

Anesthésiologie

CONFÉRENCES SCIENTIFIQUES

TEL QUE PRÉSENTÉ
DANS LE DÉPARTEMENT
D'ANESTHÉSIOLOGIE,
FACULTÉ DE MÉDECINE,
UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

Le monitoring par oxymétrie cérébrale en anesthésiologie

PAR ANDRÉ DENAULT, MD, FRCPC, ALAIN DESCHAMPS, MD, PHD, FRCPC, ET JOHN MURKIN, MD, FRCPC

L'oxymétrie cérébrale est une modalité de surveillance neurologique développée dans les années 1970¹ pour la chirurgie cardiaque adulte² et pédiatrique³ mais dont les champs d'applications s'étendent actuellement en chirurgie non cardiaque^{4,5}, en cardiologie⁶, en réanimation⁷, en traumatologie^{8,9}, en neurologie¹⁰ et en neuro-chirurgie¹¹. La technologie utilisée ressemble à celle de l'oxymétrie de pouls, mais elle est appliquée au cerveau et le chiffre de saturation affiché reflète principalement celle du sang veineux. Le but de cet numéro d'*Anesthésiologie – Conférences scientifiques* est de souligner l'importance des dysfonctions cognitives en chirurgie cardiaque, de décrire le principe de fonctionnement de l'oxymétrie cérébrale, de déterminer le rôle de l'oxymétrie pour prévenir les dysfonctions cognitives et de présenter le protocole en cours à l'Institut de Cardiologie de Montréal.

IMPORTANCE DES DYSFONCTIONS COGNITIVES EN CHIRURGIE CARDIAQUE

Les dysfonctions neurologiques et neurocognitives en chirurgie cardiaque ont été l'un des moteurs qui a stimulé l'industrie à développer un moniteur de fonction neurologique. En 2001, Newman et coll. avaient démontré que plus de la moitié des patients (56 %) présentait des dysfonctions cognitives au congé après une chirurgie de revascularisation cardiaque¹². Par ailleurs, une autre étude notait des anomalies neurologiques chez 6 % des patients ayant subi une intervention chirurgicale pour anomalies cardiaques congénitales¹³. Les causes de ces dysfonctions cognitives fréquentes sont multiples. Des embolies, de l'inflammation, de l'hypoperfusion, une désaturation systémique et une anémie per-opératoire pourraient être des mécanismes plausibles. Toutefois, il est possible que le dénominateur commun de toutes ces complications soit un déséquilibre entre l'apport d'oxygène au cerveau et son métabolisme, c'est-à-dire une hypoxie globale tissulaire microcirculatoire. Cet aspect représente le fondement du monitoring par oxymétrie cérébrale (figure 1), qui mesure la saturation cérébrale régionale (rSO₂). Un déséquilibre entre apport et métabolisme d'oxygène sera détecté par la présence d'une désaturation (figure 2). Dans les modèles animaux de circulation extra-corporelle, cette désaturation est associée à des lésions histologiques¹⁴.

En chirurgie cardiaque adulte, Yao et coll. ont démontré par régression logistique multivariée chez 101 patients que la sévérité de la désaturation cérébrale était le seul facteur prédictif de la détérioration des tests cognitifs utilisés¹⁵. Dans une étude portant sur 143 enfants subissant une chirurgie cardiaque, une valeur de base de rSO₂ inférieure à 50 % ou une diminution en dessous de ce seuil prédisait une mortalité accrue¹⁶. Dans cette même population, Dent et coll. ont établi une corrélation entre les anomalies cérébrales observées à la résonance magnétique et la durée de rSO₂ à 45 % ou moins¹⁷. Chez des sujets âgés (72 ± 5 ans) subissant une chirurgie non cardiaque, Casati et coll. ont observé que 26 % des patients avaient des désaturations cérébrales pendant l'intervention¹⁸. En greffe hépatique, une corrélation a été notée entre la réduction de la rSO₂ et une augmentation de l'énolase neuronale spécifique (neuron specific enolase), qui est un marqueur de lésions cérébrales¹⁹. Toutefois les conséquences cliniques de ces réductions de rSO₂ n'étaient pas associées à des accidents vasculaires cérébraux.

Comité de l'éducation
médicale continue
Département d'anesthésiologie
Université de Montréal

Pierre Drolet, M.D.
Co-éditeur et Directeur du
département d'anesthésiologie
Université de Montréal

Jean-François Hardy, M.D.
Co-éditeur, CHUM

François Donati, M.D.
Président et co-éditeur
Hôpital Maisonneuve-Rosemont

Gilles Girouard, M.D.
Hôpital Ste-Justine

Robert Blain, M.D.
Institut de Cardiologie de Montréal

Anna Fabrizi, M.D.
CHUM

Robert Thivierge, M.D.
Formation Continue
Université de Montréal

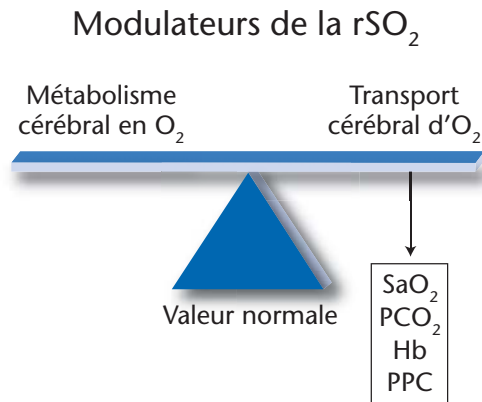
Université de Montréal
Département d'anesthésiologie
Faculté de médecine

Université 
de Montréal
Faculté de médecine
Département d'anesthésiologie

Le contenu rédactionnel d'*Anesthésiologie – Conférences scientifiques* est déterminé exclusivement par le Département d'anesthésiologie, Faculté de médecine, Université de Montréal.

Ce numéro et le questionnaire d'EMC
sont disponibles sur le site Internet
www.anesthesiologieconferences.ca

FIGURE 1 : La valeur de saturométrie cérébrale régionale (rSO_2) dépend de l'équilibre entre le métabolisme et le transport cérébral en oxygène



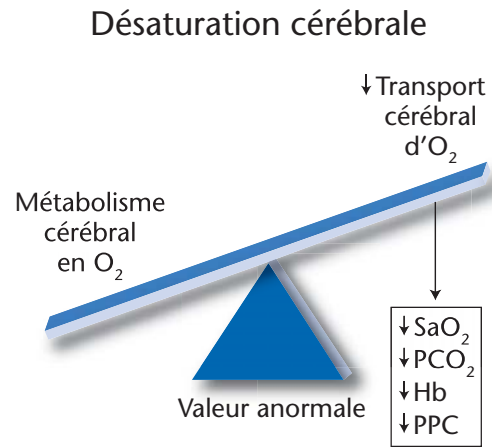
Le transport cérébral en oxygène est influencé par la saturation en oxygène du sang artériel (SaO₂), la pression partielle en dioxyde de carbone (PCO₂), l'hémoglobine (Hb) et la pression de perfusion cérébrale (PPC).

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE L'OXYMÈTRE CÉRÉBRAL

L'oxymétrie cérébrale est basée sur la loi de Beer-Lambert qui stipule que l'on peut mesurer la concentration d'une substance selon son degré d'absorption de lumière. Il existe plusieurs systèmes d'oxymétrie cérébrale, comme le NIRO 500/1000 (Hamamatsu Photonics, UK) et le NIRS (Near infrared spectroscopy, Somanetics Corp, Troy, MI), qui fonctionnent différemment. Le NIRS est approuvé par la *Food and Drug Administration* aux États-Unis et par Santé Canada comme moniteur de tendance²⁰. Ceci est important car il existe une controverse quant à la signification réelle de la valeur absolue de rSO_2 obtenue par l'oxymètre cérébral (voir plus bas). Par contre, les modifications temporelles du signal d'oxymétrie par rapport au signal de base et la correction des diminutions de la rSO_2 sont la base des applications courantes de ce type de monitoring.

Le modèle INVOS 4100 du NIRS que nous utilisons depuis 2002 est muni d'une diode émettrice à infrarouge, à partir de laquelle des photons de deux longueurs d'onde différentes (730 et 810 nm) sont envoyés à travers la région frontale. Ces photons sont absorbés par une composante appelée chromophore dans l'hémoglobine oxygénée et l'hémoglobine désoxygénée des vaisseaux sanguins de plus de 1 mm. Ces vaisseaux interrogés ont un contenu avec prédominance veineuse (veineux : artériel : capillaire = ~ 70 % : 25 % : 5 %). La pénétration des photons prend la forme d'un arc qui traverse le cuir chevelu, l'os et le tissu cérébral. La longueur du trajet de l'arc correspond au tiers de la distance entre l'émetteur et le récepteur. Les photons traversent ces régions et une fraction non absorbée est recaptée par deux photodiodes de silicone. Ces deux récepteurs sont séparés d'une distance de 30 mm (proximal) et 40 mm

FIGURE 2 : Une désaturation cérébrale implique un déséquilibre entre le métabolisme et le transport cérébral en oxygène

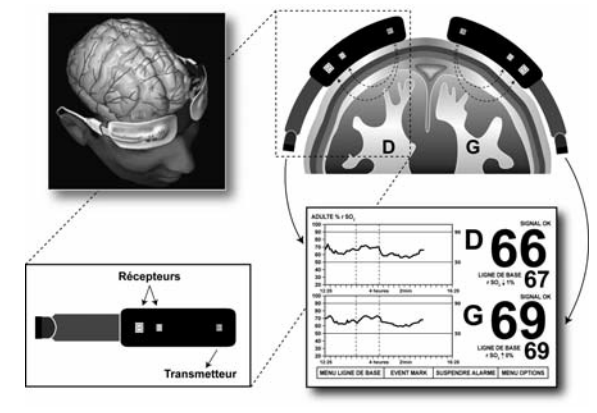


SaO₂ : saturation en oxygène du sang artériel, PCO₂ : pression partielle en dioxyde de carbone, Hb : hémoglobine; PPC : pression de perfusion cérébrale.

(distal) de l'émetteur (figure 3). La pénétration des photons est d'environ 1,5 cm et le volume interrogé correspond à environ 1,5 cm³. Le signal acquis par le récepteur proximal provient d'une source plus superficielle et le signal acquis par le récepteur distal inclut cette zone superficielle mais aussi une composante plus profonde. On soustrait alors le signal proximal du signal distal pour obtenir la valeur d'un signal distal exempt des composantes superficielles ou extracrâniennes. Le résultat est donc un reflet de la saturation du tissu cérébral. Le terme rSO_2 est utilisé pour décrire la mesure de l'oxygénation cérébrale régionale (figure 3).

Ainsi, on comprend que toute interférence anatomique peut modifier le résultat du signal final. Par exemple, des anomalies du cuir chevelu, de l'os frontal (kyste osseux) ou des structures sous-durales (sinus frontaux)²¹ sont des variables confondantes qui peuvent être associées à des valeurs d'oxymétrie de base anormales. La valeur normale d'oxymétrie cérébrale est d'environ 67±10 %. La précision de la mesure est de 3-6 %^{22,23}. La valeur normale de la rSO_2 est généralement plus basse chez la femme²⁴ et chez le sujet âgé²⁵. Une baisse de la rSO_2 en fonction du temps correspond à une diminution du débit sanguin cérébral. Il est généralement accepté que le seuil ischémique de l'oxymétrie cérébrale est d'environ 47 %, qu'à 45 % la production de lactate augmente, que l'EEG diminue entre 35-40 %, et que le seuil de 30-35 % est associé à une défaillance cellulaire. Ce seuil est aussi associé à une mortalité opératoire plus élevée (figure 4)²⁶. Un changement relatif de 20 % par rapport à la valeur de base ou une valeur absolue inférieure à 50 % sont généralement considérés comme des seuils d'intervention^{2,4,15,27-29}.

FIGURE 3 : Principe de fonctionnement de l'oxymétrie cérébrale (voir texte).



La résultante de chaque signal droit et gauche est envoyée sur un écran qui nous montre l'évolution temporelle des 2 signaux. (Adapté de Taillefer et Denault²)

AVANTAGES DE LA CORRECTION DE LA DÉSATURATION OBTENUE PAR OXYMÉTRIE CÉRÉBRALE

Deux études randomisées récentes en chirurgie non cardiaque³⁰ et en chirurgie cardiaque³¹ appuient l'hypothèse que la correction des désaturations est associée à une réduction du séjour hospitalier et des complications postopératoires. L'étude de Casati et coll. portait sur 122 patients de 72 ±12 ans provenant de cinq centres hospitaliers universitaires italiens. Ces patients subissaient une chirurgie abdominale majeure d'une durée de plus de 2 heures³⁰. Un total de 66 patients fut randomisé à un monitoring d'oxymétrie cérébrale sans intervention et 56 au groupe avec intervention. Douze patients du groupe témoin et 6 patients du groupe d'intervention ont développé des complications postopératoires. Toutefois, cette différence n'était pas statistiquement significative ($P = 0,20$). Les désaturations cérébrales ont été observées chez 23 % des patients dans le groupe témoin et 20 % dans le groupe intervention. Le temps passé en salle de réveil était moindre dans le groupe intervention (25 min vs 47 min dans le groupe témoin) et leur séjour à l'hôpital était écourté (groupe intervention : 10 jours vs 24 jours dans le groupe témoin). Ces différences étaient statistiquement significatives. L'examen neurologique *Mini Mental State Examination* (MMSE) fait avant l'intervention et 7 jours après la chirurgie était inchangé si l'on comparait tous les patients du groupe témoin à ceux du groupe d'intervention. Toutefois, si l'on se limite aux patients qui ont connu au moins un épisode de désaturation, le résultat du MMSE réalisé 7 jours post-chirurgie était diminué dans le groupe témoin par rapport au groupe intervention ($P = 0,02$). Aussi, on a observé une corrélation entre l'ampleur de la désaturation et le déclin de la performance au MMSE, résultats similaires à ceux de l'étude de Yao en chirurgie cardiaque¹⁵. Finalement

Casati et coll. ont noté une corrélation entre désaturation cérébrale et durée d'hospitalisation³⁰.

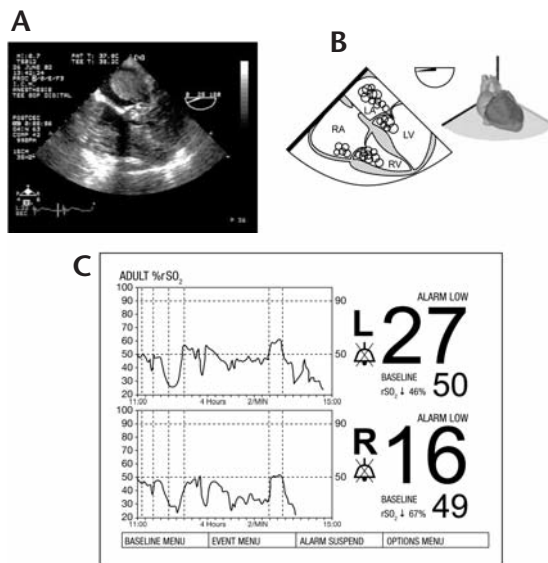
L'étude de Murkin et coll. portait sur 200 patients du London Health Science Centre au Canada. Ces patients devaient subir une chirurgie cardiaque de revascularisation³¹. Le processus de randomisation était semblable à celui de l'étude précédente et une série d'interventions furent identifiées *a priori* pour le groupe intervention. Les deux groupes étaient semblables à part l'utilisation de l'aprotinine, plus fréquente dans le groupe intervention (83 % vs 69 %). Des accidents vasculaires cérébraux ont été observés chez 4 patients du groupe témoin et 1 patient du groupe intervention. L'indice de morbidité et de mortalité postopératoire de la Société des Chirurgiens Thoraciques était de 11 dans le groupe témoin vs 3 dans le groupe intervention ($P = 0,048$). Ces deux études appuient l'hypothèse que la correction des épisodes de désaturation cérébrale a un impact sur la prévention des complications postopératoires.

Par ailleurs, des études rétrospectives ont rapporté une diminution des complications neurologiques, de la durée de séjour, de la morbidité et de la mortalité depuis l'adoption de l'oxymétrie cérébrale en salle d'opération^{4,28,32-35}. Des dizaines de rapports de cas ont démontré l'utilité de ce système de monitoring qui permet, entre autres, de détecter et d'éviter certaines catastrophes comme l'occlusion accidentelle des vaisseaux cérébraux et l'embolie gazeuse³⁶⁻³⁹.

LIMITATIONS

Il existe de nombreuses questions et controverses au sujet de l'oxymétrie cérébrale et celles-ci ont été le sujet de débats récents^{35,40-42}. Un des arguments en défaveur de l'oxymétrie cérébrale repose sur l'interprétation de la valeur absolue du signal. L'utilisation de l'oxymètre sur des cadavres donne des valeurs moyennes de 51 %⁴³ ! De plus, il est important de réaliser que le signal d'oxymétrie ne renseigne que sur une région corticale frontale de 1,5 cm³ et tel que mentionné plus haut, certains facteurs anatomiques peuvent fausser cette valeur. Une ischémie cérébrale dans un territoire adjacent mais différent de la zone interrogée pourrait ne pas être détectée. Le ratio proposé (veineux:artériel:capillaire = ~70 % :25 % :5 %) pourrait être différent dans certains types de pathologies intracrâniennes associées à de l'œdème cérébral. Par contre, il faut se rappeler que l'oxymétrie cérébrale est un monitoring de tendance et que ce sont les changements dans le temps qui ont une valeur pronostique, et sur lesquels une intervention est possible et souhaitable. Les études rétrospectives démontrant un lien entre les mesures d'oxymétrie et les complications postopératoires souffrent de problèmes méthodologiques et nous avons revu ce sujet en 2005². Toutefois à cette époque aucune étude randomisée n'avait été publiée. Or les deux études randomisées qui sont parues n'avaient pas la puissance

FIGURE 4 : Première expérience avec l'utilisation de l'oxymétrie cérébrale à l'Institut de Cardiologie de Montréal



Homme de 73 ans réopéré pour un pseudo-anévrisme aortique qui développe un syndrome d'hypercoagulabilité en postopératoire. (A-B) Image quatre-chambres par coupe midoesophagienne. On observe des caillots dans toutes les cavités cardiaques. (C) De nombreuses désaturations cérébrales sont observées depuis le début de l'intervention. (Adapté de Denault et al⁴⁸ Chapitre 23:518)

nécessaire pour démontrer statistiquement une réduction significative des pathologies cérébrales et des troubles cognitifs, même si une tendance a été observée. Une étude portant sur un plus grand nombre de patients pourrait probablement démontrer cette association.

Par ailleurs, la prévention des désaturations cérébrales serait-elle une façon indirecte de prévenir l'hypoperfusion tissulaire ? Est-ce que le bénéfice de la correction rapide des désaturations cérébrales permet la prévention d'atteintes systémiques tel qu'observé dans les études de Casati et de Murkin ? L'hypothèse qu'une mesure d'oxygénation régionale a un rôle significatif en réanimation est appuyée par une étude menée chez les patients de soins intensifs par Rivers et coll⁴⁴. Toutefois, dans cette dernière étude, on a eu recours à une mesure continue de la saturation veineuse centrale et on a démontré qu'un protocole de correction de la désaturation centrale basé sur un algorithme de réanimation était associé à une réduction de la mortalité. En résumé, malgré ces limitations, les études de Casati et de Murkin suscitent un intérêt certain pour l'application de cette technologie et pour la recherche dans ce domaine.

Finalement, l'impact clinique de l'oxymétrie cérébrale dépend de plusieurs facteurs. En chirur-

gie cardiaque, nous croyons qu'il dépend non seulement de l'expertise de l'anesthésiologiste sur les fondements physiologiques de cette technologie mais aussi d'une compréhension de l'intervention chirurgicale. Parallèlement, il est aussi important que le chirurgien et le perfusionniste soient familiers avec son usage car ils pourraient être invités à poser des gestes précis pour corriger une désaturation cérébrale. Finalement, comme dans tout processus complexe, la communication entre les intervenants est la clé du succès.

ALGORITHME UTILISÉ À L'INSTITUT DE CARDIOLOGIE DE MONTRÉAL

L'oxymétrie cérébrale est utilisée depuis juin 2002 à l'Institut de Cardiologie de Montréal en clinique (salle d'opération, électrophysiologie et hémodynamie) et en recherche^{2,45}. Nous avons pu constater le lien entre les désaturations et le devenir clinique (figure 4) et observé à plusieurs occasions des désaturations cérébrales isolées qui ont été corrigées. Le développement récent de la chirurgie cardiaque minimalement invasive et la prévention du risque d'occlusion vasculaire cérébrale accidentelle ont été des facteurs importants motivant son introduction dans notre bloc opératoire. Au fil des années, nous avons développé une approche systématique basée sur l'identification et le traitement des rSO₂ anormales que nous avons décrite récemment⁴⁶ et résumée à la figure 5. Cette approche se base sur notre expérience et les procédures d'intervention de la correction des valeurs de rSO₂ anormales décrites dans les études de Casati³⁰ et de Murkin³¹.

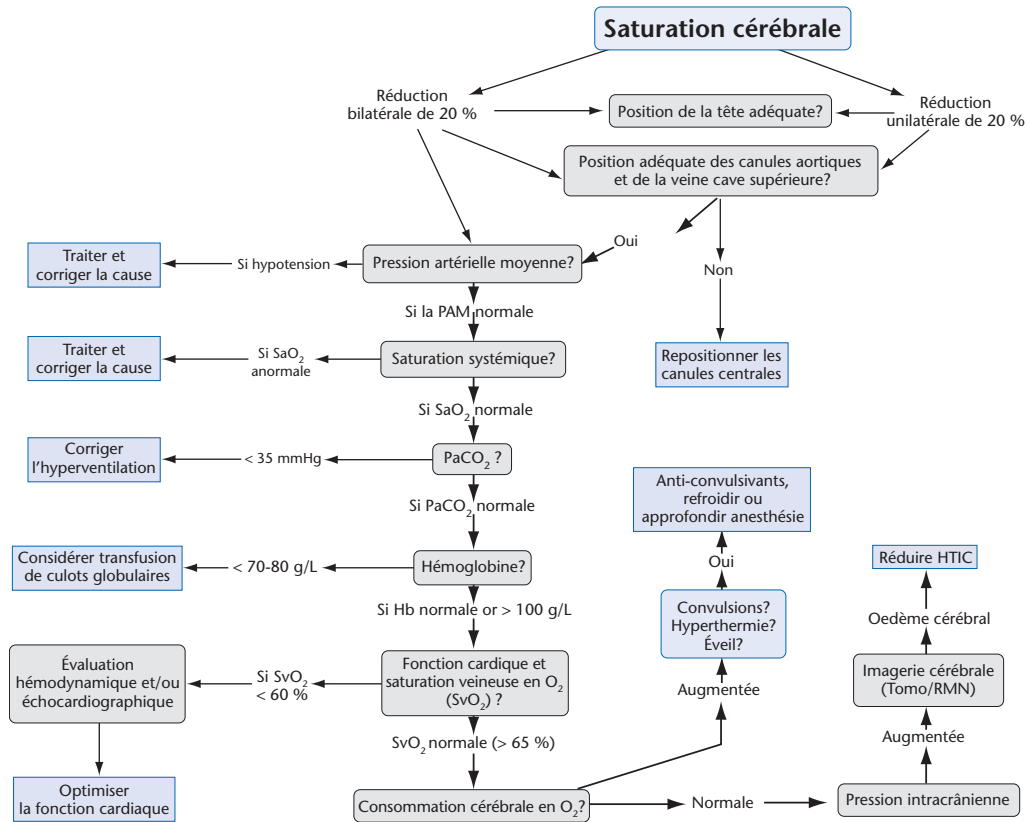
CONCLUSION

Dans quelle mesure dirons-nous un jour que l'apparition dans nos salles d'opération de l'oxymétrie cérébrale sera comparable à l'avènement de la saturométrie pulsée et du capnographe ? On obtiendra une réponse à cette question au cours des prochaines années. Le saturomètre et le capnographe ont eu un impact significatif dans la pratique de l'anesthésie et, fait intéressant, elles font encore l'objet de débats⁴⁷. Nous débutons une nouvelle ère, durant laquelle il faudra raffiner notre compréhension des mécanismes des lésions neurologiques cognitives et possiblement de leur prévention en chirurgie cardiaque et en chirurgie non cardiaque. L'oxymétrie cérébrale a le potentiel de devenir un joueur clé dans ce développement.

POINTS À RETENIR

- L'oxymétrie cérébrale est basée sur la loi de Beer-Lambert qui stipule que l'on peut mesurer la concentration d'une substance selon son degré d'absorption de lumière.

FIGURE 5 : Algorithme de l'utilisation de l'oxymétrie cérébrale



Hb : hémoglobine, HTIC : hypertension intracrânienne, PAM : pression artérielle moyenne, PaCO₂ : pression partielle en dioxyde de carbone, RMN : résonance magnétique nucléaire, SaO₂ : saturation en oxygène du sang artériel, SvO₂ : saturation en oxygène du sang veineux, Tomo : tomographie. (Adapté de Denault et al⁶)

- La valeur normale d'oxymétrie cérébrale est d'environ 67±10 % (précision de 3-6 %). La valeur normale de la rSO₂ est généralement plus basse chez la femme et chez le sujet âgé.
- Une désaturation cérébrale représente un déséquilibre entre l'apport d'oxygène au cerveau et son métabolisme.
- Les baisses de saturation cérébrales peropératoires sont associées à une morbidité et une mortalité accrue.
- Deux études randomisées en chirurgie cardiaque et en non cardiaque suggèrent que la correction de la désaturation cérébrale diminue la morbidité postopératoire et le séjour hospitalier.

Le D^r Denault est anesthésiologiste à l'Institut de Cardiologie de Montréal et professeur agrégé de clinique au département d'anesthésiologie de l'Université de Montréal. Il est un expert en échographie trans-oesophagienne, Fellow de l'American Society of Echocardiography (FASE), et a publié un livre, dont la deuxième édition paraîtra bientôt, sur ce sujet.

Le D^r Deschamps est anesthésiologiste à l'Institut de Cardiologie de Montréal et professeur adjoint de clinique au département d'anesthésiologie de l'Université de Montréal.

Le D^r Murkin est professeur en anesthésiologie et directeur de la recherche en anesthésie cardiaque à l'Université Western Ontario à London, Ontario.

Références

1. Jobis FF. Noninvasive, infrared monitoring of cerebral and myocardial oxygen sufficiency and circulatory parameters. *Science* 1977;198:1264-1267.
2. 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.
3. Kurth CD, Steven JL, Montenegro LM, et coll. Cerebral oxygen saturation before congenital heart surgery. *Ann Thorac Surg.* 2001;72:187-192.
4. 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;93:964-970.
5. Vernieri F, Tibuzzi F, Pasqualetti P, et coll. Transcranial Doppler and near-infrared spectroscopy can evaluate the hemodynamic effect of carotid artery occlusion. *Stroke.* 2004;35:64-70.
6. Madsen PL, Nielsen HB, Christiansen P. Well-being and cerebral oxygen saturation during acute heart failure in humans. *Clin Physiol.* 2000;20:58-64.
7. Nemoto EM, Yonas H, Kassam A. Clinical experience with cerebral oximetry in stroke and cardiac arrest. *Crit Care Med.* 2000;28:1052-1054.
8. Gracias VH, Guillaumondegui OD, Stiefel MF, et coll. Cerebral cortical oxygenation: a pilot study. *J Trauma.* 2004;56:469-472.
9. Dunham CM, Ransom KJ, Flowers LL, Siegal JD, Kohli CM. Cerebral hypoxia in severely brain-injured patients is associated with admission Glasgow Coma Scale score, computed tomographic severity, cerebral perfusion pressure, and survival. *J Trauma.* 2004;56:482-489.
10. Sokol DK, Markand ON, Daly EC, Luerssen TG, Malkoff MD. Near infrared spectroscopy (NIRS) distinguishes seizure types. *Seizure.* 2000;9:323-327.
11. Shojima M, Watanabe E, Mayanagi Y. Cerebral blood oxygenation after cerebrospinal fluid removal in hydrocephalus measured by near infrared spectroscopy. *Surg Neurol.* 2004;62:312-318.
12. Newman MF, Kirchner JL, Phillips-Bute B, et coll. Longitudinal assessment of neurocognitive function after coronary-artery bypass surgery. *N Engl J Med.* 2001;344:395-402.
13. McKenzie ED, Andropoulos DB, DiBardino D, Fraser CD Jr. Congenital heart surgery 2005: the brain: it's the heart of the matter. *Am J Surg.* 2005;190:289-294.

14. Hagino I, Anttila V, Zurakowski D, Duebener LF, Lidov HG, Jonas RA. Tissue oxygenation index is a useful monitor of histologic and neurologic outcome after cardiopulmonary bypass in piglets. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2005;130:384-392.
15. 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;18:552-558.
16. Fenton KN, Freeman K, Glogowski K, Fogg S, Duncan KF. The significance of baseline cerebral oxygen saturation in children undergoing congenital heart surgery. *Am J Surg.* 2005;190:260-263.
17. Dent CL, Spaeth JP, Jones BV, et al. Brain magnetic resonance imaging abnormalities after the Norwood procedure using regional cerebral perfusion. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2006;131:190-197.
18. Casati A, Fanelli G, Pietropaoli P, et coll. Monitoring cerebral oxygen saturation in elderly patients undergoing general abdominal surgery: a prospective cohort study. *Eur J Anaesthesiol.* 2007;24:59-65.
19. Plachky J, Hofer S, Volkmann M, Martin E, Bardenheuer HJ, Weigand MA. Regional cerebral oxygen saturation is a sensitive marker of cerebral hypo-perfusion during orthotopic liver transplantation. *Anesth Analg.* 2004;99: 344-349.
20. 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: 191-199.
21. Sehic A, Thomas MH. Cerebral oximetry during carotid endarterectomy: signal failure resulting from large frontal sinus defect. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2000;14(4):444-446.
22. McCormick PW, Stewart M, Goetting MG, Dujovny M, Lewis G, Ausman JI. Noninvasive cerebral optical spectroscopy for monitoring cerebral oxygen delivery and hemodynamics. *Crit Care Med.* 1991;19:89-97.
23. Kurth CD, Thayer WS. A multiwavelength frequency-domain near-infrared cerebral oximeter. *Phys Med Biol.* 1999;44:727-740.
24. Yao FS, Yao D, Jin J. Age and gender differences in cerebral oxygen saturations. Paper presented at: the Annual Meeting of the American Society of Anesthesiologists; October 23-27, 2004; Las Vegas, Nevada. *Anesthesiology.* 2004;101:A193.
25. Kishi K, Kawaguchi M, Yoshitani K, Nagahata T, Furuya H. Influence of patient variables and sensor location on regional cerebral oxygen saturation measured by INVOS 4100 near-infrared spectrophotometers. *J Neurosurg Anesthesiol.* 2003;15:302-306.
26. Ausman JI, McCormick PW, Stewart M, et coll. Cerebral oxygen metabolism during hypothermic circulatory arrest in humans. *J Neurosurg.* 1993;79:810-815.
27. Edmonds HL Jr. Advances in neuromonitoring for cardiothoracic and vascular surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2001;15:241-250.
28. Edmonds HL Jr, Cao L, Yu QJ. In the elderly, coronary artery bypass grafting associated with more brain O₂ desaturation and cognitive dysfunction. *Ann Thorac Surg.* 2002;73:S375 (Abstract).
29. 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;89:533-538.
30. Casati A, Fanelli G, Pietropaoli P, et coll. Continuous monitoring of cerebral oxygen saturation in elderly patients undergoing major abdominal surgery minimizes brain exposure to potential hypoxia. *Anesth Analg.* 2005;101:740-747.
31. Murkin JM, Adams SJ, Novick RJ, et coll. Monitoring brain oxygen saturation during coronary bypass surgery: a randomized, prospective study. *Anesth Analg.* 2007;104:51-58.
32. Austin EH III, Edmonds HL Jr, Auden SM, et coll. Benefit of neurophysiologic monitoring for pediatric cardiac surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1997;114(5): 707-715, 717.
33. Higami T, Kozawa S, Asada T, et coll. Retrograde cerebral perfusion versus selective cerebral perfusion as evaluated by cerebral oxygen saturation during aortic arch reconstruction. *Ann Thorac Surg.* 1999;67:1091-1096.
34. 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(5):E376-E381.
35. Edmonds HL Jr. Pro: all cardiac surgical patients should have intraoperative cerebral oxygenation monitoring. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2006;20:445-449.
36. Janelle GM, Mnookin S, Gravenstein N, Martin TD, Urdaneta F. Unilateral cerebral oxygen desaturation during emergent repair of a DeBakey type I aortic dissection: potential aversion of a major catastrophe. *Anesthesiology.* 2002;96:1263-1265.
37. Yeh T Jr, Austin EH III, Sehic A, Edmonds HL Jr. Rapid recognition and treatment of cerebral air embolism: the role of neuromonitoring. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2003;126:589-591.
38. Fukada J, Morishita K, Kawaharada N, et coll. Isolated cerebral perfusion for intraoperative cerebral malperfusion in type A aortic dissection. *Ann Thorac Surg.* 2003;75:266-268.
39. Sakaguchi G, Komiya T, Tamura N, et coll. Cerebral malperfusion in acute type A dissection: direct innominate artery cannulation. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2005;129:1190-1191.
40. Hoffman GM. Pro: near-infrared spectroscopy should be used for all cardiopulmonary bypass. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2006;20:606-612.
41. Muehlschlegel S, Lobato EB. Con: all cardiac surgical patients should not have intraoperative cerebral oxygenation monitoring. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2006;20:613-615.
42. Davies LK, Janelle GM. Con: all cardiac surgical patients should not have intraoperative cerebral oxygenation monitoring. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2006;20:450-455.
43. Schwarz G, Litscher G, Kleinert R, Jobstmann R. Cerebral oximetry in dead subjects. *J Neurosurg Anesthesiol.* 1996;8:189-193.
44. Rivers E, Nguyen B, Havstad S, et coll. Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock. *N Engl J Med.* 2001;345:1368-1377.
45. Piquette D, Deschamps A, Belisle S, et coll. Effect of intravenous nitroglycerin on cerebral saturation in high-risk cardiac surgery: [L'effet de la nitroglycerine intraveineuse sur la saturation cerebrale dans les chirurgies cardiaques a haut risque]. *Can J Anaesth.* 2007;54:718-727.
46. Denault A, Deschamps A, Murkin JM. A proposed algorithm for the intra-operative use of cerebral near-infrared spectroscopy. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth.* 2007;11:274-281.
47. Pedersen T, Dyrland PB, Moller AM. Pulse oximetry for perioperative monitoring. *Cochrane Database Syst Rev.* 2003;CD002013
48. Denault AY, Couture P, Tardif JC, Buthieu J. *Transesophageal Echocardiography Multimedia Manual: A Perioperative Transdisciplinary Approach.* New York, NY: Marcel Dekker; 2005.

Réunion scientifique

13 au 17 juin 2008

64^e Assemblée annuelle de la Société canadienne des anesthésiologistes

Halifax, Nouvelle-Écosse

Renseignements : Tél. : 416-480-0602, poste 12

Fax : 416-480-0320

Courriel : meetings@cas.ca

Site web : <http://www.cas.ca>

Le D^r Denault bénéficie du soutien financier du Fonds de la recherche en santé du Québec (FRSQ) et de la Fondation des Maladies du Coeur. Il a reçu des honoraires pour présentations scientifiques d'Actelion, Bristol-Myers Squibb et Covidien. Les recherches des docteurs Denault et Deschamps sont subventionnées par la Fondation de l'Institut de Cardiologie de Montréal.

Le D^r John Murkin a reçu des subventions à la recherche et des honoraires pour des conférences et des déplacements de la part de la société Somanetics.

Les avis de changement d'adresse et les demandes d'abonnement *Anesthésiologie – Conférences Scientifiques* doivent être envoyés par la poste à l'adresse B.P. 310, Station H, Montréal (Québec) H3G 2K8 ou par fax au (514) 932-5114 ou par courrier électronique à l'adresse info@snellmedical.com. Veuillez vous référer au bulletin *Anesthésiologie – Conférences Scientifiques* dans votre correspondance. Les envois non distribuables doivent être envoyés à l'adresse ci-dessus. Poste-publications #40032303

L'élaboration de cette publication a bénéficié d'une subvention à l'éducation de

Organon Canada Limitée

©2008 Département d'anesthésiologie, Faculté de médecine, Université de Montréal seul responsable de cette publication. Édition SNELL Communication Médicale Inc. avec la collaboration du Département d'anesthésiologie, Faculté de médecine, Université de Montréal. Tous droits réservés. Tout recours à un traitement thérapeutique décrit ou mentionné dans *Anesthésiologie – Conférences scientifiques* doit être conforme aux renseignements d'ordonnance au Canada. SNELL Communication Médicale Inc. se consacre à l'avancement de la formation médicale continue de niveau supérieur.