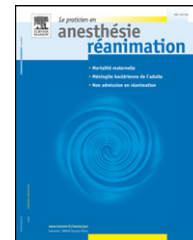




Disponible en ligne sur www.sciencedirect.com



NOTE TECHNIQUE

Le système vigileo™

Vigileo™ monitoring system



Gilles Lebuffe^{*,1}, Marion Costecalde, Benoît Vallet

Pôle d'anesthésie-réanimation, hôpital Claude-Huriez, CHRU de Lille, 1, rue Michel-Polonovski, 59037 Lille cedex, France

Disponible sur Internet le 12 septembre 2008

MOTS CLÉS

Débit cardiaque ;
Volume d'éjection
systolique ;
Onde de pouls ;
Monitoring
hémodynamique
continu

KEYWORDS

Cardiac output;
Stroke volume;
Pulse wave;
Continuous
hemodynamic
monitoring

Résumé Le moniteur Vigileo™ permet la mesure en continu du débit cardiaque à partir de l'analyse de l'onde de pouls. Il reporte les valeurs de l'index cardiaque (IC), du volume d'éjection (VE) indexé et de la variation du volume d'éjection (VVE) ; relié à un cathéter veineux central d'oxymétrie, il permet la mesure en continu de la saturation veineuse centrale en oxygène (ScvO₂).

© 2008 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Summary Vigileo™ monitor system is a continuous cardiac output monitor, which bases its calculation on arterial waveform analysis. The monitor allows a robust and accurate determination of cardiac index (CI), stroke volume (SV), and stroke volume variability (SVV) without calibration. Connected to central venous catheter, it also reports continuously oxygen saturation (ScvO₂). Vigileo™ should be valuable for monitoring of intensive care patients with cardiovascular dysfunction further to sepsis or trauma, or undergoing major surgery.

© 2008 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Introduction

La société Edwards Life Science a commercialisé récemment le capteur Flotrach™ et le moniteur Vigileo™ pour la mesure en continu du débit cardiaque (DC). Son calcul utilise l'analyse de l'onde de pouls mais à la différence du PiCCO™ (Pulsion Medical Systems,

* Auteur correspondant. Pôle d'anesthésie-réanimation, hôpital Huriez, CHRU de Lille, rue Michel-Polonovski, 59037 Lille cedex, France.
Adresse e-mail : g-lebuffe@chru-lille.fr (G. Lebuffe).

¹ Photo.

Munich) et du LiDCO™ (LiDCO, Cambridge) ne nécessite pas de calibration du débit cardiaque par une technique de dilution d'indicateur. Le Vigileo™ reporte le DC, l'index cardiaque (IC), le volume d'éjection (VE), le VE indexé et la variation du volume d'éjection (VVE). Relié à un cathéter veineux central d'oxymétrie, il permet également la mesure en continu de la saturation veineuse centrale en oxygène (ScvO₂). Sa facilité d'utilisation laisse à penser que le Vigileo™ pourrait être une technique intéressante pour l'optimisation hémodynamique. En effet, les stratégies thérapeutiques basées sur l'optimisation du remplissage vasculaire [1–3] ou de l'oxygénation tissulaire [4] ont été le plus souvent associées à une amélioration du pronostic des patients chirurgicaux ou de réanimation.

Place potentielle du Vigileo™ dans l'optimisation hémodynamique

Le remplissage adapté aux besoins du patient apparaît comme un facteur pronostic essentiel. Plusieurs études ont rapporté pour différents types de chirurgie l'amélioration de la morbi-mortalité liée à un remplissage guidé sur l'augmentation du VE. Les patients de chirurgie viscérale monitorés avec un Doppler œsophagien recevaient plus de solutés pour obtenir un VE maximal [2]. L'optimisation hémodynamique était associée à une reprise précoce du transit, une diminution des nausées et vomissements postopératoires et à une réduction de la durée de séjour hospitalier. Pour d'autres, l'administration guidée des solutés de remplissage par le Doppler œsophagien s'accompagnait d'une diminution du nombre d'admissions en réanimation [3]. Des résultats similaires étaient observés pour la prise en charge des patients opérés en urgence pour fracture du fémur. L'utilisation du Doppler œsophagien pour maintenir le VE à sa valeur maximale aboutissait à une réhabilitation postopératoire précoce et à une réduction de la durée de séjour [1].

Au regard des études précédentes, les moniteurs estimant le VE à partir de l'analyse de l'onde pouls devraient avoir leur place dans l'optimisation hémodynamique des patients chirurgicaux. Le principal avantage du Vigileo™ est sa facilité de mise en place car seul un cathéter artériel est nécessaire pour estimer le VE. Il calcule et affiche également en continu la VVE, indice qui mesuré avec le PiCCO™, s'est révélé être un indicateur dynamique de réserve de la précharge chez les patients soumis à une ventilation en pression positive [5].

Le calcul de la VVE est effectué à partir de l'équation suivante : $(VE_{\text{maximum}} - VE_{\text{minimum}}) / VE_{\text{moyen}}$,

les variations du VE étant suivies en pourcentage sur une période de 20 secondes.

Pour autant, la mesure continue de l'indice VVE par le moniteur Vigileo™ doit être validée par rapport à l'indice de précharge dépendance de référence qu'est la variabilité respiratoire de la pression pulsée (Δ PP). En effet, Δ PP supérieur à 13% [6], de même que les variations de pression artérielle systolique supérieures à 10 mmHg [7],

ont été démontrés comme des indices de dépendance de la précharge au cours du choc septique et pour des chirurgies où il existe des variations brutales de la volémie (chirurgie hépatique) [8] et de la compliance artérielle (chirurgie vasculaire abdominale) [9]. Un travail préliminaire mené chez 11 patients à haut risque chirurgical laisse à penser que la VVE du Vigileo™ donne des informations comparables à celles du Δ PP intermittent. Chez ces patients, 56 épreuves de remplissage ont été réalisées dont 32 étaient associées à une augmentation d'au moins 10% du VE systolique mesuré par Doppler œsophagien. Il était observé une relation étroite entre VVE du Vigileo™ et Δ PP ($r=0,77$) alors que le calcul de l'aire sous la courbe Receiver Operating Characteristics (AUC) révélait cet indice comme un indicateur de la réponse au remplissage avec une AUC à 0,85 (seuil à 10%) comparé au Δ PP intermittent (AUC=0,93, seuil à 13%, données personnelles non publiées). Si la VVE du Vigileo™ s'avérait être un indicateur fiable de réserve de la précharge, sa mesure continue faciliterait l'optimisation de la volémie au bloc opératoire.

Le Vigileo™ offre aussi la possibilité d'évaluer l'adéquation entre les besoins et les apports tissulaires en oxygène (O₂) par le monitoring de ScvO₂ rendu possible par l'adjonction d'une fibre optique au cathéter veineux central (Edwards Life Science, Irvine, Californie). Les cathéters veineux centraux ont l'avantage d'être plus régulièrement utilisés que les cathéters artériels pulmonaires, plus faciles à mettre en place, sont moins iatrogènes et moins coûteux. Une diminution de la ScvO₂ au-dessous de 70 à 65% indique une chute du transport en O₂ et/ou une augmentation de la demande en O₂. Cela doit entraîner la mesure de l'hémoglobine, de la saturation artérielle en O₂, du DC, la recherche de causes potentielles d'augmentation de la demande en O₂ et finalement la mise en route d'un traitement approprié. L'application de ces dernières mesures a récemment prouvé sa supériorité par rapport aux paramètres cliniques usuels (pression artérielle, diurèse) et son bénéfice sur la mortalité a été démontré. Cela a été réalisé pour la prise en charge initiale du sepsis sévère aux urgences [4]. Dans cette étude, la ScvO₂ devait être maintenue au-dessus de 70% dans le groupe optimisé. La mortalité hospitalière a été réduite de 16% dans ce même groupe. Les différences en termes de thérapeutiques induites par la mesure continue de la ScvO₂ ont surtout consisté en un remplissage vasculaire plus rapide, la transfusion d'un plus grand nombre de concentrés érythrocytaires et l'administration plus fréquente de dobutamine (5 à 20 μ g/kg par minute, 13% des patients). Plus récemment, la ScvO₂ a été évaluée en chirurgie abdominale lourde où comme l'IC et le score de Possum, elle s'est avérée être un facteur prédictif de survenue de complications postopératoires [10]. Dans ce travail, le seuil associé à l'augmentation de morbidité était de 64%.

Au total, avec le monitoring continu concomitant du VE, du VVE et de la ScvO₂, le Vigileo™ semble faciliter l'interprétation des modifications du VE et de la ScvO₂. Ce monitoring devrait donc trouver sa place au bloc opératoire où le pronostic du patient est dépendant du niveau de remplissage vasculaire adapté au mieux sur le VE et/ou sur des indices de dépendance de la précharge [11]. Chez les patients en situation hémodynamique précaire traités par agents vasoactifs qui modifient la compliance vasculaire et

exposé au risque d'hypoperfusion tissulaire, la satisfaction des besoins en O₂ doit être l'objectif de la prise en charge hémodynamique [4]. Dans ce cadre, la mesure en continu d'un paramètre d'oxygénation globale comme la ScvO₂ positionne avantageusement le Vigileo™ dans la prise en charge de ces patients. La surveillance de la ScvO₂ doit permettre d'apprécier au mieux les effets respectifs du remplissage et des agents vasoactifs dont le retentissement sur les variations de compliance vasculaire limitent l'interprétation des indicateurs dynamiques de précharge [12].

Théoriquement, le Vigileo™, en proposant la mesure du DC, d'indice prédictif de la réponse au remplissage et potentiellement d'un paramètre d'oxygénation tissulaire, possède des atouts importants pour être proposé dans les protocoles d'optimisation hémodynamique. Pour autant, la méthode et la validité des calculs doivent être évaluées afin de discerner les limites potentielles de ce moniteur.

Mesure du débit cardiaque par analyse de l'onde de pouls

Avec la méthode d'analyse de l'onde de pouls, la courbe de pression artérielle prédit le débit instantané en utilisant la formule $DC = FC \text{ (fréquence cardiaque)} \times VE$. Or, comme la courbe de pression utilisée n'est pas celle de l'aorte elle-même, mais celle d'une artère périphérique (fémorale ou radiale), les systèmes de mesure ont intégré des éléments de résistance, de compliance et d'impédance pour que le modèle artériel rende compte le plus fidèlement possible de la courbe de pression aortique [13]. Les valeurs attribuées aux paramètres du modèle sont estimées en fonction des caractéristiques du sujet et à partir de la forme de l'onde de pression. Ces valeurs sont ensuite corrigées et affinées automatiquement après ou non une calibration par dilution d'indicateur.

Le Vigileo™ se différencie du PiCCO™ et du LiDCO™ par une calibration interne. Le calcul du VE dépend de la pulsatilité (détermination de la déviation standard de la pression pulsée artérielle sur une période de 20 secondes) et d'une variable qui tient compte des caractéristiques de la pression sanguine. Dérivée d'un modèle de régression multivariée, cette variable intègre la compliance aortique selon le modèle de Langewouters et al. [14], la pression artérielle moyenne, la variance, le degré de symétrie (*skewness*) et d'écrasement (*kurtosis*) de la courbe de pression artérielle et la surface corporelle [15–17]. La calibration automatique du Vigileo™ a lieu désormais toutes les minutes (toutes les dix minutes avec l'ancien logiciel).

Validation de la mesure du DC par le Vigileo™

Les valeurs du DC obtenues par le Vigileo™ ont été comparées à celles mesurées par thermodilution avec un cathéter artériel pulmonaire à DC continu chez des patients de chirurgie cardiaque [18]. Dans ce travail, le DC variait de 2,8 à 9,6 L par minute avec une valeur moyenne à 6 L par minute. Une analyse par la technique de Bland et Altman (détermination de la précision et du biais de la mesure) retrouvait entre les deux techniques un biais à 0,55 L par minute avec

une limite d'agrément à 1,96 L par minute. Plus récemment, une étude multicentrique a été menée chez des patients de réanimation pour comparer une mesure intermittente par thermodilution du DC à une mesure continue obtenue par thermodilution ou par le capteur FloTrach™ du Vigileo™ [19]. Dans cette population où le DC était compris entre 2,2 et 11,4 L par minute, le biais et les limites d'agrément étaient similaires entre la mesure intermittente du DC comparée à la mesure continue par le FloTrach™ (biais moyen de 0,2 L par minute ; limites d'agrément à 2,6 L par minute) ou à celle du cathéter artériel pulmonaire à DC continu (biais moyen de 0,8 L par minute ; limites d'agrément à 2,3 L par minute). D'autres ont observé des résultats moins favorables. Sander et al. [20] ont mesuré un biais à 0,6 L par minute avec une limite d'agrément à 2,8 L par minute entre le Vigileo™ et la mesure intermittente par thermodilution chez 30 patients de chirurgie cardiaque. Plus récemment, dans un contexte chirurgical identique, un biais moyen à 0,46 avec une limite d'agrément à 1,15 L par minute par mètre carré a été retrouvé chez 40 patients [21]. Dans ce travail, les auteurs soulignaient que le pourcentage d'erreur entre le Vigileo™ et la thermodilution intermittente pouvait atteindre 56 % pour les patients dont l'index cardiaque était inférieure à 2 L par minute par mètre carré. D'après Button et al. [15], ce défaut de précision pourrait être expliqué en partie par l'utilisation de l'ancien logiciel du Vigileo™ dont la calibration interne était réalisée toutes les dix minutes. Avec une fenêtre d'ajustement de la situation vasculaire à une minute, le Vigileo™ semble désormais offrir une mesure plus précise du DC avec un biais moyen et une limite d'agrément respectivement de 0,25 et de 2,3 L par minute lorsque comparé chez des patients de chirurgie cardiaque à la thermodilution intermittente [15].

Pour autant, la validité de la mesure du DC par le Vigileo™ en situation d'instabilité hémodynamique reste à démontrer. Chez des patients en choc septique, la valeur du DC par le Vigileo™ était sous-estimée et faiblement corrélée avec les valeurs du DC mesurées par thermodilution ($r^2 = 0,26$) [22]. Après chirurgie cardiaque, le Vigileo™ a été comparé au PiCCO™ chez des patients pour lesquels des variations du DC étaient induites par des changements de position (proclive ou déclive à 30°) [23]. Dans ces situations de variations hémodynamiques rapides, la mesure du DC par le Vigileo™ tendait à sur- ou à sous-estimer le DC lorsque comparé au PiCCO™. L'interprétation de ces données est cependant mise en question car ces deux études ont utilisé la première version du Vigileo™ dont le délai d'ajustement de la situation vasculaire était de dix minutes. Dès lors, en situation d'instabilité hémodynamique, les variations rapides de la compliance et des résistances artérielles avant la période de mesure ont pu influencer les mesures observées. Même si, la technique d'analyse de l'onde de pouls s'est révélée assez fiable chez des patients en état de choc [24], des données supplémentaires sont nécessaires pour vérifier l'agrément du Vigileo™ lors des situations d'instabilité hémodynamique.

Limites du Vigileo™

Quel que soit l'appareil utilisé, le calcul du DC par la technique d'analyse de l'onde de pouls peut être mis à défaut :

- si la courbe de pression artérielle n'est pas parfaitement régulière (artefacts, extrasystoles ventriculaires) ;
- par une arythmie ;
- par une insuffisance aortique.

Un facteur important qui rend compte de la fiabilité de la prédiction du DC est la calibration initiale [25]. En fournissant une valeur de référence pour la résistance périphérique (rapport entre pression artérielle moyenne et débit cardiaque moyen), cette calibration permet au système de calculer plus précisément la compliance et l'impédance et, ainsi, d'obtenir une estimation plus fiable du DC [13]. Le Vigileo™ à la différence des autres appareils (PiCCO™ et du LiDCO™) utilise une calibration interne à partir d'abaques de telle sorte que la compliance et les résistances vasculaires systémiques sont évaluées statistiquement [16]. Cela soulève la question de la fiabilité de la mesure du DC lors des variations brutales des compliances et des résistances induites par certaines pathologies comme le sepsis ou par l'usage d'agents vasoactifs.

Conclusion

Le Vigileo™ est une technique prometteuse pour le monitoring hémodynamique : son caractère peu invasif et l'absence de calibration le rendent aisément accessible dans les services d'urgence et au bloc opératoire. Son algorithme de calcul lui permet de prédire le DC aussi précisément qu'une technique de thermodilution transpulmonaire. Il offre également la possibilité de mesurer en continu des paramètres comme le VVE et la ScVO₂ qui sont particulièrement utiles pour la prise en charge des patients chirurgicaux ou de réanimation. Des travaux sont désormais nécessaires pour valider le Vigileo™ dans des situations d'instabilité d'hémodynamique et pour apprécier son intérêt dans des protocoles peropératoires d'optimisation hémodynamique.

Références

- [1] Sinclair S, James S, Singer M. Intraoperative intravascular volume optimisation and length of hospital stay after repair of proximal femoral fracture: randomised controlled trial. *Br Med J* 1997;315:909–12.
- [2] Gan TJ, Soppitt A, Maroof M, et al. Goal-directed intraoperative fluid administration reduces length of hospital stay after major surgery. *Anesthesiology* 2002;97:820–6.
- [3] Conway DH, Mayall R, Abdul-Latif MS, et al. Randomised controlled trial investigating the influence of intravenous fluid titration using oesophageal Doppler monitoring during bowel surgery. *Anaesthesia* 2002;57:845–9.
- [4] Rivers E, Nguyen B, Havstad S, et al. Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock. *N Engl J Med* 2001;345:1368–77.
- [5] Berkenstadt H, Margalit N, Hadani M, et al. Stroke volume variation as a predictor of fluid responsiveness in patients undergoing brain surgery. *Anesth Analg* 2001;92:984–9.
- [6] Michard F, Boussat S, Chemla D, et al. Relation between respiratory changes in arterial pulse pressure and fluid responsiveness in septic patients with acute circulatory failure. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;162:134–8.
- [7] Tavernier B, Makhotine O, Lebuffe G, et al. Systolic pressure variation as a guide to fluid therapy in patients with sepsis-induced hypotension. *Anesthesiology* 1998;89:1313–21.
- [8] Solus-Bigunet H, Fleyfel M, Tavernier B, et al. Non-invasive prediction of fluid responsiveness during major hepatic surgery. *Br J Anaesth* 2006;97:808–16.
- [9] Boulo M, Fleyfel M, Robin E, et al. Relationship between preload dependency and tissue perfusion during aortic surgery. *Intensive Care Med* 2004;30:A347.
- [10] Pearse R, Dawson D, Fawcett J, et al. Changes in central venous saturation after major surgery, and association with outcome. *Crit Care* 2005;9:R694–9.
- [11] Grocott MP, Mythen MG, Gan TJ. Perioperative fluid management and clinical outcomes in adults. *Anesth Analg* 2005;100:1093–106.
- [12] Nouira S, Elatrous S, Dimassi S, et al. Effects of norepinephrine on static and dynamic preload indicators in experimental hemorrhagic shock. *Crit Care Med* 2005;33:2339–43.
- [13] Choley B, Biard M, Figuet S, et al. Nouvelles techniques de mesure du débit cardiaque. In: Martin C, Riou B, Vallet B, editors. *Physiologie humaine appliquée*. Paris: Arnette; 2006.
- [14] Langewouters GJ, Wesseling KH, Goedhard WJ. The pressure dependent dynamic elasticity of 35 thoracic and 16 abdominal human aortas in vitro described by a five component model. *J Biomech* 1985;18:613–20.
- [15] Button D, Weibel L, Reuthebuch O, et al. Clinical evaluation of the FloTrach/Vigileo™ system and two established continuous cardiac output monitoring devices in patients undergoing cardiac surgery. *Br J Anaesth* 2007;99:329–36.
- [16] Manecke GR. Edwards FloTrac sensor and Vigileo monitor: easy, accurate, reliable cardiac output assessment using the arterial pulse wave. *Expert Rev Med Devices* 2005;2:523–7.
- [17] Heerman JR, Segers P, Roosens CD, et al. Echocardiographic assessment of aortic elastic properties with automated border detection in an ICU: in vivo application of the arc-tangent Langewouters model. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2005;288:H2504–11.
- [18] Manecke GR, Auger WR. Cardiac output determination from the arterial pressure wave: Clinical testing of a novel algorithm that does not require calibration. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2007;21:3–7.
- [19] McGee WT, Horswell JL, Calderon J. Validation of a continuous cardiac output measurement using arterial pressure waveforms. *Crit Care* 2005;9:24–5.
- [20] Sander M, Spies CD, Grubitzsch H, et al. Comparison of uncalibrated arterial waveform analysis in cardiac surgery patients with thermodilution cardiac output measurements. *Crit Care* 2006;10:R164.
- [21] Mayer J, Boldt J, Schöllhorn T, et al. Semi-invasive monitoring of cardiac output by a new device using arterial pressure waveform analysis: a comparison with intermittent pulmonary artery thermodilution in patients undergoing cardiac surgery. *Br J Anaesth* 2007;98:176–82.
- [22] Sakka SG, Kozieras J, Thuemer J, van Hout N. Measurement of cardiac output: a comparison between transpulmonary thermodilution and uncalibrated pulse contour analysis. *Br J Anaesth* 2007;99:337–42.
- [23] Button D, Fodor P, Alpiger R, et al. Cardiac output measurement by two different pulse contour analysis devices after cardiac surgery. *Intensive Care Med* 2006;32A:332.
- [24] Jellema WT, Wesseling KH, Groeneveld AB, et al. Continuous cardiac output in septic shock by simulating a model of the aortic input impedance: a comparison with bolus injection thermodilution. *Anesthesiology* 1999;90:1317–28.
- [25] Linton RA, Band DM, Haire KM. A new method of measuring cardiac output in man using lithium dilution. *Br J Anaesth* 1993;71:262–6.