

MESURE NON-INVASIVE DE LA PRESSION ARTÉRIELLE

Karim Lakhal

Réanimation chirurgicale polyvalente, service d'anesthésie-réanimation, hôpital Laënnec, CHU Nantes, 44093 Nantes, France.
E-mail : lakhal_karim@yahoo.fr

INTRODUCTION

La pression artérielle (PA) fait partie des quelques variables physiologiques recueillies plusieurs fois par jour chez une immense majorité des patients hospitalisés. Sa mesure est le plus souvent non-invasive, notamment lors de la phase pré-hospitalière, au bloc opératoire mais également dans les services de soins intensifs [1-3]. Néanmoins, les principes de la mesure non-invasive de la PA et leurs implications cliniques sont parfois méconnus. Cela justifie de les ré-exposer ici, de même que les avancées récentes et particulièrement novatrices, notamment en matière de mesure non-invasive continue.

La mesure auscultatoire de la PA ne sera pas traitée ici, car de plus en plus rarement usitée dans les hôpitaux modernes.

1. MESURE INTERMITTENTE DE LA PA

1.1. COMMENT ÇA MARCHE ?

La mesure automatique intermittente repose sur le recueil de l'amplitude des oscillations induites par l'onde de pouls et transmises à un brassard, d'où le nom de cette technique : l'oscillométrie. Le brassard se gonfle au-delà de la PA systolique (collabant l'artère humérale) et se dégonfle progressivement. En deçà de la PA systolique, le flux sanguin dans l'artère qui se rouvre génère des oscillations de la paroi artérielle qui sont détectées par l'oscillomètre. Une pression de brassard minimise la tension pariétale artérielle et permet donc des oscillations maximales de la paroi artérielle : il s'agit de la PA moyenne. Ainsi, la PA moyenne est directement *mesurée*. Ce n'est pas le cas des PA systolique et diastolique qui ne sont pas mesurées mais uniquement *extrapolées*, via des algorithmes souvent propres à chaque fabricant.

1.2. LE « BRASSARD AUTOMATIQUE » AFFICHE-T-IL DES MESURES FIABLES ?

Bien qu'elle soit massivement utilisée, la mesure intermittente oscillométrique a souvent la réputation de manquer de précision. Peut-être que cette réputation est liée à la performance insuffisante des oscillomètres plus anciens [4]. En effet, les dispositifs oscillométriques ont vu leur précision s'améliorer au fil d'améliorations technologiques [5]. Cela a même permis à des dispositifs plus récents, mais équipant déjà largement les moniteurs au bloc opératoire ou en services de soins intensifs, de valider les critères ISO, pourtant plutôt stricts [6, 7]. En d'autres termes, l'erreur de la mesure oscillométrique était acceptable. La mesure de référence était invasive, via le cathéter artériel.

Il faut néanmoins insister sur plusieurs points :

- L'algorithme des dispositifs oscillométriques est propre à chaque fabricant, la plupart du temps tenu secret. Il n'est donc pas surprenant que la performance de ces dispositifs varie considérablement d'un fabricant à l'autre, voire d'un modèle à l'autre [5, 8].
- Les critères ISO étaient validés pour la mesure de la PA moyenne et éventuellement diastolique mais pas pour la PA systolique. Pour rappel, la PA moyenne est directement mesurée ce qui n'est pas le cas de la PA systolique ou diastolique. Dans la mesure où la PA moyenne est la pression de perfusion de la plupart des organes, prendre des décisions à partir de la PA moyenne et se fixer des cibles de PA moyenne - plutôt que systolique ou diastolique - n'a rien d'illogique. Cela va d'ailleurs dans le sens des recommandations [9, 10].
- Les récentes études rapportant que le brassard oscillométrique permet des mesures précises ont eu lieu en réanimation, incluant de nombreux patients hypotendus et/ou recevant des vasopresseurs [6, 7], situations où la mesure non-invasive a pourtant la réputation d'être fréquemment prise en défaut.
- Lors de l'analyse de la littérature sur le sujet, il faut garder à l'esprit que les études évaluant un nombre impressionnant de mesures sont souvent des études rétrospectives, sur bases de données [11, 12]. Ainsi, bien que d'aucuns pourraient considérer qu'il s'agit d'études « pragmatiques », « reflétant la vraie vie », il faut souligner que le choix du brassard et son placement n'étaient pas forcément adéquats, la bonne position du transducteur de pression invasive (servant de mesure de référence) n'était pas garantie, etc... Ainsi, les études rapportant une précision satisfaisante de la mesure oscillométrique étaient essentiellement des études prospectives, dessinées spécifiquement pour évaluer la précision des mesures au brassard oscillométrique en s'efforçant de respecter ces prérequis indispensables [6, 7].

1.3. EN CAS DE PRÉCISION INCERTAINE, IL FAUT POSER DES QUESTIONS SIMPLES AU BRASSARD AUTOMATIQUE !

Si l'on n'est pas certain de la valeur affichée par l'oscillomètre, il convient de *répéter la mesure* et de *prendre en compte la moyenne de mesures consécutives* (3, par exemple).

Au bloc opératoire et/ou chez le patient en état critique lors des soins des toutes premières heures, les principales questions que se pose le médecin

sont « mon patient est-il hypotendu ? », « est-il hypertendu ? », « a-t-il répondu aux mesures thérapeutiques initiées? ». Plusieurs études, dans des services de réanimation différents, utilisant des oscillomètres différents, ont rapporté une performance remarquable du brassard automatique pour répondre à ces questions.

1.3.1. « MON PATIENT EST-IL HYPOTENDU ? »

La bonne performance pour diagnostiquer l'hypotension artérielle était reflétée par une aire sous la courbe ROC de 0,89-0,98 pour détecter une PA moyenne < 65 mmHg [6-8, 13]. Il convient de noter que le seuil de mesure non-invasive pour détecter une PA moyenne invasive < 65 mmHg variait selon les dispositifs et n'était pas forcément 65 mmHg. Ainsi, retenir un seuil de 70 mmHg semble raisonnable pour limiter le nombre d'épisodes d'hypotension artérielle non détectés. En d'autres termes, si l'oscillomètre affiche une PA moyenne de 70 mmHg ou plus, le médecin peut considérer que le patient n'est très probablement pas hypotendu [13, 14].

1.3.2. « MON PATIENT EST-IL HYPERTENDU ? »

La détection de l'hypertension artérielle est nécessaire au bloc opératoire et/ou lors de la prise en charge du patient en état critique. Une hypertension artérielle peut être liée à la pathologie en cause dans la prise en charge par l'anesthésiste-réanimateur, refléter une anesthésie ou une analgésie insuffisante ou encore être induite par l'administration de vasopresseur. Outre sa valeur d'alerte, une hypertension artérielle peut aussi être délétère (majoration d'une hémorragie, souffrance myocardique...). Le brassard oscillométrique permet l'identification fiable d'une PA systolique > 140 mmHg (aire sous la courbe ROC de 0,88-0,94) [8, 15].

1.3.3. « MON PATIENT A-T-IL AUGMENTÉ SA PA SOUS L'EFFET DU TRAITEMENT ? »

Au décours de la modification de posologie d'un vasopresseur ou d'une épreuve de remplissage vasculaire, il est important d'évaluer la réponse à ce traitement en termes d'augmentation de PA. Le brassard oscillométrique permet une remarquable détection des répondeurs (définis par une augmentation d'au moins 10 % de la PA moyenne) : aire sous la courbe ROC de 0,89-0,98 [6-8, 13]. De plus, en se servant de l'augmentation de PA comme reflet de l'augmentation de débit cardiaque, le brassard oscillométrique ne faisait pas moins bien que le cathéter artériel [16].

1.4. SITUATIONS CLINIQUES PARTICULIÈRES

1.4.1. VASOPRESSEURS

Contrairement à ce que l'on pense souvent, l'utilisation de vasopresseur ne semble pas fausser la mesure au brassard oscillométrique [7, 11, 13] et n'empêche pas la validation des critères ISO [17].

1.4.2. HYPOTENSION ARTÉRIELLE

La mesure ne semble pas moins fiable à des bas niveaux de PA [6, 7, 11, 13]. Bien sûr, l'hypotension extrême peut contribuer à ce que l'oscillomètre soit

incapable d'afficher la moindre valeur de PA, ce qui, en soi, a une valeur d'alerte et va souvent de pair avec d'autres signes d'hypoperfusion tissulaire.

1.4.3. OBÉSITÉ

En prenant soin de bien sélectionner le brassard, la détection de l'hypertension artérielle est fiable chez le patient obèse [18]. Néanmoins, une précision médiocre de mesure de la PA a été rapportée chez le patient obèse en réanimation [19-21].

1.4.4. FIBRILLATION ATRIALE

En raison du caractère souvent anarchique de l'onde de pouls et donc des oscillations détectées par l'oscillomètre, la fibrillation atriale a souvent été considérée comme faussant les mesures au brassard oscillométrique [22]. Des études récentes, avec des oscillomètres datant de 10 ans ou moins, ont rapporté que la fiabilité des mesures n'était pas moindre en cas d'arythmie qu'en cas de rythme régulier [6], du moins à condition de faire la moyenne de 3 mesures consécutives [6, 23, 24].

Le brassard ne peut pas être placé, comme son nom l'indique, au bras : Dans ce cas, la pratique commune est de placer le brassard autour du mollet/de la cheville voire autour de la cuisse [1]. Ce n'est que récemment que cette pratique a été évaluée. Probablement pour des raisons anatomiques, les mesures au membre inférieur étaient moins fiables que les mesures au bras [7]. Néanmoins, la détection de l'hypotension artérielle et de la réponse au traitement étaient fiables (aire sous la courbe ROC de 0,93 et 0,96, respectivement) [7].

Il est important de souligner que ces situations altérant potentiellement la fiabilité de la mesure oscillométrique peuvent être réunies chez un même patient. Ici aussi, prudence et jugement clinique devront être de mise.

1.5. GONFLER FRÉQUEMMENT LE BRASSARD OU PAS ?

Espacer les mesures intermittentes au brassard expose au retard de diagnostic d'une hypotension ou d'une hypertension artérielle. Moyenner plusieurs (3 par exemple) mesures consécutives peut permettre d'améliorer la précision de la mesure. Néanmoins, multiplier les mesures rapprochées expose à un inconfort (surtout si le patient est éveillé) mais aussi à des lésions cutanées, vasculaires et nerveuses [25-27]. Un monitoring continu mais non-invasif serait la solution idéale...

2. MONITORAGE NON-INVASIF CONTINU DE LA PA

Le chaînon manquant entre le monitoring non invasif mais intermittent et le monitoring continu mais invasif pourrait être un dispositif de monitoring non-invasif continu de la PA. En pratique, le patient est équipé d'un brassard de doigt dans le cas du dispositif CNAP™ (CNSystems, Graz, Autriche) et du dispositif Nexfin™ récemment renommé ClearSight™ (Edwards Lifesciences Corporation, Irvine, Californie). Dans le cas du dispositif T-line™ (Tensys Medical, San Diego, Californie), un bracelet est mis en place en regard de l'artère radiale.

2.1. COMMENT ÇA MARCHE ?

2.1.1. BRASSARD DE DOIGT

La technique du *volume clamp* repose sur un brassard de doigt hébergeant un photopléthysmographe. Ce dernier permet de s'assurer que le volume sanguin dans le doigt reste constant. Pour ce faire, le brassard de doigt se gonfle et se dégonfle à chaque afflux pulsatile de sang. Ainsi, la contre-pression exercée par le brassard de doigt correspond à la PA dans le doigt. La PA dans les plus grosses artères en est déduite, via un algorithme, reposant (dispositif CNAP™) ou pas (dispositif Nexfin/ClearSight™) sur une calibration via un brassard au bras.

2.1.2. BRACELET TONOMÈTRE

La tonométrie artérielle d'aplanation consiste en l'application d'un capteur sur la peau en regard de l'artère radiale. A l'instar d'un anesthésiste-réanimateur qui, en palpant le pouls radial, essaierait d'estimer la PA, le dispositif T-line™ comprime légèrement l'artère radiale par un capteur hébergé dans un bracelet. Le dispositif reconstruit un signal de PA à partir de la mesure de tension pariétale artérielle en essayant de tenir compte de la perte de signal liée à l'épaisseur du tissu cutané et sous-cutané. Aucune calibration par mesure au brassard de bras n'est nécessaire [14].

2.2. LA MESURE NON-INVASIVE CONTINUE EST-ELLE PRÉCISE ?

La précision rapportée est variable d'une étude à l'autre et il est difficile de tirer des conclusions définitives. Peut-être que les améliorations technologiques régulières dans ce domaine contrediront bientôt de façon formelle les résultats d'une méta-analyse de 2013 qui concluait que ces dispositifs ne validaient pas les critères ISO [28]. Le dispositif T-line™ mériterait d'être évalué dans des effectifs plus conséquents [14].

Quoi qu'il en soit, on peut déjà retenir que quel que soit le dispositif, la mesure de la PA moyenne (et dans une moindre mesure la PA diastolique) est plus précise que la mesure de la PA systolique.

Au-delà de la précision de la valeur affichée, la simple détection d'une hypotension artérielle ou d'une hypertension artérielle n'a été que trop peu étudiée [8].

2.3. DÉTECTION DE L'AUGMENTATION (OU DE LA DIMINUTION) DE LA PA

Détecter les variations de la PA met à l'épreuve les capacités du dispositif à s'adapter aux variations de tonus artériel et à en tenir compte avant d'afficher un chiffre de PA. Cela passe par une recalibration régulière par un brassard de bras (dispositif CNAP™) ou par des recalibrations périodiques en modifiant la pression dans le brassard de doigt (dispositif Nexfin™/ClearSight™). Ainsi, la direction du changement de la PA (augmentation ou diminution) est bien détectée mais l'amplitude du changement de la PA a été moins souvent étudiée [14]. L'amplitude de la variation de PA semble insuffisamment capturée par ces dispositifs quand surviennent des modifications abruptes de la PA, survenant entre 2 calibrations : c'est le cas après l'augmentation de posologie de vaso-

presseur [8], un remplissage vasculaire rapide [8, 29, 30], une épreuve de lever de jambes [8], l'induction anesthésique ou l'intubation trachéale [31, 32].

Ainsi, grâce à des recalibrations rapprochées, ces dispositifs non-invasifs peuvent détecter, de façon précoce, l'augmentation ou la diminution de la PA et servent alors de signal d'alerte. L'amplitude de l'augmentation ou de la diminution peut être mal reflétée par la valeur de PA affichée sur ces dispositifs.

2.4. LIMITES À L'UTILISATION DES DISPOSITIFS DE MESURE CONTINUE ET NON-INVASIVE

La *vasoconstriction* induite par la maladie, l'hypothermie ou par de fortes doses de vasopresseurs peut empêcher le brassard de doigt et son photopléthysmographe de mesurer une PA dans le doigt. *Mouvements* du membre supérieur, *arythmie*, couche épaisse de tissu cutané et sous-cutané (par *œdèmes* et/ou *obésité*) pourraient représenter d'autres sources d'erreur ou d'échec de mesure [14].

2.5. CES DISPOSITIFS DE MESURE CONTINUE DE LA PA NE FONT PAS QUE MESURER LA PA

En effet, à partir du signal de PA, ces dispositifs également :

- Le calcul des *variations respiratoires de la PA* : le ΔPP est affiché en continu avec une précision proche de celle du cathéter artériel [14]. Bien sûr, les limites à l'utilisation du ΔPP invasif (arythmie, efforts respiratoires, volume courant insuffisant) [33] s'appliquent aussi au ΔPP non-invasif.
- La mesure du *débit cardiaque*, dérivée de l'analyse du contour de l'onde de pouls, sans calibration par une autre méthode de détermination du débit cardiaque.

3. ALORS, POSER UN CATHÉTER ARTÉRIEL OU PAS ?

3.1. MESURE NON-INVASIVE PLUTÔT QUE CATHÉTER ARTÉRIEL ?

La réponse à cette question pourrait être : « c'est déjà le cas ! ». En effet, chez l'immense majorité des patients bénéficiant d'une chirurgie non majeure, c'est sur les mesures au brassard automatique que reposent le monitoring de la PA et les décisions qui en découlent. C'est également le cas lors de la prise en charge du patient en état critique, que ce soit lors de la phase pré-hospitalière, aux urgences ou lors des premières heures de séjour en service de soins intensifs [1]. En effet, l'urgence est alors rarement à la mise en place du cathéter mais plutôt à une démarche diagnostique (imagerie) ou thérapeutique (antibiothérapie après prélèvements multiples, transfusion de produits sanguins, chirurgie et la logistique que cela impose...). Puisque le brassard automatique permet une mesure fiable de la PA ou, du moins, la détection de l'hypotension, de l'hypertension artérielle et de la réponse au traitement, l'anesthésiste-réanimateur peut différer la mise en place d'un cathéter artériel, qui sera posé dans des conditions optimales d'asepsie et de facilité de mise en place, si l'état du patient le requiert [14]. Le bénéfice d'une telle stratégie mériterait d'être spécifiquement étudié.

Certains auteurs vont même plus loin, en comparant le cathéter artériel au cathéter artériel pulmonaire : ils insistent sur le fait que la littérature n'est pas en faveur d'un intérêt du cathéter artériel alors que ses complications (infectieuses et thrombotiques, notamment) sont bien connues [3, 34, 35]. De plus, le cathéter artériel facilite le prélèvement de sang artériel mais expose ainsi à un excès d'analyses sanguines [36].

3.2. BRASSARD AUTOMATIQUE OU MONITORAGE NON-INVASIF CONTINU ?

La réponse à cette question ne peut être définitive. En effet, nous ne disposons pas d'études ayant évalué l'impact de la mesure non invasive continue sur les décisions thérapeutiques et le devenir du patient, en comparaison avec la mesure non-invasive intermittente. Quant aux études évaluant la précision de la mesure non-invasive continue en comparaison à la mesure non-invasive intermittente, en référence à la mesure invasive, elles ne sont qu'au nombre de deux. Il ne semble pas que le dispositif CNAP™ [8] et que le dispositif Nexfin™/ClearSight™ [37] soient moins précis que le brassard automatique.

CONCLUSION

Au total, les dispositifs modernes de mesure non-invasive et continue de la PA s'avèrent prometteurs et il faut espérer que les futures améliorations technologiques permettront très bientôt de ne plus douter de leur précision.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Chatterjee, A., et al., Results of a survey of blood pressure monitoring by intensivists in critically ill patients: a preliminary study. *Critical care medicine*, 2010;38(12):2335-8.
- [2] Gershengorn, H.B., et al., Variation of arterial and central venous catheter use in United States intensive care units. *Anesthesiology*, 2014;120(3):650-64.
- [3] Hsu, D.J., et al., The Association Between Indwelling Arterial Catheters and Mortality in Hemodynamically Stable Patients With Respiratory Failure: A Propensity Score Analysis. *Chest*, 2015;148(6):1470-1476.
- [4] Ehrmann, S., K. Lakhal, and T. Boulain, Non invasive blood pressure measurement: principles and application in the emergency department and intensive care. *Réanimation*, 2009;18:267-273.
- [5] Bur, A., et al., Factors influencing the accuracy of oscillometric blood pressure measurement in critically ill patients. *Crit Care Med*, 2003;31(3):793-9.
- [6] Lakhal, K., et al., Blood pressure monitoring during arrhythmia: agreement between automated brachial cuff and intra-arterial measurements. *Br J Anaesth*, 2015;115(4):540-9.
- [7] Lakhal, K., et al., Noninvasive monitoring of blood pressure in the critically ill: reliability according to the cuff site (arm, thigh, or ankle). *Crit Care Med*, 2012;40(4):207-13.
- [8] Lakhal, K., et al., The CNAP Finger Cuff for Noninvasive Beat-To-Beat Monitoring of Arterial Blood Pressure: An Evaluation in Intensive Care Unit Patients and a Comparison with 2 Intermittent Devices. *Anesth Analg*, 2016;123(5):1126-1135.
- [9] Cecconi, M., et al., Consensus on circulatory shock and hemodynamic monitoring. Task force of the European Society of Intensive Care Medicine. *Intensive Care Med*, 2014;40(12):1795-815.
- [10] Rhodes, A., et al., Surviving Sepsis Campaign: International Guidelines for Management of Sepsis and Septic Shock: 2016. *Intensive Care Med*, 2017;43(3):304-377.
- [11] Lehman, L.W., et al., Methods of Blood Pressure Measurement in the ICU*. *Crit Care Med*, 2013;41(1):34-40.

- [12] Wax, D.B., H.M. Lin, and A.B. Leibowitz, Invasive and concomitant noninvasive intraoperative blood pressure monitoring: observed differences in measurements and associated therapeutic interventions. *Anesthesiology*, 2011;115(5):973-8.
- [13] Lakhali, K., et al., Tracking hypotension and dynamic changes in arterial blood pressure with brachial cuff measurements. *Anesth Analg*, 2009;109(2):494-501.
- [14] Lakhali, K., S. Ehrmann, and T. Boulain, Noninvasive BP Monitoring in the Critically Ill: Time to Abandon the Arterial Catheter? *Chest*, 2018;153(4):1023-1039.
- [15] Lakhali, K., et al., Noninvasive monitors of blood pressure in the critically ill: what are acceptable accuracy and precision? *Eur J Anaesthesiol*, 2015;32(5):367-8.
- [16] Lakhali, K., et al., Fluid challenge: tracking changes in cardiac output with blood pressure monitoring (invasive or non-invasive). *Intensive Care Med*, 2013;39(11):1953-62.
- [17] Riley, L.E., G.J. Chen, and H.E. Latham, Comparison of noninvasive blood pressure monitoring with invasive arterial pressure monitoring in medical ICU patients with septic shock. *Blood Press Monit*, 2017.
- [18] Irving, G., et al., Which cuff should I use? Indirect blood pressure measurement for the diagnosis of hypertension in patients with obesity: a diagnostic accuracy review. *BMJ Open*, 2016;6(11):e012429.
- [19] Palatini, P. and G. Parati, Blood pressure measurement in very obese patients: a challenging problem. *J Hypertens*, 2011;29(3):425-9.
- [20] Anast, N., et al., The impact of blood pressure cuff location on the accuracy of noninvasive blood pressure measurements in obese patients: an observational study. *Can J Anaesth*, 2016;63(3):298-306.
- [21] Araghi, A., J.J. Bander, and J.A. Guzman, Arterial blood pressure monitoring in overweight critically ill patients: invasive or noninvasive? *Crit Care*, 2006;10(2):R64.
- [22] Pickering, T.G., et al., Recommendations for blood pressure measurement in humans and experimental animals: part 1: blood pressure measurement in humans: a statement for professionals from the Subcommittee of Professional and Public Education of the American Heart Association Council on High Blood Pressure Research. *Circulation*, 2005;111(5):697-716.
- [23] Pagonas, N., et al., Impact of atrial fibrillation on the accuracy of oscillometric blood pressure monitoring. *Hypertension*, 2013;62(3):579-84.
- [24] Lakhali, K., et al., Non-invasive blood pressure monitoring with an oscillometric brachial cuff: impact of arrhythmia. *J Clin Monit Comput*, 2017.
- [25] Lin, C.C., et al., Blood pressure cuff compression injury of the radial nerve. *J Clin Anesth*, 2001;13(4):306-8.
- [26] Bause, G.S., A.C. Weintraub, and G.E. Tanner, Skin avulsion during oscillometry. *J Clin Monit*, 1986;2(4):262-3.
- [27] Pedley, C.F., et al., Blood pressure monitor-induced petechiae and ecchymoses. *Am J Hypertens*, 1994;7(11):1031-2.
- [28] Kim, S.H., et al., Accuracy and precision of continuous noninvasive arterial pressure monitoring compared with invasive arterial pressure: a systematic review and meta-analysis. *Anesthesiology*, 2014;120(5):1080-97.
- [29] Schramm, P., et al., Noninvasive Hemodynamic Measurements During Neurosurgical Procedures in Sitting Position. *J Neurosurg Anesthesiol*, 2017. 29(3): p. 251-257.
- [30] Hofhuizen, C., et al., Validation of noninvasive pulse contour cardiac output using finger arterial pressure in cardiac surgery patients requiring fluid therapy. *J Crit Care*, 2014;29(1):161-5.
- [31] Weiss, E., et al., Use of the Nexfin device to detect acute arterial pressure variations during anaesthesia induction. *Br J Anaesth*, 2014;113(1):52-60.
- [32] Gayat, E., et al., CNAP((R)) does not reliably detect minimal or maximal arterial blood pressures during induction of anaesthesia and tracheal intubation. *Acta Anaesthesiol Scand*, 2013;57(4):468-73.
- [33] Lakhali, K. and M. Biass, Pulse pressure respiratory variation to predict fluid responsiveness: From an enthusiastic to a rational view. *Anaesth Crit Care Pain Med*, 2015;34(1):9-10.
- [34] Garland, A., Arterial lines in the ICU: a call for rigorous controlled trials. *Chest*, 2014;146(5):1155-8.
- [35] Gershengorn, H.B., et al., Association between arterial catheter use and hospital mortality in intensive care units. *JAMA Intern Med*, 2014;174(11):1746-54.

[36] Low, L.L., G.R. Harrington, and D.P. Stoltzfus, The effect of arterial lines on blood-drawing practices and costs in intensive care units. *Chest*, 1995;108(1):216-9.

[37] Vos, J.J., et al., Comparison of continuous non-invasive finger arterial pressure monitoring with conventional intermittent automated arm arterial pressure measurement in patients under general anaesthesia. *Br J Anaesth*, 2014;113(1):67-74.

Conflits d'intérêts: aucun avec le sujet abordé.