'il est susceptible de modifier la stratégie transfusionnelle per-opératoire et de réduire les durées d'hospitalisation en réanimation, ne font que renforcer son intérêt en tant que monitorage de base per-opératoire pour la chirurgie cardiaque du jeune enfant.

Tableau 1 – Données démographiques des cardiopathies congénitales.

	n (%)
Shunts intracardiaques	39 (43)
Communication inter auriculaire (CIA)	2
Communication inter ventriculaire (CIV)	20
Retour veineux pulmonaire anormal (RVPA)	6
Canal atrio-ventriculaire (CAV)	9
Syndrome de coarctation	2
Obstacles sur la voie gauche	18 (20)
Coarctation aortique	8
Sténose valvulaire ou sous-valvulaire aortique	4
Bicuspidie aortique	1
Anomalie de l'arche aortique (AAAo)	5
Obstacles sur la voie droite	17 (19)
Tétralogie de Fallot (T4F)	13
Atrésie pulmonaire à septum intact (APSI)	1
Atrésie pulmonaire à septum ouvert (APSO)	2
Sténose des veines pulmonaires	1
Malpositions vasculaires	10 (11)
Transposition des gros vaisseaux (TGV)	8
Ventricule droit à double issue (VDDI)	2
Shunt artériel	3 (3)
Fenêtre aorto-pulmonaire (FAP)	2
Tronc artériel commun (TAC)	1
Ventricule unique (VU)	3 (3)
ALCAPA (Abnormal Left Coronary Artery arising from Pulmonary Artery)	1 (1)
Effectif total patients	91 (100)
Total cardiopathies cyanogènes	36 (39,6)

Données exprimées en effectifs et proportion de patients.

Cardiopathies cyanogènes = T4F, APSO, APSI, sténose des veines pulmonaires, RVPA, TGV, VDDI, VU.

Lorsque plusieurs malformations cardiaques étaient associées à la cardiopathie principale prédominante dans le tableau clinique, celles-ci n'ont pas été rapportées dans le tableau ci-dessus.

Tableau 2 - Seuil transfusionnel de la 1ère transfusion per-opératoire (T1) supérieure à 9,5 g/dl. Analyse univariée.

	> 9,5 g/dl (n = 40)	≤ 9,5 g/dl (n = 38)	p
Age (jours)	93 (29 – 248)	169 (90 – 322)	0.0879
Poids (g)	4100 (3000 – 5925)	6000 (4000 – 7780)	0.0227
Taille (cm)	55 (50 – 64)	63 (53 – 72)	0.0388
Surface cutanée totale (m^2)	0.24 (0.20 – 0.30)	0.300 (0.265 – 0.400)	0.0079
Masse sanguine estimée (ml)	336 (248 – 474)	448 (320 – 560)	0.0158
T1 (g/dl)	10.2 (9.9 – 11.3)	8.7 (8.1 – 8.9)	< 0.0001
Volume total transfusé (ml/kg)	34 (20 – 62)	25 (15 – 43)	0 .3001
Monitorage ScO_2 (%)	75	44,74	0,104
Risque neurologique	55	28 ,95	0,237

Données manquantes pour le seuil transfusionnel de la 1ère transfusion per-opératoire supérieure à 9,5 g/dl pour 13 enfants.

Données exprimées par médiane (percentiles 25 – 75%) et proportion de patients.

Comparaison par test U de Mann et Whitney ou χ^2.

T1 = seuil transfusionnel de la première transfusion per-opératoire.

Tableau 3 - Volume total de transfusion per-opératoire inférieure à 30 ml/kg. Analyse univariée.

	< 30 ml/kg (n = 43)	> 30 ml/kg (n = 38)	p
Age (jours)	240 (100 – 448)	93 (18 – 169)	0,0002
Nouveau-né (%)	9,3	26,3	0,0749
Moins de 1 an (%)	65,2	92,1	0,0063
Poids (g)	6000 (4550 – 8750)	4000 (3000 – 5300)	< 0,0001
Taille (cm)	65 (55 – 76)	54 (50 – 62)	< 0,0001
Surface cutanée totale (m^2)	0,300 (0,265 – 0, 400)	0,3 (0,240 – 400)	0,0009
Cardiopathie cyanogène (%)	39,5	47,4	0,5079
Risque neurologique (%)	30,2	52,6	0,0456
Masse sanguine estimée (ml)	480 (371 – 630)	320 (240 – 424)	< 0,0001
T1 (g/dl)	9,6 (8,65 – 10,1)	8,3 (8,01 – 8,6)	< 0,0001
Volume première transfusion (ml/kg)	10 (6 – 12,5)	13,7 (10 – 18)	< 0,0001
Nombre de transfusion	2 (1 – 3)	3 (4 – 5)	< 0,0001
Volume total transfusé (ml/kg)	16 (10 – 20,7)	52 (38 – 77)	0,0001
Monitorage de ScO_2 (%)	74,4	47,4	0,0213
Durée de séjour en réanimation (jours)	3 (5 – 6)	8 (6 – 12)	0,0001
Durée d'hospitalisation totale (jours)	11 (8 – 16)	13 (10 – 23)	0,0431

Données manquantes pour le volume total de transfusion per-opératoire pour 10 enfants.

Données exprimées par médiane (percentiles 25 - 75%) et proportion de patients.

Comparaison par test U de Mann et Whitney ou χ^2.

T1 = seuil transfusionnel de la première transfusion per-opératoire.

Tableau 4 - Hospitalisation en réanimation inférieure à 6 jours. Analyse univariée.

	< 6 jours (n = 43)	≥6 jours (n = 48)	p
Age (jours)	184 (74 – 471)	108 (44 – 250)	0,0536
Poids (g)	5000 (4000 – 8000)	4050 (3000 – 6000)	0,0239
Taille (cm)	63 (53 – 75)	55 (51 – 65)	0,0343
Surface cutanée totale (m^2)	0,300 (0,242 – 0,400)	0,295 (0,200 – 0,330)	0,0887
Masse sanguine estimée (ml)	400 (321 – 617)	347 (270 – 480)	0,0251
T1 (g/dl)	9,65 (8,80 – 10,75)	9,00 (8,53 – 10,13)	0,2164
Volume total transfusé (ml/kg)	20 (10,8 – 26,8)	40,5 (22 – 64)	0,0002
Risque neurologique (%)	37,21	45,65	0,5194
Monitorage ScO_2(%)	76,74	45,65	0,0045

Données exprimées par médiane (percentiles 25 – 75%) et proportion de patients.

Comparaison par test U de Mann et Whitney ou χ^2.

T1 = seuil transfusionnel de la première transfusion per-opératoire.

Tableau 5 - Facteurs indépendant associés à un seuil transfusionnel > 9,5 g/dl, un volume transfusionnel < 30 ml/kg et un séjour en réanimation < 6 jours, déterminés par une modèle d'analyse multivariée par régression logistique non linéaire.

	Seuil transfusionnel > 9,5 g/dl	Volume total transfusé < 30 ml/kg	Durée du séjour en réanimation < 6 j
Poids Odds ratio (IC95%)	1,001 (0,999-1,000) P = 0,0203	1,001 (1,000-1,001) P = 0,002	1,000 (1,000-1,000) P = 0,0317
Monitorage de la ScO_2 Odds ratio (IC95%)	5,665 (1,960-16,377) P < 0,001	3,471 (1,192-10,104) P = 0,0224	3,881 (1,515-9,943) P = 0,0047
Probabilité seuil de décision/indice de Youden	0,6/38,5	0,85/47,2	0,53/34,5
Sensibilité/spécificité	0,59/0,79	0,81/0,66	0,63/0,72
AUC courbe ROC	0,75	0,8	0,73
Valeur prédictive positive et négative	0,74/0,66	0,73/0,76	0,67/0,67
Rapport de vraisemblance +/-	2,88 /0,52	2,38/0,29	2,22/0,52
Hosmer Lemeschow (χ_2)/coefficient de Pearson	0,99/0,87	0,79/0,78	0,99/0,752

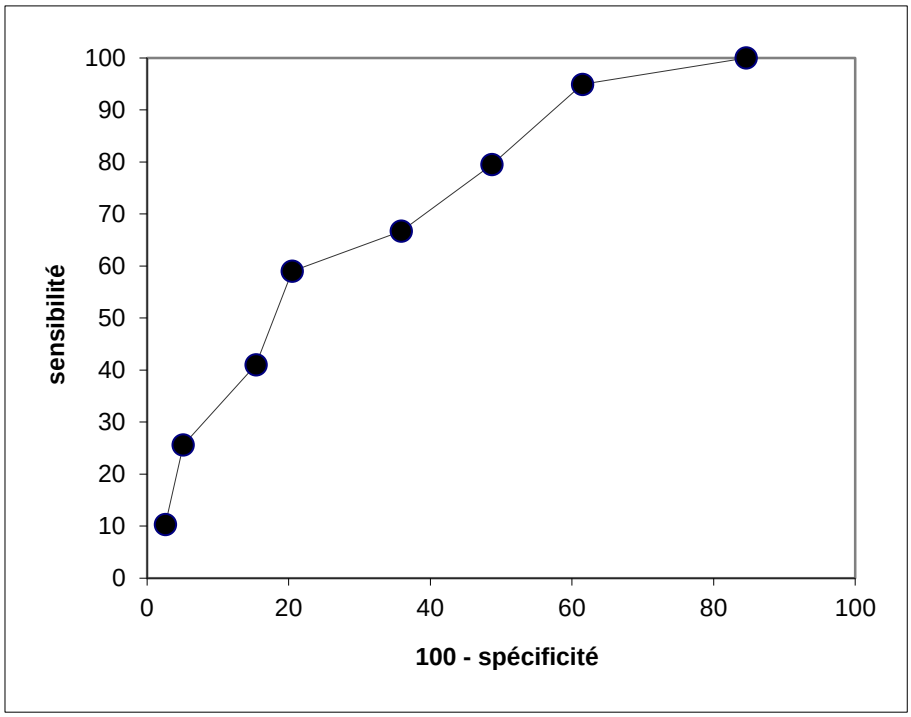

Figure 1. Seuil transfusionnel T1 > 9,5 g/dl. Courbe ROC (Receiver Operating Characteristic) de la régression logistique non linéaire.

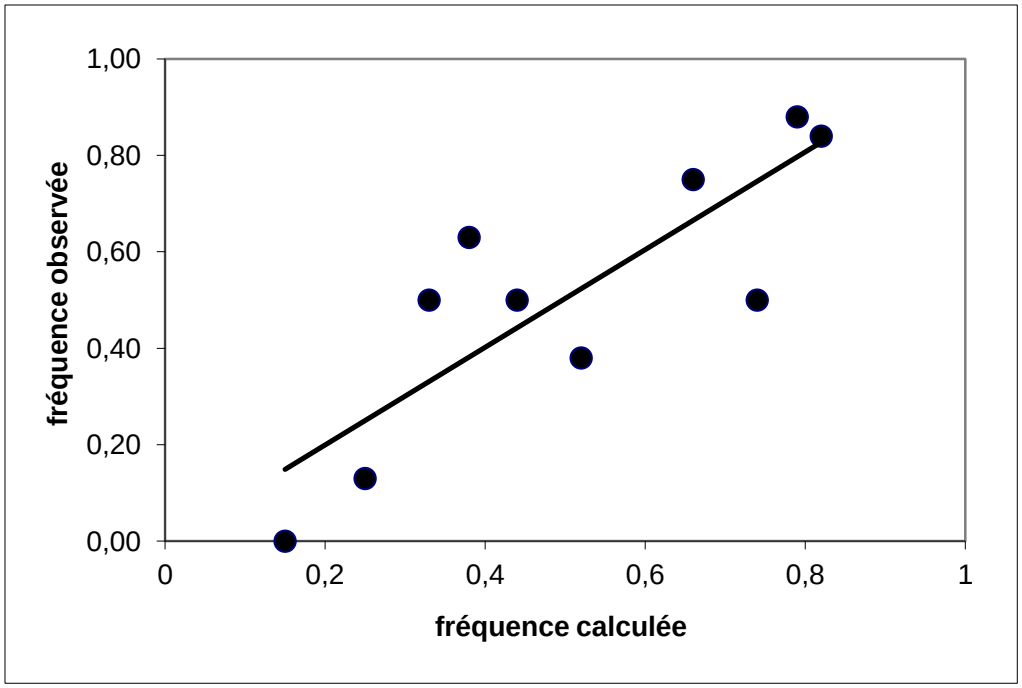

Figure 2. Comparaison entre l'incidence observée et calculée d'un seuil transfusionnel T1 > 9,5 g/dl. Régression linéaire (y = 1,0125x – 0,0033, coefficient de Pearson P=0,87 , χ^2 *P*=0,99).

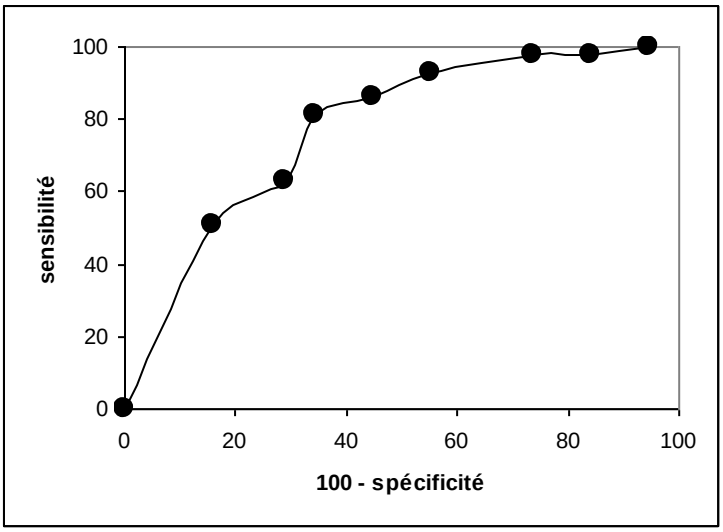

Figure 3. Volume total de transfusion peropératoire < 30 ml/kg. Courbe ROC (Receiver Operating Characteristic) de la régression logistique non linéaire.

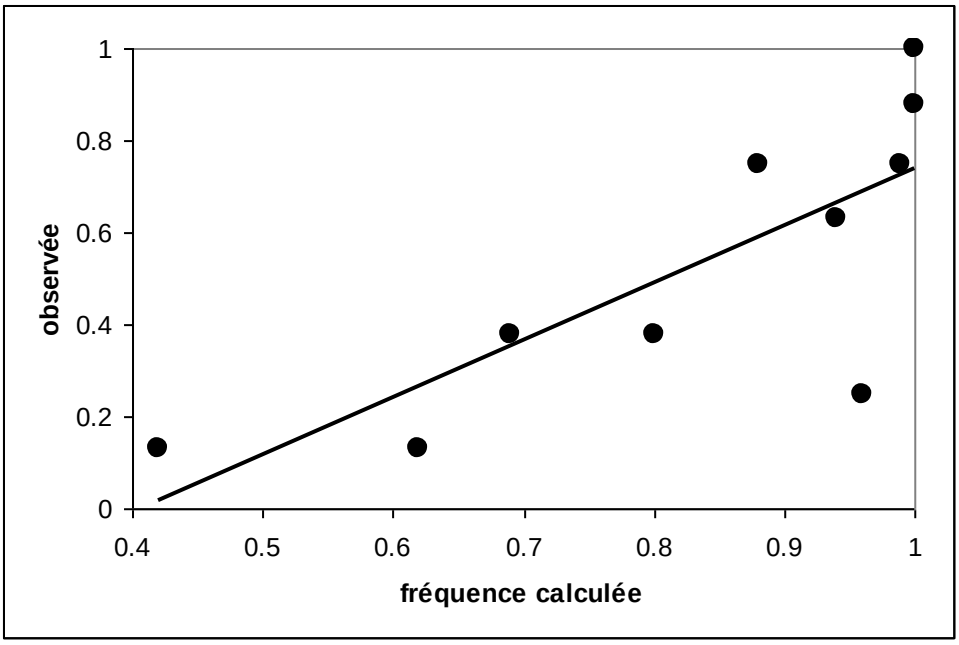

Figure 4. Comparaison entre l'incidence observée et calculée d'un volume total de transfusion peropératoire < 30 ml/kg. Régression linéaire (y = 1,2477x – 0,5076, coefficient de Pearson P= 0,778 , χ^2 *P* = 0,789).

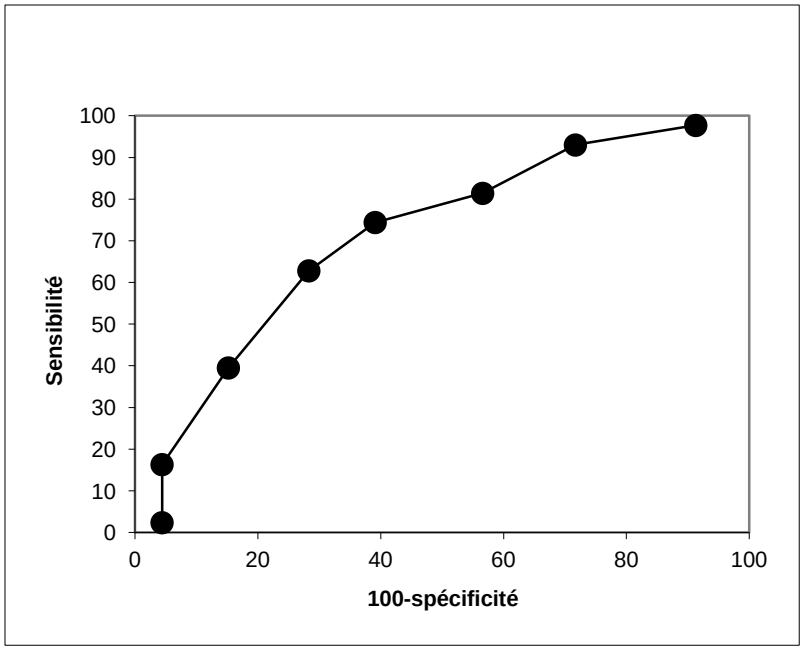

Figure 5. Durée de séjour en réanimation < 6 jours. Courbe ROC (Receiver Operating Characteristic) de la régression logistique non linéaire.

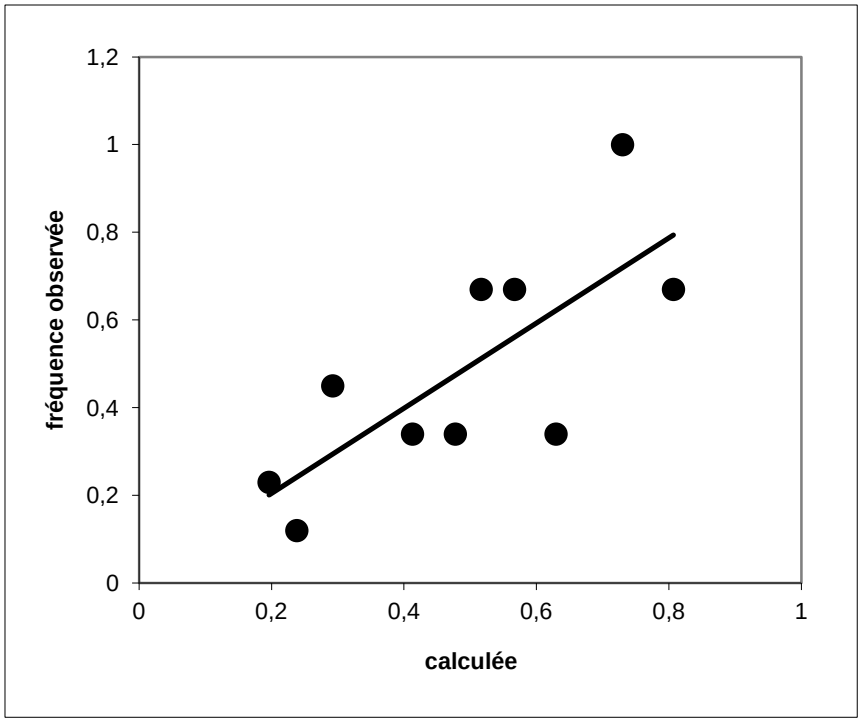

Figure 6. Comparaison entre l'incidence observée et calculée d'une durée de séjour en réanimation inférieure à 6 jours.

Régression linéaire (y = 0,9707x + 0,0104, coefficient de Pearson P=0,782 , χ^2 *P* = 0,999).

6- Références

1. Andropoulos DB, Diaz LK, Fraser CD, Jr., McKenzie ED, Stayer SA: Is bilateral monitoring of cerebral oxygen saturation necessary during neonatal aortic arch reconstruction? Anesth Analg 2004; 98: 1267-72

2. Fallon P, Aparicio JM, Elliott MJ, Kirkham FJ: Incidence of neurological complications of surgery for congenital heart disease. Arch Dis Child 1995; 72: 418-22

3. Menache CC, du Plessis AJ, Wessel DL, Jonas RA, Newburger JW: Current incidence of acute neurologic complications after open-heart operations in children. Ann Thorac Surg 2002; 73: 1752-8

4. Andropoulos DB, Stayer SA, Diaz LK, Ramamoorthy C: Neurological monitoring for congenital heart surgery. Anesth Analg 2004; 99: 1365-75

5. Tortoriello TA, Stayer SA, Mott AR, McKenzie ED, Fraser CD, Andropoulos DB, Chang AC: A noninvasive estimation of mixed venous oxygen saturation using near-infrared spectroscopy by cerebral oximetry in pediatric cardiac surgery patients. Paediatr Anaesth 2005; 15: 495-503

6. Kim MB, Ward DS, Cartwright CR, Kolano J, Chlebowski S, Henson LC: Estimation of jugular venous O2 saturation from cerebral oximetry or arterial O2 saturation during isocapnic hypoxia. J Clin Monit Comput 2000; 16: 191-9

7. Taillefer MC, Denault AY: Cerebral near-infrared spectroscopy in adult heart surgery: systematic review of its clinical efficacy. Can J Anaesth 2005; 52: 79-87

8. Samra SK, Dy EA, Welch K, Dorje P, Zelenock GB, Stanley JC: Evaluation of a cerebral oximeter as a monitor of cerebral ischemia during carotid endarterectomy. Anesthesiology 2000; 93: 964-70

9. Cho H, Nemoto EM, Yonas H, Balzer J, Sclabassi RJ: Cerebral monitoring by means of oximetry and somatosensory evoked potentials during carotid endarterectomy. J Neurosurg 1998; 89: 533-8

10. Edmonds HL, Jr.: Advances in neuromonitoring for cardiothoracic and vascular surgery. J Cardiothorac Vasc Anesth 2001; 15: 241-50

11. Yao FS, Tseng CC, Ho CY, Levin SK, Illner P: Cerebral oxygen desaturation is associated with early postoperative neuropsychological dysfunction in patients undergoing cardiac surgery. J Cardiothorac Vasc Anesth 2004; 18: 552-8

12. Goldman S, Sutter F, Ferdinand F, Trace C: Optimizing intraoperative cerebral oxygen delivery using noninvasive cerebral oximetry decreases the incidence of stroke for cardiac surgical patients. Heart Surg Forum 2004; 7: E376-81

13. Olsson C, Thelin S: Regional cerebral saturation monitoring with near-infrared spectroscopy during selective antegrade cerebral perfusion: diagnostic performance and relationship to postoperative stroke. J Thorac Cardiovasc Surg 2006; 131: 371-9

14. Phelps HM, Mahle WT, Kim D, Simsic JM, Kirshbom PM, Kanter KR, Maher KO: Postoperative cerebral oxygenation in hypoplastic left heart syndrome after the Norwood procedure. Ann Thorac Surg 2009; 87: 1490-4

15. Austin EH, 3rd, Edmonds HL, Jr., Auden SM, Seremet V, Niznik G, Sehic A, Sowell MK, Cheppo CD, Corlett KM: Benefit of neurophysiologic monitoring for pediatric cardiac surgery. J Thorac Cardiovasc Surg 1997; 114: 707-15, 717; discussion 715-6

16. Edmonds HL, Jr., Ganzel BL, Austin EH, 3rd: Cerebral oximetry for cardiac and vascular surgery. Semin Cardiothorac Vasc Anesth 2004; 8: 147-66

17. Smith J, Bricker S, Putnam B: Tissue oxygen saturation predicts the need for early blood transfusion in trauma patients. Am Surg 2008; 74: 1006-11

18. Ancora G, Maranella E, Locatelli C, Pierantoni L, Faldella G: Changes in cerebral hemodynamics and amplitude integrated EEG in an asphyxiated newborn during and after cool cap treatment. Brain Dev 2009; 31: 442-4

19. Wu WC, Schifftner TL, Henderson WG, Eaton CB, Poses RM, Uttley G, Sharma SC, Vezeridis M, Khuri SF, Friedmann PD: Preoperative hematocrit levels and postoperative outcomes in older patients undergoing noncardiac surgery. Jama 2007; 297: 2481-8

20. Keung CY, Smith KR, Savoia HF, Davidson AJ: An audit of transfusion of red blood cell units in pediatric anesthesia. Paediatr Anaesth 2009; 19: 320-8

21. Blajchman MA: Immunomodulatory effects of allogeneic blood transfusions: clinical manifestations and mechanisms. Vox Sang 1998; 74 Suppl 2: 315-9

22. Weber WP, Zwahlen M, Reck S, Misteli H, Rosenthal R, Buser AS, Kaufmann M, Oertli D, Widmer AF, Marti WR: The association of preoperative anemia and perioperative allogeneic blood transfusion with the risk of surgical site infection. Transfusion 2009; 49: 1964-70

23. Hayashida M, Kin N, Tomioka T, Orii R, Sekiyama H, Usui H, Chinzei M, Hanaoka K: Cerebral ischaemia during cardiac surgery in children detected by combined monitoring of BIS and near-infrared spectroscopy. Br J Anaesth 2004; 92: 662-9

24. Bhutta AT, Ford JW, Parker JG, Prodhan P, Fontenot EE, Seib PM, Stroope BI, Frazier EA, Schmitz ML, Drummond-Webb JJ, Morrow WR: Noninvasive cerebral oximeter as a surrogate for mixed venous saturation in children. Pediatr Cardiol 2007; 28: 34-41

25. Weiss M, Dullenkopf A, Kolarova A, Schulz G, Frey B, Baenziger O: Near-infrared spectroscopic cerebral oxygenation reading in neonates and infants is associated with central venous oxygen saturation. Paediatr Anaesth 2005; 15: 102-9

26. Gottlieb EA, Fraser CD, Jr., Andropoulos DB, Diaz LK: Bilateral monitoring of cerebral oxygen saturation results in recognition of aortic cannula malposition during pediatric congenital heart surgery. Paediatr Anaesth 2006; 16: 787-9

27. Torella F, McCollum CN: Regional haemoglobin oxygen saturation during surgical haemorrhage. Minerva Med 2004; 95: 461-7

28. Torella F, Haynes SL, McCollum CN: Cerebral and peripheral oxygen saturation during red cell transfusion. J Surg Res 2003; 110: 217-21

29. Menke J, Stocker H, Sibrowski W: Cerebral oxygenation and hemodynamics during blood donation studied by near-infrared spectroscopy. Transfusion 2004; 44: 414-21

30. Torella F, Haynes SL, McCollum CN: Cerebral and peripheral near-infrared spectroscopy: an alternative transfusion trigger? Vox Sang 2002; 83: 254-7

31. Creteur J, Neves AP, Vincent JL: Near-infrared spectroscopy technique to evaluate the effects of red blood cell transfusion on tissue oxygenation. Crit Care 2009; 13 Suppl 5: S11

32. Dani C, Pratesi S, Fontanelli G, Barp J, Bertini G: Blood transfusions increase cerebral, splanchnic, and renal oxygenation in anemic preterm infants. Transfusion; 50: 1220-6

33. Bailey SM, Hendricks-Munoz KD, Wells JT, Mally P: Packed red blood cell transfusion increases regional cerebral and splanchnic tissue oxygen saturation in anemic symptomatic preterm infants. Am J Perinatol; 27: 445-53

34. Wardle SP, Garr R, Yoxall CW, Weindling AM: A pilot randomised controlled trial of peripheral fractional oxygen extraction to guide blood transfusions in preterm infants. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed 2002; 86: F22-7

NOM : LEBŒUF - POULIQUEN PRENOM : Delphine

itre de Thèse : Monitorage de la saturation cérébrale en oxygène et transfusion en chirurgie cardiaque pédiatrique

---

RESUME

Le monitorage non invasif de la saturation cérébrale en oxygène (ScO_2, Invos™, Somanetics) dépend de l'hémoglobinémie. Ainsi cette étude rétrospective monocentrique recherche son influence potentielle sur la stratégie transfusionnelle per-opératoire chez l'enfant de moins de 2 ans en chirurgie cardiaque pédiatrique. 91 patients sont inclus, dont 56 monitorés. En analyse multivariée, seuls le poids et le monitorage de la ScO_2 sont associés à un seuil transfusionnel >9,5 g/dl, à un volume total transfusé < 30 ml/kg et à une durée de séjour en réanimation < 6 jours. Chez les patients monitorés, l'analyse descriptive retrouve un seuil transfusionnel plus élevé (9,6g/dl versus 8,7g/dl), un volume transfusé total réduit (20ml/kg versus 36ml/kg) et une durée de séjour en réanimation diminuée (5 jours versus 7 jours).

MOTS-CLES

SPECTROSCOPIE DANS LE PROCHE INFRAROUGE, TRANSFUSION, CHIRURGIE CARDIAQUE PEDIATRIQUE, SEUIL TRANSFUSIONNEL, HEMOGLOBINEMIE, DUREE D'HOSPITALISATION EN REANIMATION