

Monitoring de la profondeur de l'anesthésie

V. Billard

Département d'Anesthésie et USCC, Institut de Cancérologie Gustave Roussy, 114 rue Edouard Vaillant, 94805 Villejuif Cedex

Valerie.billard@igr.fr

POINTS ESSENTIELS

- Le monitoring instrumental de la profondeur de l'anesthésie est justifié par la variabilité des besoins entre les patients et la morbidité associée au surdosage comme au sous-dosage.
- A ce jour, le monitoring cliniquement utilisé porte surtout sur la composante hypnotique de l'anesthésie et fait appel à une analyse automatique de l'EEG spontané.
- Deux dispositifs médicaux assurent ce monitoring : le BIS et l'entropie (RE et SE).
- L'analyse des valeurs de ces index peut être complétée par d'autres paramètres (rapport de suppression, index d'EMG, qualité du signal) ou par l'examen du tracé, en particulier en cas d'artéfacts.
- Des valeurs de BIS ou de SE autour de 50 pour assurer une probabilité très faible, mais néanmoins non nulle de mémorisation peropératoire.
- L'ajustement de l'anesthésie au BIS permet en moyenne de diminuer la consommation d'hypnotique et de raccourci légèrement les délais de réveil.
- Il permet de diminuer le risque de mémorisation chez les patients à haut risque où lorsque les signes cliniques (mouvements, hémodynamique) ne sont pas interprétables.
- Le monitoring de l'analgésie passe par différents effets sur le système nerveux autonome comme la variabilité de fréquence cardiaque, les réflexes pupillaires ou la conductance cutanée. L'utilisation clinique et les limites de ces moniteurs restent à définir.

INTRODUCTION

L'anesthésie générale a pour but de permettre la réalisation d'actes ou de procédures invasives dans de bonnes conditions de confort et de sécurité tant pour le patient que pour l'opérateur. Elle doit donc assurer :

- la perte de conscience et l'amnésie de la procédure ;

- le contrôle des réactions motrices ou neurovégétatives aux stimulations douloureuses ;
- un réveil rapide ;
- des effets indésirables minimum.

Chacun de ces effets dépend de la concentration des agents anesthésiques à leur site d'action, mais la concentration nécessaire varie selon les patients et l'intensité des stimulations.

Évaluer la profondeur de l'anesthésie revient donc à vérifier pour chaque patient si les agents anesthésiques sont à la concentration minimum et nécessaire pour éviter à la fois un réveil peropératoire avec mémorisation, des réactions intempestives aux stimulations chirurgicales et un retard de réveil ou des effets indésirables liés à un surdosage.

Cette évaluation en temps réel débouche directement sur l'ajustement des doses ou des concentrations cibles et constitue un élément irremplaçable de la qualité de l'anesthésie.

ÉVALUATION CLINIQUE DE LA PROFONDEUR DE L'ANESTHÉSIE

Elle doit distinguer perte de conscience et réponse aux stimulations douloureuses (cf. Monitoring de l'analgésie).

- La perte de conscience peut être vérifiée à l'induction par la perte du contact verbal, car le patient qui ne répond plus n'a plus de mémorisation explicite. Inversement, le patient qui répond aux ordres est à très haut risque de mémorisation.
- Cette perte de conscience observée après un bolus d'induction ne présage pas de la perte de conscience pendant l'entretien de l'anesthésie, sauf quand les deux ont fait appel à une anesthésie intraveineuse à objectif de concentration (AIVOC) de propofol. Dans ce cas, la concentration prédite au site d'action au moment de la perte de conscience peut être considérée comme la limite inférieure de concentration à maintenir pendant l'entretien.
- La perte du contact verbal disparaît chez le patient curarisé. Le risque de réveil et de mémorisation peropératoire non détectés est d'ailleurs doublé chez le patient curarisé.
- Les valeurs de pression artérielle (PA) et fréquence cardiaque (FC) sont des indicateurs peu fiables de la perte de conscience.

MONITORAGE DE LA PROFONDEUR D'ANESTHÉSIE PAR L'EEG

Le monitoring EEG a été développé après avoir constaté que les agents hypnotiques (les premiers impliqués dans la perte de conscience) modifiaient l'EEG de façon dose-dépendante. Plusieurs moniteurs ont été développés qui extraient de cet EEG un index simple. Les principaux sont l'index bispectral (BISTM) et l'entropie. Les PEA de latence intermédiaire ont également été utilisés pour estimer la profondeur de l'anesthésie, mais aucun moniteur n'est plus commercialisé aujourd'hui.

Index bispectral de l'EEG ou BIS

Il évalue le degré de synchronisation du tracé EEG, sachant que la synchronisation augmente avec l'approfondissement de l'anesthésie. L'algorithme de calcul inclut également le % de tracé plat ou rapport de suppression (signe d'anesthésie très profonde), le % de fréquence rapides bêta (signe de sédation légère), après avoir soustrait l'activité EMG, considéré comme un artefact.

Il est enregistré par un sensor à usage unique de 4 électrodes. Après dégraissage de la peau, l'électrode 1 doit être positionnée en haut du front, sur la ligne médiane, l'électrode 4 (qui détecte l'EMG) au dessus du sourcil et l'électrode 3 entre l'œil et l'oreille.

Le BIS varie de 100 (sujet complètement éveillé) à 0 (tracé complètement plat, anesthésie profonde). Une valeur autour de 50 est réputée associée à une probabilité > 95% d'être inconscient et de ne pas avoir de mémorisation explicite de la période opératoire.

Le BIS est étroitement corrélé à la concentration d'hypnotique (propofol, thiopental ou halogéné) même si cette corrélation n'est pas linéaire sur toute l'étendue des valeurs de BIS. Il est peu sensible à l'imprégnation morphinique et ne permet donc pas de prédire avant d'appliquer une stimulation douloureuse si le patient va réagir sauf si cette réaction est prévenue par le seul hypnotique, ce qui nécessite une concentration nettement plus haute (et un BIS plus bas) que pour assurer la perte de conscience. Mais l'augmentation brutale de BIS après la stimulation douloureuse peut être interprétée comme une analgésie insuffisante.

Il faut savoir que la valeur affichée est moyennée sur les dernières 15 à 30 secondes, et est donc toujours un peu en retard par rapport aux variations de l'EEG lui-même, en particulier à l'endormissement et au réveil.

Les moniteurs de BIS affichent également le rapport de suppression (qui n'est supérieur à 0 qu'en cas d'anesthésie très profonde) et un Index de Qualité de Signal qui estime le % de tracé reconnu comme sans artefact. Si cet IQS est <50% la valeur de BIS est en filigrane et à interpréter avec prudence. S'il est < 20% la valeur de BIS n'est plus affichée.

Enfin, le moniteur affiche le % de fréquences rapides attribuées à l'EMG. Lorsque ce rapport est élevé, la valeur de BIS peut être surestimée par rapport à la profondeur réelle de profondeur d'anesthésie. Différents artefacts de haute fréquence peuvent aussi élever artificiellement le BIS comme les couvertures à air pulsé, pompes de CEC, bistouri électrique, appareils de radiofréquence, certains endoscopes etc.

Par ailleurs la réponse du BIS en présence de kétamine ou de N₂O est très variable et peut aussi bien augmenter que diminuer. Le BIS est donc d'interprétation plus incertaine lors de l'utilisation de ces deux médicaments.

Entropie spectrale

Ce moniteur développé par Datex GE évalue le degré de désordre du tracé EEG, sachant que le désordre diminue avec l'approfondissement de l'anesthésie. Il affiche deux paramètres :

- l'entropie basale ou SE analyse la même bande de fréquences que le BIS (0,5 à 32 Hz) et exclut donc comme lui les fréquences rapides.
- L'entropie réactionnelle ou RE étend l'analyse aux fréquences rapides de l'EEG et de l'EMG (de 32 à 48 Hz). Ce paramètre était initialement supposé sensible à la fois à l'hypnose et à l'analgésie et la différence (RE- SE) devait donc refléter l'analgésie. En pratique ce n'est pas le cas, car les 2 paramètres augmentent lors d'une stimulation douloureuse lorsque l'analgésie est insuffisante.

Il est enregistré par un sensor à usage unique de 3 électrodes. Après dégraissage de la peau, l'électrode 1 doit être positionnée en haut du front, sur la ligne médiane et l'électrode 3 entre l'œil et l'oreille.

RE et SE varient de 100 chez le sujet éveillé à 0 lorsque le tracé est plat en sachant que RE est toujours supérieur à SE.

Une valeur de SE autour de 50 est réputée associée à une probabilité > 95% d'être inconscient et de ne pas avoir de mémorisation explicite.

L'entropie se caractérise également par une fenêtre de calcul variable selon les fréquences et d'autant plus longue que les fréquences sont lentes et le sommeil profond, ce qui améliore sa réactivité par rapport au BIS lors de la sédation légère ou du réveil.

Les algorithmes de calcul du BIS et de l'entropie sont suffisamment différents pour que les valeurs de BIS et d'entropie ne soient pas extrapolables d'un moniteur à l'autre.

Comme le BIS, l'entropie est corrélée à la concentration d'hypnotique et peu sensible à l'imprégnation morphinique.

Après une stimulation douloureuse, l'augmentation de RE est un paramètre plus sensible que celle de SE, (RE-SE) ou BIS pour détecter une analgésie insuffisante.

Bien que moins décrits dans la littérature, le risque de pollution des valeurs par des artefacts de haute fréquence (Bair Huger, CEC, bistouri etc.) et les difficultés d'interprétation en présence de kétamine ou de N₂O sont a priori similaires à ceux observés avec le BIS.

Bénéfices cliniques des moniteurs dérivés de l'EEG

L'utilisation des moniteurs de profondeur de l'anesthésie permet une diminution de 10 à 40 % des doses cumulées d'hypnotiques, associée à une diminution statistiquement significative, mais cliniquement négligeable des délais de réveil et des durées de séjour en SSPI. Les moniteurs de profondeur de l'anesthésie peuvent être particulièrement utiles pour les patients pour lesquels la relation dose/concentration-effets des médicaments anesthésiques est inhabituelle (ATCD de mémorisation) ou perturbée par différents états physiopathologiques (état de choc, insuffisance cardiaque, respiratoire ou hépatique, grossesse, tumeurs endocrines...) ou par des traitements associés (bêtabloquants, antiépileptiques, antipsychotiques, antiprotéases, toxicomanies diverses...).

Le BIS peut dépister certains épisodes de mémorisation explicite en particulier dans les populations à risque, mais son utilisation n'abolit pas totalement ce risque.

Le BIS peut aussi permettre de diminuer l'incidence des NVPO favorisés par les agents halogénés, sauf si les patients bénéficient d'une prévention systématique. L'influence du monitoring EEG sur la stabilité hémodynamique peropératoire est inconstante.

Le monitoring de la profondeur de l'anesthésie par le BIS ne permet pas de détecter spécifiquement les tracés épileptiformes qui peuvent être observés au cours d'une induction de l'anesthésie avec du sévoflurane.

Il n'existe à ce jour pas de données suffisantes pour affirmer avec certitude le bénéfice du monitoring de la profondeur de l'anesthésie sur le devenir à long terme après une anesthésie générale.

Les deux moniteurs de profondeur d'anesthésie commercialisés en France, reposent sur des algorithmes de calcul validés chez l'adulte. Néanmoins leur utilisation est possible chez l'enfant de plus de 2 ans avec les mêmes qualités et réserves que chez l'adulte.

La concentration d'hypnotiques requise pour obtenir un effet cérébral cortical donné (ou une valeur de BIS) semble plus importante chez l'enfant que chez l'adulte.

MONITORAGE DE L'ANALGÉSIE

Il est difficile de définir la douleur chez un patient endormi, les éléments de conscience de la douleur, de mémorisation de la douleur et la verbalisation ayant disparu.

La première méthode d'estimation était basée sur la réponse motrice à une stimulation douloureuse et a conduit au concept de CAM (concentration alvéolaire minimum permettant d'inhiber la réponse motrice à l'incision chez un patient sur deux). La CAM a été utilisée pour comparer la puissance des halogénés entre eux puis pour quantifier l'influence des morphiniques pour prévenir le mouvement. Un affichage de la CAM qui ne tient pas compte du morphinique associé est dénué de sens.

En dehors du mouvement, l'application d'une stimulation douloureuse stimule le système nerveux autonome à différents niveaux et mesurer cette stimulation peut potentiellement déboucher sur une technique de monitoring. Toutes ces techniques ont deux points communs :

- elles sont toutes rétrospectives, c'est-à-dire qu'il faut d'abord appliquer la stimulation et observer la réponse pour conclure que l'analgésie était insuffisante. Pour aucune d'entre elles, la valeur avant stimulation n'est prédictive de la réponse ;
- la quantité de données cliniques disponibles à ce jour est encore trop faible pour, apprécier leurs performances et discerner leurs limites d'utilisation en pratique clinique.

Réponse et variabilité cardio-vasculaire

La première réponse cardio-vasculaire à la douleur est la variation brute de pression artérielle et de fréquence cardiaque que nous observons quotidiennement et sur laquelle nous ajustons l'administration d'analgésiques. Cependant, cette variabilité manque de spécificité, en particulier en cas d'hémorragie, de sepsis, ou de traitement à visée cardio-vasculaire périopératoire...

Plusieurs équipes ont eu l'idée d'essayer de monitorer plus finement le degré de blocage du système nerveux autonome. Deux principaux prototypes sont actuellement disponibles :

- Le *Surgical Stress Index* (SSI ou SPI) développé par Datex GE. C'est un index composite
$$SSI = 100 - (0,7 \times PPGA_{norm} + 0,3 \times HBI_{norm})$$
où PPGA est l'amplitude de l'onde de pouls et HBI la période cardiaque, enregistrés par pléthysmographie et normalisés ;
- l'ANI Physiodoloris développé par Metrodoloris. Cet index reflète la composante parasympathique de la variabilité de fréquence cardiaque. Le signal recueilli est l'ECG et il fait l'objet d'une analyse automatique avec détection de la période cardiaque (RR), représentation des variations de cette période RR en fonction du temps et analyse par ondelettes des composantes de ces variations. L'analyse focalisée sur le système parasympathique a été choisie pour augmenter la spécificité qui était mauvaise avec le monitoring du système sympathique.

Réponse pupillaire

L'augmentation du tonus sympathique en réponse à une douleur a pour effet d'augmenter le diamètre de la pupille par une action sur les muscles dilatateurs de l'iris. Cette dilatation est donc logiquement inhibée à forte concentration de morphinique. Plusieurs dispositifs médicaux sont disponibles qui mesurent le diamètre de la pupille en temps réel, mais il est nécessaire de garder l'œil ouvert au moment des mesures et de l'hydrater régulièrement.

Conductance cutanée

Les glandes sudoripares cutanées sont innervées par le système sympathique. En cas de stimulation de celui-ci, les glandes sudoripares se remplissent puis se vident puis se remplissent à nouveau par réabsorption ce qui résulte à la fois en un pic de conductance électrique, une augmentation de l'aire sous la courbe de conductance et une augmentation du nombre de pics. Ces réponses sont abolies en augmentant la concentration de morphinique.

REFERENCES

Billard V, Constant I. Analyse automatique de l'électroencéphalogramme : quel intérêt en l'an 2000 dans le monitoring de la profondeur de l'anesthésie ? *Ann Fr Anesth Réanim* 2001; 20: 763-8

Longrois D, Albaladejo P, Barvais L, Billard V, et al. Monitoring de la profondeur de l'anesthésie. *Recommandation Formalisée d'Experts. Sfar* 2009.

(http://www.sfar.org/_docs/articles/RFEProfondeurAnesthsie.pdf).