

LES MOYENS ET LES INDICATEURS DU MONITORAGE HÉMODYNAMIQUE SYSTÉMIQUE

Benoît Tavernier, Lydie Oge, Elise Blondé

Pôle d'Anesthésie Réanimation, Centre Hospitalier Régional Universitaire de Lille - 59037 Lille cedex. E-mail : benoit.tavernier@chru-lille.fr

INTRODUCTION

L'objectif principal du contrôle, ou, plus récemment, de l'optimisation de l'hémodynamique est d'améliorer l'adéquation entre apports et besoins en oxygène (VO_2), au moindre coût pour l'organisme, en particulier, le myocarde. L'insuffisance circulatoire, lorsqu'elle s'accompagne d'une baisse de la délivrance effective en O_2 (TaO_2) aux tissus avec insuffisance respiratoire cellulaire, entraîne un état de choc. Il est important de souligner que le choc (crise énergétique cellulaire, de localisation tissulaire plus ou moins étendue) peut être présent en dépit d'une pression artérielle normale. À l'inverse, la pression artérielle peut être basse sans que le choc soit présent. La vision classique du monitoring hémodynamique de l'opéré est de jouer un rôle d'alarme, l'objectif étant de ne pas « sortir » d'une zone de valeurs considérée comme satisfaisante ou acceptable (par exemple, la PAM doit rester > 65 mmHg, ou l'index cardiaque [IC] $> 2,5$ l.min⁻¹.m⁻²). Dans ce cadre, l'hypothèse qu'en dehors de ces limites, un défaut de perfusion tissulaire puisse exister impose une intervention hémodynamique qui sera donc corrective ; au contraire, le concept d'optimisation hémodynamique utilise le monitoring pour atteindre, de façon « préventive » (alors que l'hémodynamique systémique semble situer le patient dans la zone de valeurs satisfaisantes ou acceptables) des objectifs basés sur une ou plusieurs variables (notamment hémodynamiques), par exemple, variation respiratoire de la pression artérielle pulsée [VPP] < 10 %, ou IC $> 4,5$ l.min⁻¹.m⁻². Particulièrement dans ce dernier cas, le prix énergétique à payer doit amener le médecin à prendre en compte le rapport bénéfice/risque de l'intervention thérapeutique.

Les données factuelles dans le contexte de l'optimisation hémodynamique montrent que « sur optimiser » le seul TaO_2 peut s'accompagner d'un excès de mortalité ; utiliser un indice permettant d'apprécier au mieux et le plus aisément possible l'adéquation VO_2/TaO_2 pour guider le traitement hémodynamique pourrait en revanche s'accompagner d'une diminution de mortalité. Ces bases de raisonnement laissent théoriquement peu de place au monitoring hémodynamique

seul, en particulier systémique. Cependant, probablement parce que, chez la majorité des opérés, en tous cas en chirurgie programmée, le risque d'hypoperfusion tissulaire est principalement lié aux anomalies de la « macrocirculation » (beaucoup plus que de la « microcirculation » ou de l'utilisation cellulaire de l'oxygène), le monitoring hémodynamique peut permettre, en guidant la réanimation péri-opératoire, et plus particulièrement les apports liquidiens peropératoires, d'améliorer les suites postopératoires. L'objectif de cette courte mise au point n'est pas de passer en revue l'ensemble des moyens et indicateurs du monitoring hémodynamique systémique, mais de cibler ceux qui ont montré leur intérêt pour diminuer la morbidité et/ou les durées de séjour postopératoires, et d'envisager les perspectives ouvertes par les données actuelles.

1. LES INDICATEURS : QUELQUES RAPPELS DE BON SENS

De nombreux moniteurs, procurant de « nouveaux » indicateurs (par exemple la VPP ou la variation respiratoire du volume d'éjection systolique [VVE]) ou de nouvelles méthodes d'obtention de variables hémodynamiques « classiques » (par exemple le débit cardiaque) sont actuellement proposés aux cliniciens. Les méthodes de mesure étant différentes d'un moniteur à l'autre et les algorithmes d'obtention de la variable souvent uniques, on ne peut pas généraliser à l'ensemble des moniteurs fournissant un indicateur donné les résultats obtenus avec la méthode ou l'indicateur d'un autre constructeur. Ainsi, par exemple, ce qui a été montré avec le monitoring du débit cardiaque par doppler œsophagien, ne doit pas être considéré comme acquis pour d'autres méthodes de mesure du débit cardiaque [1]. De même, la validation de l'automatisation de la VPP ou de la VVE est propre à chaque moniteur [2]. De plus, face à toute variable hémodynamique, et encore plus face à un « nouvel » indicateur n'étant pas un déterminant hémodynamique directement issu de la physiologie (par exemple certains indices supposés refléter la précharge ou l'inotropisme), il faut s'imposer trois niveaux de validation : (i) que la mesure soit correcte (la technologie est fiable) ; (ii) que l'on soit capable de l'interpréter correctement (intégration physiologique de la variable), et (iii) que l'on soit capable de l'utiliser correctement (pertinence médicale). Ce dernier point rejoint un élément de base de l'évaluation de la pertinence du monitoring hémodynamique : celui-ci ne peut avoir d'intérêt que si (et uniquement si) il est associé à des décisions thérapeutiques. La notion d'optimisation hémodynamique découle directement de ce principe, à savoir fixer des objectifs hémodynamiques permettant de mettre en œuvre un traitement individualisé, (« goal-directed hemodynamic therapy »), par opposition à une prise en charge prédéfinie, par exemple pour un type de chirurgie donnée, et appliquée à tous les patients [3].

2. INDICATEURS « TRADITIONNELS »

La fréquence cardiaque (FC) et la pression artérielle (mesurée de façon non invasive), ainsi que la diurèse dès lors que la durée et/ou l'importance de la chirurgie le justifient, constituent la base de la surveillance hémodynamique des patients anesthésiés. Pour la chirurgie à risque mineur et, de façon moins certaine (cf. plus loin), pour la chirurgie à risque intermédiaire, la surveillance de ces variables reste suffisante. Le risque hémodynamique est suffisamment bas dans ces circonstances pour que l'on puisse considérer que le bénéfice éventuel

qui pourrait résulter d'une stratégie thérapeutique fondée sur des indicateurs supplémentaires n'ait pas de pertinence clinique. Pour autant, même pour ces indicateurs utilisés par tous au quotidien, il est nécessaire, pour en tirer le meilleur bénéfice, d'y associer une stratégie thérapeutique, en particulier de remplissage vasculaire, fondée sur des objectifs. Ceci est illustré par l'étude de Nisanevich [4], comparant deux stratégies d'apports liquidiens peropératoires en chirurgie abdominale, et dont le principal résultat était un bénéfice, en termes de suites postopératoires, en faveur d'apports liquidiens limités par rapport à des apports plus larges. Dans cette étude, un algorithme très précis conduisait à des épreuves de remplissage quand la PA systolique était inférieure à 90 mmHg ou dès qu'elle diminuait de plus de 20 % par rapport à une valeur de référence, ou que la FC était supérieure à 90 battements par minute ou supérieure de plus de 20 % à une valeur de référence, ou encore que la diurèse était inférieure à $0,5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ pendant deux heures. En cas de non-réponse, la pression veineuse centrale (PVC) était mesurée et l'ensemble des variables mesurées conduisait à des mesures thérapeutiques hémodynamiques supplémentaires, incluant en particulier des vasopresseurs. On voit donc très bien dans cette étude comment une stratégie simple, fondée sur les variables usuelles, vient en complément d'une stratégie d'apports liquidiens restreints, pour « rattraper » les insuffisances inhérentes à une prise en charge systématique, en augmentant, de façon individualisée, des apports qui étaient probablement insuffisants.

Les limites de ces variables hémodynamiques sont cependant bien établies : les variations de la PA sont multifactorielles et ne reflètent pas celles du débit cardiaque; ainsi, si une diminution de la PA (classiquement, sous anesthésie générale, $\text{PAM} < 55\text{-}60 \text{ mmHg}$ chez un sujet antérieurement normo-tendu sans facteur de risque particulier) doit être interprétée et traitée, la PA peut rester à des valeurs « normales », alors même que le débit cardiaque ne permet probablement pas (ou plus) une perfusion tissulaire optimale (risque « d'hypovolémie occulte »). Une diminution de la diurèse peut résulter de mécanismes hémodynamiques opposés, et des valeurs peropératoires relativement basses ne sont pas nécessairement associées à une hypoperfusion rénale. Enfin, la valeur de la PVC pour prédire la précharge-dépendance du débit cardiaque (et donc orienter le traitement hémodynamique) est très insuffisante [5]. Dès lors, en particulier en chirurgie à haut risque, les variables hémodynamiques classiques d'une part ne permettent pas de s'assurer d'une perfusion systémique adéquate et peuvent conduire à des décisions thérapeutiques inadaptées, en premier lieu des apports liquidiens non justifiés.

3. MOYENS ET INDICATEURS D'INTÉRÊT VALIDÉ

La stratégie de « maximalisation » du débit cardiaque par le remplissage vasculaire a fait la preuve de sa pertinence en chirurgie à risque intermédiaire et majeur. Deux types d'indicateurs ont permis la réalisation de cette stratégie : le débit cardiaque mesuré par doppler œsophagien (donc, strictement, la vélocité dans l'aorte descendante) et les indices dynamiques de précharge-dépendance, mesurés par voie artérielle.

Près d'une dizaine d'études cliniques contrôlées, menées chez différentes populations de patients (Tableau I), ont évalué la stratégie associant le monitoring du débit cardiaque par doppler œsophagien et des épreuves de remplissage vasculaire (de l'ordre de 200 ml de colloïde), réalisées de façon systématique dès

le début de l'anesthésie et régulièrement répétées. L'objectif de cette stratégie est d'amener le cœur à opérer durant toute la durée de l'intervention sur la partie plate de la courbe de Frank-Starling (zone de précharge-indépendance). Cette stratégie a permis, par rapport à un remplissage fondé sur les variables hémodynamiques classiques, de diminuer l'incidence des complications postopératoires (et notamment du site opératoire), accélérer la reprise du transit digestif en chirurgie abdominale, et réduire les durées d'hospitalisation [6]. L'hypothèse sous-jacente de cette « maximalisation » du débit cardiaque sur son « versant précharge » est bien la prévention et/ou la correction rapide d'éventuelles séquences d'hypoperfusion tissulaire.

Tableau I

Bénéfices de la « maximalisation » peropératoire du débit cardiaque (doppler œsophagien) par le remplissage vasculaire (colloïde).

Etude	Patients	Résultats
Mythen, 1995	Chirurgie cardiaque	↓Compli postop, ↓durée USI
Sinclair, 1997	Fracture col du fémur	↓Durée hospi
Venn, 2002	Fracture col du fémur	↓Durée hospi théo
Conway, 2002	Chirurgie digestive	↓Hospi USI
Gan, 2002	Chirurgie « lourde »	↓Durée hospi
Wakeling, 2005	Chirurgie intest « majeure »	↓Durée hospi
Noblett, 2006	Chirurgie colorectale	↓Compli postop, ↓durée hospi

La fiabilité des indicateurs « dynamiques » de précharge-dépendance pour prédire la réponse du débit cardiaque au remplissage vasculaire et leur automatisation (sur certains moniteurs) en ont d'abord fait des outils de plus en plus utilisés au bloc opératoire pour la prise en charge de l'instabilité hémodynamique en chirurgie lourde, dès lors que les conditions de validité de ces indices étaient réunies (en pratique, très essentiellement : monitoring invasif de la PA, ventilation contrôlée à volume coutant d'au moins 7 ml.kg⁻¹, rythme cardiaque sinusal et chirurgie à thorax fermé) [7]. Les indices de précharge-dépendance pourraient constituer l'indicateur quasi-idéal pour une stratégie de maximalisation du débit cardiaque sur son versant de la précharge, puisque, prédisant la réponse du débit cardiaque au remplissage, ils devraient permettre, par rapport au doppler œsophagien, de limiter les épreuves de remplissage dont une partie est nécessairement « négative ». La répétition d'épreuves de remplissage « négatives » pourrait conduire, au cours d'une chirurgie de longue durée, à un remplissage inutile non négligeable, et donc potentiellement délétère, au moins en chirurgie à haut risque, pour laquelle il est établi que les patients ne sont pas capables d'éliminer rapidement l'excès de solutés reçus en peropératoire [8]. Au moins deux études ont aujourd'hui validé ce concept, en démontrant une réduction de la morbidité postopératoire en chirurgie à haut risque par une stratégie de remplissage vasculaire par colloïde ayant pour objectif le maintien de la VPP < 12% dans l'une [9], de la VVE (Vigileo™) < 10 % dans l'autre [10]. Dans la seconde étude, un objectif complémentaire consistait à donner de la dobutamine en cas d'index cardiaque (tel que fourni par le moniteur) < 2,5 l.min⁻¹.m⁻², mais pratiquement aucun patient n'en a finalement reçu après optimisation par le remplissage. Des études multicentriques sont actuellement en cours et viendront (ou non) confirmer ces résultats initiaux.

Dans l'analyse de ces données et l'application à la pratique, trois aspects (au moins) sont à prendre en compte :

- La stratégie fondée sur le monitoring du débit cardiaque ne doit être aujourd'hui considérée comme validée qu'avec le doppler œsophagien. La littérature suggère en effet que les méthodes de monitoring de débit cardiaque ne sont pas a priori interchangeables [1]. Dans la stratégie d'optimisation, il faut que la technique soit capable de mesurer de façon fiable l'évolution du débit cardiaque après épreuve de remplissage, ce que le doppler œsophagien est effectivement capable de fournir, de même que les mesures utilisant la thermodilution [11-13]. Il y a moins de données de validation, chez le patient sédaté et en ventilation mécanique, pour d'autres techniques, comme celles fondées sur l'analyse du contour de l'onde de pouls sans calibration récente, ou l'impédancemétrie transthoracique.
- Concernant les indices dynamiques, les algorithmes d'automatisation sont susceptibles de conduire à des valeurs légèrement différentes d'un appareil à l'autre et/ou différentes des valeurs obtenues par analyse « manuelle » et rétrospective des courbes de pression artérielle, qui sont celles ayant conduit à la validation initiale de cet indice [2, 7] ; de plus, leur « résistance » aux artefacts (y compris extrasystoles) varient d'un appareil à un autre ; des indices dynamiques ayant le même nom sont aujourd'hui proposés, alors qu'ils sont calculés à partir de signaux physiologiques différents. Autrement dit, il est raisonnable de considérer qu'un indice automatisé n'est pas de novo équivalent au même indice fourni par un autre constructeur ou celui calculé « manuellement » et qu'il faut obtenir, pour un moniteur donné, ses propres données de validation et la meilleure valeur seuil. La question de la valeur seuil est d'ailleurs susceptible d'évoluer, dans la mesure où la fiabilité des mesures d'une part, le caractère continu (et non de tout ou rien) de la réponse au remplissage d'autre part, justifient probablement de considérer une zone d'incertitude (« zone grise ») plutôt qu'une stricte valeur seuil. Dans les conditions du bloc opératoire, cette zone d'incertitude a récemment été déterminée entre 9 et 13 % [14].
- Finalement, l'application à la pratique clinique de ces stratégies fondées sur le monitoring dépend certes du niveau de preuve apporté, mais aussi de la facilité à les mettre en œuvre. De notre point de vue, en dehors de prises en charge de patients à très haut risque (cf. plus loin), seules des stratégies de mise en œuvre rapide, opérateur-indépendantes, peu ou non invasives, et de faible coût, pourront être généralisées. Cette perspective pourrait se concrétiser avec le monitoring non invasif de la précharge-dépendance à partir de l'analyse de l'onde d'oxymétrie de pouls. De nombreuses études ont aujourd'hui montré que la variabilité respiratoire de l'onde de photopléthysmographie était corrélée à celle de la pression artérielle invasive et qu'elle prédisait de façon fiable, dans les conditions habituelles du bloc opératoire, la réponse au remplissage [15]. Il faut néanmoins, avant d'estimer ou de mesurer cette variabilité, vérifier que certaines conditions de validité, propres à cette estimation non invasive de la précharge-dépendance, sont réunies, en particulier une perfusion périphérique suffisante (l'indice de perfusion fourni par certains moniteurs est probablement contributif [16]) et une mesure réalisée au niveau du doigt avec un capteur de type pince rigide [17]. Un indice automatisé, dont la fiabilité a été démontrée [15], est aujourd'hui disponible (Pleth Variability Index, Masimo Set®). Il a récemment été montré, dans une étude pilote, qu'une stratégie de remplissage visant à maintenir le PVI < 13 %, associé à un vasoconstricteur pour maintenir

la PAM > 65 mmHg, résultait, par rapport à une prise en charge sans le PVI, en une moindre élévation per- et postopératoire de la lactatémie [18]. On voit donc ici apparaître le moyen d'un monitoring généralisable en chirurgie mineure et moyenne de la précharge-dépendance chez les patients sous anesthésie générale et en ventilation contrôlée.

- Le monitoring du débit cardiaque (ce qui est différent de la caractérisation de la réponse du débit au remplissage) permet en théorie chez les patients à risque (cardiopathie sévère par exemple) de mettre en évidence des épisodes de bas débit cardiaque, mais aussi de proposer des stratégies de maximalisation du débit (donc du transport en oxygène) reposant sur des agents inotropes. Ces stratégies de « suroptimisation » du débit cardiaque et du transport en oxygène, malgré des résultats positifs obtenus dans des groupes de patients à très haut risque, avec un monitoring par cathétérisme pulmonaire droit, et des contextes péri-opératoires particuliers (en particulier patients traumatisés graves et/ou en état de choc, avec une mortalité dans les groupes contrôles > 20 %), ne peuvent être recommandés aujourd'hui [19]. D'une part, ils exposent les patients dont la réponse à cette stimulation adrénérgique est limitée à une augmentation des complications (notamment par ischémie myocardique), d'autre part, le risque est grand dans ces conditions d'induire une augmentation de débit (et de transport en oxygène) inutile et donc, dans la mesure où ceci est induit par une stimulation catécholaminérgique, potentiellement délétère. Enfin, la supériorité de l'association « inotrope + optimisation de la précharge » par rapport à la seule optimisation de la précharge n'est pas démontrée en peropératoire. L'utilisation d'agents inotropes dans le contexte péri-opératoire nécessite, à notre avis, le monitoring d'indicateurs d'adéquation des apports à la demande, c'est-à-dire des paramètres d'oxygénation tissulaire.

4. DES PATIENTS DEVRAIENT-ILS BÉNÉFICIER D'UN MONITORAGE SUPPLÉMENTAIRE ?

Le monitoring de la perfusion tissulaire et/ou de l'oxygénation tissulaire est traité dans un autre chapitre de cet ouvrage. Il faut préciser que, du point de vue du raisonnement diagnostique et thérapeutique, l'hémodynamique systémique et l'oxygénation tissulaire ne sont pas à opposer, et au contraire pleinement complémentaires. La question est cependant posée en pratique car additionner les éléments de monitoring implique des coûts en termes de temps de mise en place, de moniteurs, de consommables et, potentiellement, de iatrogénie. Alors que l'on dispose d'études ayant montré le bénéfice de stratégies d'optimisation péri-opératoire fondées sur le seul monitoring hémodynamique systémique d'une part, et sur le monitoring de l'oxygénation tissulaire associé au monitoring hémodynamique d'autre part, aucune étude n'a confronté ces deux types de stratégies entre elles pour évaluer le bénéfice lié à l'obtention de l'ensemble des informations. Alors que l'optimisation de la volémie semble efficace avec les seules variables de l'hémodynamique systémique, on peut en revanche considérer que, pour les raisons de rapport bénéfice-risque décrit plus haut, le recours à un agent inotrope (inhabituel au bloc opératoire) justifie l'évaluation de l'adéquation apports/besoins en oxygène et/ou de la perfusion tissulaire. Le recours aux vasopresseurs est probablement à analyser de façon intermédiaire, en fonction notamment de la nature de l'agent, de la posologie et de la durée d'utilisation, l'objectif principal étant d'abord la PA, mais le retentissement

possible sur le retour veineux et la perfusion tissulaire de ces agents pouvant nécessiter l'adjonction d'éléments supplémentaires de surveillance. Il s'agit donc ici de décisions à prendre au cas par cas, concernant les patients et/ou les interventions les plus à risque, avec une perspective de nécessité de prolonger la surveillance, et donc l'optimisation, en postopératoire.

CONCLUSION

La question de la pertinence des moyens et indicateurs du monitoring hémodynamique systémique est en constante évolution. Les dernières années nous ont appris que l'on pouvait, avec des moyens supplémentaires de monitoring relativement peu invasifs, définir des stratégies d'optimisation hémodynamique peropératoire. Ces stratégies reposent essentiellement sur la maximalisation du débit cardiaque sur son « versant précharge ». Elles utilisent le monitoring du débit cardiaque (doppler œsophagien) ou des indicateurs de précharge-dépendance (cathéter artériel). Elles améliorent les suites postopératoires en chirurgie à risque intermédiaire et élevé. Nous devons maintenant mettre plus largement en pratique ces stratégies, ce qui sera facilité si les solutions non invasives actuellement développées se montrent capables de fournir des résultats équivalents. L'autre interrogation pour l'avenir concerne les stratégies d'optimisation de la période postopératoire à destination des patients ne justifiant pas d'hospitalisation en réanimation ou en soins intensifs. Les secteurs de surveillance continue devraient a priori être l'endroit où évaluer et implémenter ces stratégies, mais cette perspective se heurte souvent aujourd'hui à des difficultés organisationnelles et médico-économiques.

Remerciements

Les auteurs remercient le Pr. Benoît Vallet pour sa relecture du manuscrit

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Peyton PJ, Chong SW. Minimally invasive measurement of cardiac output during surgery and critical care. *Anesthesiology* 2010;113:1220-35
- [2] Perel A. Automated assessment of fluid responsiveness in mechanically ventilated patients. *Anesth Analg* 2008;106:1031-3
- [3] Kehlet H, Bundgaard-Nielsen M. Goal-directed perioperative fluid management. *Anesthesiology* 2009;110:453-5
- [4] Nisanevich V, Felsenstein I, Almog G, et al. Effect of intraoperative fluid management on outcome after intraabdominal surgery. *Anesthesiology* 2005;103:25-32
- [5] Marik PE, Cavallazzi R, Vasu T, et al. Dynamic changes in arterial waveform derived variables and fluid responsiveness in mechanically ventilated patients: a systematic review of the literature. *Crit Care Med* 2009;37:2642-7
- [6] Phan TD, Ismail H, Heriot AG, Ho KM. Improving perioperative outcomes: fluid optimization with the esophageal Doppler monitor, a metaanalysis and review. *J Am Coll Surg* 2008;207:935-41
- [7] Cansson M. Arterial pressure variation and goal-directed fluid therapy. *J Cardio Vasc Anesth* 2010;24:487-97

- [8] Chappell D, Jacob M, Hofmann-Kiefer K, et al. A rational approach to perioperative fluid management. *Anesthesiology* 2008;109:723-40
- [9] Lopes MR, Oliveira MA, Pereira VO, et al. Goal-directed fluid management based on pulse pressure variation monitoring during high-risk surgery: a pilot randomized controlled trial. *Crit Care* 2007;11:R100
- [10] Benes J, Chytra I, Altmann P, et al. Intraoperative fluid optimization using stroke volume variation in high risk surgical patients: results of prospective randomized study. *Crit Care* 2010;14:R118
- [11] Bundgaard-Nielsen M, Ruhnau B, Secher NH, et al. Flow-related techniques for preoperative goal-directed fluid optimization. *Br J Anaesth* 2007;98:38-44
- [12] Schober P, Loer SA, Schwarte LA. Perioperative hemodynamic monitoring with transesophageal doppler technology. *Anesth Analg* 2009;109:340-53
- [13] Critchley LA, Lee A, Ho AM. A critical review of the ability of continuous cardiac output monitors to measure trends in cardiac outputs. *Anesth Analg* 2010;111:1180-92
- [14] Cannesson M, Le Manach Y, Hofer C, et al. Assessing the diagnostic accuracy of Pulse Pressure Variations for prediction of fluid responsiveness: a "gray zone" approach. *Anesthesiology* 2011 (in press)
- [15] Desebbe O, Cannesson M. Using ventilation-induced plethysmographic variations to optimize patient fluid status. *Curr Opin Anaesthesiol* 2008;21:772-8
- [16] Bourdon C, Jouhet N, Rodié-Talbère PA, et al. Variation respiratoire de la courbe d'oxymétrie de pouls comme indice de précharge-dépendance : intérêt de l'indice de perfusion. *Congrès national d'anesthésie et de réanimation* 2010;R539
- [17] Bourdon C, Robin E, Boulo M, Tavernier B. Variation respiratoire de la courbe d'oxymétrie de pouls comme indice de précharge-dépendance : le capteur joue-t-il un rôle? *Congrès national d'anesthésie et de réanimation* 2010;R541
- [18] Forget P, Lois F, de Kock M. Goal-directed fluid management based on the pulse oximeter-derived pleth variability index reduces lactate levels and improves fluid management. *Anesth Analg* 2010;111:910-4
- [19] Roche A, Miller TE. Goal-directed or goal-misdirected – how should we interpret the literature? *Crit Care* 2010;14:129