



Disponible en ligne sur www.sciencedirect.com



journal homepage: <http://france.elsevier.com/direct/REAURG/>



MISE AU POINT

Sécurisation des procédures « circulatoires » (administration des drogues vasoactives, utilisation des cathéters artériels, veineux centraux et artériels pulmonaires)

Safety practice for hemodynamic procedures (administration of vasoactive drugs, vascular and cardiac catheterization)

X. Monnet^{a,*}, J.-Y. Lefrant^b, J.-L. Teboul^a

^a Service de réanimation médicale, hôpital de Bicêtre, Assistance publique–Hôpitaux de Paris, 78, rue du Général-Leclerc, 94270 Le Kremlin-Bicêtre, France

^b Division anesthésia–réanimation–douleur–urgence, secteur réanimations, groupe hospitalo-universitaire Caremeau, CHU de Nîmes, place du Pr-R.-Debré, 30029 Nîmes cedex 9, France

Disponible sur Internet le 2 juillet 2008

MOTS CLÉS

Cathéters veineux centraux ;
Cathéters artériels pulmonaires ;
Cathéters artériels ;
Drogues vasoactives ;
Erreurs humaines ;
Événements indésirables patients

Résumé L'insertion de cathéters artériels, artériels pulmonaires et veineux centraux et l'utilisation de ces derniers pour l'administration continue de drogues vasoactives sont fréquentes chez les patients de réanimation, notamment chez les plus sévères. Lors de ces actes, des erreurs humaines peuvent être à l'origine d'événements indésirables patients de gravité variable. Afin d'éviter toute administration intempestive des drogues vasoactives, la formation du personnel, afin d'identifier les drogues utilisées et leur concentration, est nécessaire. L'utilisation d'un matériel spécifique (pompe à perfusion avec système de relais, tubulures peu compliantes) permet de diminuer la fréquence des bolus, source d'altérations hémodynamiques brutales. Les événements indésirables patients lors de l'utilisation de cathéters artériels et veineux centraux peuvent être prévenus par des procédures de sécurisation lors de leur insertion, utilisation et retrait. À l'insertion, les sites sous-claviers et radiaux sont préférés pour les cathéters veineux centraux et artériels en tenant compte d'éventuelles contre-indications liés au terrain. Le repérage échographique en temps réel pourrait faciliter leur insertion. Leur retrait doit être réalisé dès que ces cathéters ne sont plus indiqués. Pour le cathéter artériel pulmonaire, la mobilisation et le gonflement du ballonnet distal doivent être réalisés selon des procédures particulièrement sécurisées. Leur utilisation au delà de cinq jours n'est pas recommandée.

© 2008 Publié par Elsevier Masson SAS pour la Société de réanimation de langue française.

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : xavier.monnet@bct.aphp.fr (X. Monnet).

KEYWORDS

Arterials catheters;
 Venous catheters;
 Pulmonary arterial catheters;
 Vasoactive drugs;
 Human errors;
 Patient adverse event

Summary Arterial and central venous catheterizations and their use for continuous infusion of vasoactive drugs could lead to serious adverse events that could be life-threatening. The incidence of human errors related patient adverse events could be decreased by the use of algorithms and procedures. Concerning the continuous infusion of vasoactive drugs, the name of drug and its concentration should be clearly notified. The use of modern pump and noncompliant pipe could reduce the frequency of bolus and their related hemodynamic alterations. Reasonable procedure could reduce the arterial and central venous catheters related complications. Subclavian and radial sites should be preferred for central venous and arterial catheter insertion, respectively. The use of real time echographic guidance could facilitate the catheter insertion. These catheters should be removed when they are not indicated. Concerning the pulmonary artery catheter, the balloon tip should be inflated with visual control of the pulmonary artery pressure. Its removal is recommended within the first five days.

© 2008 Publié par Elsevier Masson SAS pour la Société de réanimation de langue française.

Introduction. Procédures de sécurisation concernées par le champ

Les experts ont individualisé quatre procédures de soins comme devant faire l'objet d'une procédure de sécurisation :

- l'administration des drogues vasoactives ;
- la mise en place et l'utilisation des cathéters veineux centraux (CVC) ;
- la mise en place et l'utilisation des cathéters artériels ;
- la mise en place et l'utilisation des cathéters artériels pulmonaires chez un patient présentant une insuffisance circulatoire aiguë.

Ces procédures ont été choisies du fait :

- de la fréquence des événements indésirables qui y sont liés ;
- des possibilités qui existent de voir diminuer l'incidence de ces effets indésirables sous l'effet de procédures de sécurisation.

Par ailleurs, le risque infectieux lié à la mise en place et à l'utilisation des cathéters a été exclu de ce champ.

Sécurisation de l'administration des drogues vasoactives lors de l'insuffisance circulatoire aiguë

Données épidémiologiques sur la prévalence et la sévérité des événements indésirables cibles de la procédure de sécurisation et données de la littérature concernant la sécurisation

L'administration intraveineuse des médicaments est une source fréquente d'erreurs de soins dans les hôpitaux [1], notamment en anesthésie et en soins intensifs [2]. Les sources d'erreurs se situent dans la préparation des substances (erreur d'ampoule, erreur d'étiquetage, interprétation de la prescription, choix de la concentration de la spécialité, dilution, choix du solvant éventuel, asepsie) ou dans leur modalité d'administration (voie d'administration,

débit de perfusion, mélange avec des substances incompatibles) [1]. Les erreurs concernant la dose et la vitesse d'administration sont les plus fréquentes [3], notamment pour les administrations intraveineuses continues [4].

L'impact de ces erreurs est important pour les drogues vasoactives de par leur faible marge thérapeutique et la gravité des patients chez lesquels elles sont administrées. La différence entre le poids théorique et le poids idéal du patient peut être également une source d'erreur de prescription des drogues vasoactives [5]. Les événements indésirables les plus fréquents sont le surdosage (bolus susceptible d'entraîner une tachycardie sinusale, des troubles du rythme cardiaque graves, une dysfonction contractile transitoire du myocarde, un pic hypertensif et une hémorragie intracrânienne) et le sous-dosage (entraînant une hypotension artérielle).

La plupart des recommandations de cette procédure de sécurisation repose sur un avis d'experts, car peu d'études publiées dans la littérature concernent les moyens de prévention des événements indésirables cités plus haut.

Les débits de perfusion faibles (< 1 mL/min), l'utilisation de tubulures de perfusion compliantes et la formation de boucles sur ces tubulures [6] exposent au risque d'irrégularité dans la vitesse d'administration. Le débit de perfusion des amines vasopressives par seringues électriques peut être modifié par les mouvements verticaux de la seringue [7–9], entraînant des modifications importantes de la pression artérielle [8]. Cela souligne le risque d'écoulement des substances en débit libre, la nécessité de prêter attention à ces mouvements et d'utiliser des systèmes de perfusion qui limitent le débit libre.

Les risques liés à l'administration des drogues vasoactives ont été considérablement diminués par les progrès techniques récents. Cependant, peu d'études publiées dans la littérature ont évalué l'effet de l'utilisation de ces systèmes. L'utilisation de pompes d'infusion intraveineuse dotées d'un logiciel permettant le calcul automatique des doses et la protection contre le débit libre et munies d'alarmes d'occlusion sensibles n'a pas permis de montrer une diminution du nombre d'erreurs d'administration [4]. Des seringues électriques munies de système de relais automatique sans alarme permettent d'automatiser 65% des procédures de relais et de diminuer 17% des alarmes déclenchées au lit d'un patient de réanimation [10].

Définition de la procédure de sécurisation

Cette procédure de sécurisation vise à diminuer les événements indésirables liés à des erreurs dans la procédure d'administration des drogues vasoactives utilisées lors de l'insuffisance circulatoire aiguë, c'est-à-dire à diminuer le risque de survenue de sous-dosages et de surdosages transitoires. Les drogues vasoactives concernées par cette procédure de sécurisation sont les substances vasoconstrictrices ou inotropes positives qui sont administrées de façon continue (noradrénaline, dopamine, dobutamine, adrénaline, énoximone, voire lévosimendan et vasopressine).

Cette procédure de sécurisation traite plus particulièrement de la voie d'administration, des dispositifs automatiques de perfusion continue, des modalités du relais des seringues des drogues vasoactives.

Impact potentiel

L'impact de cette procédure de sécurisation est potentiellement élevé du fait de la fréquence de prescription des drogues vasoactives en réanimation et de l'incidence élevée des événements indésirables engendrés par l'administration des drogues vasoactives.

Risques potentiels et effets délétères

Les risques inhérents à la mise en œuvre de cette procédure de sécurisation sont faibles ou nuls (avis d'experts). Il faut seulement insister sur la nécessité de former le personnel soignant à l'utilisation de pompes d'infusion automatiques avant leur mise en service [4].

Coût et complexité de mise en œuvre

La mise en œuvre de cette procédure de sécurisation est simple. Cette procédure pourrait facilement faire l'objet d'une procédure de soins élaborée dans les unités de réanimation. Le coût de la procédure est surtout inhérent aux pompes d'infusion automatiques munies de logiciels permettant le relais automatique des seringues (avis d'experts).

Recommandations des experts :

- le rangement des drogues vasoactives doit tenir compte du risque de confusion entre différentes ampoules. L'étiquetage des seringues doit être suffisamment explicite et clair pour éviter toute confusion ;
- les drogues vasoactives doivent être administrées par voie intraveineuse et de façon continue grâce à une seringue pour perfusion continue ;
- la voie d'administration veineuse centrale doit toujours être privilégiée ;
- la perfusion sur une voie veineuse périphérique est possible pour la dopamine et pour la dobutamine à faible dose ($\leq 5 \mu\text{g}/\text{kg}$ par minute). Dans une situation d'urgence et en attente de l'insertion d'un CVC, l'administration d'une drogue vasoactive peut être débutée sur une voie veineuse périphérique ;
- l'utilisation de pompes d'infusion munies de logiciels permettant le relais automatique des seringues contenant une drogue vasoactive doit être privilégiée ;

- il faut veiller à l'absence de boucles sur les tubulures servant à l'administration intraveineuse des drogues vasoactives ;
- le raccord de la voie de perfusion des amines vasoactives à la voie de perfusion principale doit se faire par l'intermédiaire d'une tubulure de petit calibre et le plus près possible du patient ;
- les systèmes utilisés pour le relais des seringues destinées à l'administration de drogues vasoactives doivent être munis d'une préalarme sonore pour la validation de la procédure automatique du relais ;
- le relais des seringues doit faire l'objet d'une procédure de soins standardisée dans le service de réanimation ;
- la dilution des drogues vasoactives doit faire l'objet d'une procédure de soins standardisée dans le service de réanimation.

Sécurisation de l'utilisation d'un cathéter artériel chez un patient présentant une insuffisance circulatoire aiguë

Données épidémiologiques sur la prévalence et la sévérité des événements indésirables cibles de la procédure de sécurisation et données de la littérature concernant la sécurisation

La canulation artérielle couramment utilisée en réanimation permet le prélèvement sanguin artériel et le monitoring de la pression artérielle. De nombreuses études se sont intéressées aux complications liées au cathétérisme artériel. Soixante-dix-huit de ces études ont été colligées dans une publication récente [11]. L'incidence des complications graves liées à la mise en place ou à l'utilisation d'un cathéter artériel est faible, inférieure à 1% [11]. En dehors des complications infectieuses, qui ne sont pas abordées dans ce champ, les complications liées à la mise en place et à l'utilisation du cathéter artériel sont [11] :

- la thrombose artérielle : 19,7% ;
- l'ischémie permanente : 0,09% ;
- l'hématome au point de ponction : 14,4% ;
- les hémorragies au point de ponction : 0,53% ;
- le pseudoanévrisme : 0,09% ;
- la lésion des structures nerveuses adjacentes ;
- l'hématome rétropéritonéal pour le cathéter artériel fémoral ;
- l'injection accidentelle dans le cathéter artériel ;
- la migration du cathéter artériel.

L'occlusion artérielle par thrombose est la plus fréquente de ces complications, survenant dans près de 20% des cas de cathétérisme radial [11]. Elle est due au cathéter lui-même et à une thrombose survenant à son contact. L'occlusion artérielle est favorisée en cas de cathéter de gros calibre (20G), d'athérosclérose préalable et d'artère de petit diamètre. Elle survient plus fréquemment sur la voie radiale que sur la voie fémorale (20% contre 1,5% [11]). Cette occlusion artérielle a rarement un retentissement clinique [11,12]. Au niveau de l'artère radiale, les conséquences de cette thrombose sont limitées par la circulation collatérale

au travers de l'arcade palmaire. Le test d'Allen, correctement réalisé, permet de détecter la présence de ce réseau de suppléance [13]. L'utilisation de cathéters en téflon permet de réduire la survenue de la thrombose artérielle [14]. Ce type de cathéter est désormais le plus utilisé. La canulation de l'artère humérale est sujette à une incidence plus élevée de thrombose artérielle avec des conséquences ischémiques fréquentes et graves [11]. Cette voie de cathétérisme est donc fortement déconseillée.

Concernant l'échec de cathétérisme, la canulation de l'artère fémorale est plus facile à réaliser que celle de l'artère radiale [15]. Le repérage échographique et Doppler permet un plus grand taux de succès du cathétérisme artériel [16].

Concernant la perméabilité du cathéter, la voie fémorale permettrait une plus grande longévité de la perméabilité du cathéter [17]. Plusieurs études publiées dans la littérature ont comparé la perfusion des lignes artérielles par du sérum salé isotonique et une solution héparinée pour préserver la perméabilité de la ligne artérielle. Si la solution héparinée (2 à 3 U/mL) permet de réduire les risques d'occlusion de la ligne artérielle, elle expose aux risques classiques de l'anticoagulation (hémorragie, thrombopénie à l'héparine) [18]. Les solutions d'héparine ont régulièrement démontré une plus grande aptitude que les solutions salines à prévenir les occlusions de cathéter artériel [17,19–22]. Une étude plus récente est venue contredire ces résultats [23]. Les solutions de citrate (1,4%) sont également efficaces tout en évitant les complications liées à l'héparine [24]. Dans une seule étude portant sur un petit effectif, la papavérine a également été proposée dans ce but [25]. Enfin, le risque d'occlusion de l'artère est augmenté par la durée de canulation [26–28].

Le risque d'hématome au point de ponction est élevé, mais le retentissement en est rarement grave. Il est plus important par voie radiale que par voie fémorale (14% contre 6%) [11]. La formation d'un pseudoanévrisme est plus fréquente sur le site fémoral (0,3%) que sur le site radial (0,13%) même si cette complication est rare. Il expose au risque de rupture et d'infection. En revanche, une étude randomisée portant sur 2119 patients ne montrait pas de différence en terme de complications entre les voies fémorales et radiales [29].

D'autres complications rares ont été rapportées, telles l'embolie gazeuse par manipulation inappropriée du dispositif de rinçage [30] ou la migration de fragments de cathéters [31,32]. Un risque particulier de la canulation de l'artère fémorale est celui de l'hématome rétro-péritonéal [33].

La pression artérielle mesurée dans une artère périphérique est différente de la pression artérielle centrale. La courbe de pression artérielle reflète d'autant mieux la pression artérielle centrale que l'artère où elle est enregistrée est de gros calibre. Ainsi, la pression artérielle mesurée au niveau de l'artère dorsale du pied est très différente de la pression artérielle centrale. À un moindre degré, la courbe de pression artérielle obtenue par voie fémorale reflète mieux la pression artérielle centrale que par voie radiale.

Définition de la procédure de sécurisation

Cette procédure de sécurisation vise à diminuer les événements indésirables liés à la mise en place et l'utilisation

des cathéters artériels en réanimation. Elle vise notamment à faciliter la canulation artérielle, prévenir les complications liées à la pose et réduire les complications liées à l'utilisation. Cette procédure de sécurisation exclut la prévention du risque des infections liées aux cathéters artériels.

Impact potentiel

L'impact de cette procédure de sécurisation est potentiellement élevé du fait de la fréquence de l'utilisation des cathéters artériels en réanimation.

Risques potentiels et effets délétères

Les risques inhérents à la mise en œuvre de cette procédure de sécurisation sont faibles ou nuls (avis d'experts).

Coût et complexité de mise en œuvre

La mise en œuvre de cette procédure de sécurisation est simple. Cette procédure pourrait facilement faire l'objet d'une procédure de soins élaborée dans les unités de réanimation (avis d'experts).

Recommandations des experts :

- le cathéter artériel ne doit pas être posé sur une artère terminale (artère humérale). Les sites d'insertion possible d'un cathéter artériel sont les artères radiale, fémorale et pédieuse ;
- la recherche d'une circulation collatérale palmaire par le test d'Allen est un préalable à la pose d'un cathéter artériel par voie radiale. Ce test peut être remplacé par le signal de pléthysmographie aux niveaux des premiers et derniers doigts de la main concernée ;
- un cathéter artériel ne doit pas être inséré dans des prothèses vasculaires ;
- une fois le cathéter artériel en place, il faut rechercher régulièrement une ischémie du membre d'aval. En cas de signe d'ischémie, le cathéter doit être retiré et la vascularisation d'aval doit être explorée et régulièrement surveillée ;
- il faut privilégier les cathéters de petite longueur (3–5 cm) pour le cathétérisme des artères radiales ;
- il faut utiliser un système de purge du cathéter artériel assurant un débit continu d'au minimum 2 mL par heure incluant la possibilité d'une purge manuelle ;
- il n'y a pas d'argument pour pratiquer une anticoagulation systématique de la ligne artérielle ;
- il faut utiliser du matériel entièrement transparent permettant d'identifier clairement les bulles présentes dans le circuit de cathétérisme artériel ;
- les robinets de la ligne artérielle doivent être clairement identifiés afin d'éviter le risque d'injections accidentelles sur cette ligne ;
- les connexions de la ligne artérielle doivent utiliser un système à vis (de type Luer-Lock) ;
- après l'ablation du cathéter artériel, il faut vérifier qu'il a été retiré dans son ensemble ;

- après l'ablation du cathéter artériel, il faut comprimer le point de ponction pendant quelques minutes jusqu'à l'arrêt de tout saignement ;
- après l'ablation du cathéter artériel, un pansement compressif doit être réalisé et maintenu pendant quelques heures.

Sécurisation de l'utilisation d'un CVC chez un patient présentant une insuffisance circulatoire aiguë

Données épidémiologiques sur prévalence et sévérité des événements indésirables cibles de la procédure de sécurisation et données de la littérature concernant la sécurisation

Un patient sur deux bénéficie d'un cathétérisme veineux central en réanimation, ce taux variant selon le type et les habitudes de l'unité [34]. L'incidence des événements indésirables liés à l'insertion d'un cathéter veineux sous-clavier, jugulaire interne ou fémoral inclut les complications mécaniques et les échecs. Elle varie de 5 à 19% [35].

De nombreuses études ont été publiées décrivant les complications mécaniques liées à l'insertion de CVC. Les complications les plus fréquentes sont [36–41] :

- par voie jugulaire interne :
 - la ponction de l'artère adjacente : 4–15%,
 - les hématomes : 0,1–2,2%,
 - l'hémothorax : 0%,
 - le pneumothorax : 0,1–0,2% ;
- par voie sous-clavière :
 - la ponction de l'artère adjacente : 3,1–8,0%,
 - les hématomes : 1,2–2,1%,
 - l'hémothorax : 0,4–0,6%,
 - le pneumothorax 1,5–3,1% ;
- par voie fémorale :
 - la ponction de l'artère adjacente : 9–15%,
 - les hématomes : 3,8–4,4%.

L'insertion est classiquement réalisée en position de Trendelenburg pour le cathétérisme veineux concernant le territoire cave supérieur [42,43]. Cependant, aucune étude n'a montré les bénéfices directs de cette position sur le taux de complications mécaniques.

Même si la localisation de l'extrémité du cathéter dans une veine autre que celle voulue initialement (veine cave supérieure pour les cathétérisme jugulaire interne et sous-clavier, veine cave inférieure pour le cathétérisme fémoral) n'est pas directement délétère, elle expose au risque de thrombose ultérieure et de mauvaise interprétation de la pression veineuse centrale [44]. Par ailleurs, les cathéters veineux du réseau cave supérieur peuvent provoquer des arythmies s'ils atteignent l'oreillette droite, mais ces arythmies sont transitoires et sans gravité. Enfin, l'utilisation du cathéter est responsable de complications qui, en dehors des complications infectieuses, sont rares (embolie gazeuse, dislocation du cathéter, perforation vasculaires et cardiaques...). Ces complications ont été revues exhaustivement récemment [35].

Plusieurs études ont évalué le risque de complications liées à la pose du cathéter en fonction du site veineux. Dans une méta-analyse portant sur 17 études et comparant 2085 cathéters jugulaires internes et 2428 cathéters sous-claviers, il était montré un taux plus élevé de ponctions artérielles mais moins de malposition du cathéter avec la voie jugulaire interne. Le taux de pneumothorax, d'hématomes ou d'occlusions veineuses était, en revanche, identique pour les deux sites [45]. Le risque de thrombose veineuse est plus important pour la voie fémorale que pour les voies sous-clavières [37]. Les facteurs de risque de complications mécaniques ont été décrits essentiellement pour le cathétérisme sous-clavier. Les facteurs de risque liés au patient sont une anomalie anatomique, un site préalablement cathétérisé, une radiothérapie et/ou un acte chirurgical dans le territoire sous-clavier [40], un âge supérieur à 70 ans [39] et un indice de masse corporelle inférieur à 20 ou supérieur à 30 [40]. Les facteurs de risque indépendants du patient sont une insertion en période de garde [37] et un nombre d'essai de ponction veineuse supérieur à deux [39,40]. Le risque de complications mécaniques liées à la pose d'un CVC est plus élevé si l'opérateur est peu expérimenté [38,40,46]. Un opérateur peut être considéré comme expérimenté lorsqu'il a réalisé plus de 30 à 50 cathétérismes veineux centraux, soit environ un à deux semestres de réanimation [39,40,47]. Enfin, de par l'absence de possibilité de compression et d'hémothorax, il est préférable de s'abstenir de cathétériser le site sous-clavier en cas de troubles graves de l'hémostase [48].

La rotation de la tête lors d'un cathétérisme veineux jugulaire peut augmenter le chevauchement de la veine sur la carotide interne et pourrait exposer à un risque plus important de ponction artérielle [49].

Afin d'éviter le risque de trajet en jugulaire interne pour une insertion en territoire sous-clavier, l'inclinaison de la tête vers le côté de ponction peut en diminuer la fréquence [50]. De même, l'utilisation de guide en J en orientant le « J » vers l'extrémité caudale peut diminuer la fréquence des mauvais positionnements [51].

L'extrémité du cathéter pour une insertion sous-clavière ou jugulaire doit être en position extrapéricardique afin d'éviter l'érosion de la paroi vasculaire et une effraction péricardique. Cette éventualité est fréquente (30 à 50% des cathéters insérés en territoire cave supérieur [52]). Radiologiquement, l'extrémité du cathéter doit se situer au niveau de la carène. L'enregistrement électrocardiographique lors de l'insertion du cathéter peut aider à la bonne position de l'extrémité distale. Le cathétérisme fémoral doit être évité en cas de suspicion de lésion de la veine cave inférieure.

Un CVC peut être recanulé en cas de besoin afin de diminuer les risques de complications mécaniques immédiates. Cependant, le risque infectieux est alors augmenté [53].

Le guidage ultrasonographique peut diminuer la fréquence des échecs et des complications mécaniques pour certains sites de cathétérisme veineux central.

Veine jugulaire interne

Le repérage Doppler. Le repérage Doppler en temps réel diminue les taux d'échec et de complications mécaniques (risque relatif [RR] : 0,32 ; intervalle de confiance 95% [IC^{95%}] [0,18–0,55] et RR : 0,22 ; IC^{95%} [0,10–0,45], respective-

ment) sans augmenter le temps de pose du CVC [20]. Cette réduction du taux d'échec est confirmée par une méta-analyse plus récente (RR : 0,39 ; IC^{95%} [0,17–0,92]) [15] et semble s'appliquer y compris aux opérateurs inexpérimentés [54].

Le repérage de la veine jugulaire interne par échographie bidimensionnelle diminue aussi le taux d'échec d'insertion de CVC [55]. Cette technique semble supérieure au repérage Doppler en temps réel (RR : 0,14 ; IC^{95%} [0,06–0,33]) [15].

Veine sous-clavière

Repérage Doppler. Une étude réalisée chez 821 patients ne montrait aucun bénéfice du guidage ultrasonique, cependant, la ponction de la veine sous-clavière n'était pas contemporaine du repérage et certains opérateurs n'effectuaient qu'un seul cathétérisme durant l'étude [40]. La méta-analyse de Randolph et al. en 1996 n'incluant que des études avec utilisation du doppler en temps réel concluait à une diminution du taux d'échec et de complications par cette technique [20]. En 1998, une étude randomisée sur 286 CVC retrouvait seulement une diminution des trajets aberrants au prix d'une augmentation de temps de pose. Lorsqu'un signal Doppler de bonne qualité modulé par la ventilation était obtenu, le taux de réussite était d'environ 99% [56]. Cependant, la dernière méta-analyse sur le sujet (18 études, 1646 patients) conclut à un taux d'échec plus bas qu'en utilisant la technique de repérage anatomique [15]. Enfin, l'efficacité du repérage Doppler en temps réel de la veine sous-clavière semble très dépendante de l'opérateur [57].

Repérage par échographie bidimensionnelle. La méta-analyse de Hind et al. conclut à une supériorité de l'échographie bidimensionnelle sur la technique classique (RR : 0,14 ; IC^{95%} [0,04–0,57]) [15] en soulignant la limite du petit nombre d'études sur le sujet. Une comparaison indirecte des risques relatifs avec la technique Doppler pour le site sous-clavier suggère la supériorité de l'échographie bidimensionnelle (RR : 0,09 ; IC^{95%} [0,02–0,38]) [58].

Veine fémorale. Le nombre d'études est très limité, les résultats étant plutôt en faveur de l'échographie bidimensionnelle [15].

Définition de la procédure de sécurisation

Cette procédure de sécurisation vise à diminuer les événements indésirables liés à la mise en place et l'utilisation des CVC en réanimation. Elle vise notamment à faciliter la canulation veineuse, prévenir les complications liées à la pose et réduire les complications liées à l'utilisation. Cette procédure de sécurisation exclut la prévention du risque des infections liées aux CVC.

Impact potentiel

L'impact de cette procédure de sécurisation est potentiellement élevé du fait de la fréquence de l'utilisation des cathéters veineux en réanimation.

Risques potentiels et effets délétères

Les risques inhérents à la mise en œuvre de cette procédure de sécurisation sont faibles ou nuls (avis d'experts).

Coût et complexité de mise en œuvre

La mise en œuvre de cette procédure de sécurisation est simple. Cette procédure pourrait facilement faire l'objet d'une procédure de soins élaborée dans les unités de réanimation (avis d'experts). Cette procédure doit prendre en compte tous les risques notamment infectieux (Consensus SRLF, 2002).

Recommandations des experts :

- le cathétérisme veineux central doit être effectué par ou avec l'aide d'un opérateur expérimenté ;
- la mise en place d'un CVC doit se faire dans des conditions d'asepsie chirurgicale ;
- la voie sous-clavière doit être évitée en cas d'anomalie de l'hémostase, en cas d'hypoxémie sévère ($Pa_{O_2}/Fi_{O_2} < 200$) et en cas d'anomalie anatomique ;
- en cas d'anomalie importante de l'hémostase, la voie fémorale doit être préférée ;
- lorsque la deuxième tentative de ponction veineuse a échoué, il est conseillé de changer de site, d'opérateur ou de technique (repérage ultrasonographique) ;
- le repérage ultrasonographique peut améliorer le taux de succès du cathétérisme veineux, surtout pour la voie jugulaire interne, sans augmenter le temps de cathétérisme ;
- il faut utiliser du matériel entièrement transparent permettant d'identifier clairement les bulles présentes dans le circuit de cathétérisme veineux central ;
- les connexions de la ligne veineuse centrale doivent utiliser un système à vis (de type Luer-Lock) ;
- un contrôle de la radiographie du thorax doit être effectué après la pose d'un cathéter veineux sous-clavier afin de rechercher l'absence de pneumothorax et de contrôler la bonne position du cathéter ;
- afin d'éviter toute érosion endovasculaire et effraction intrapéricardique, l'extrémité des cathéters veineux insérés dans le territoire cave supérieur doit être située au niveau de la carène. En cas de mauvaise position, le cathéter doit être retiré de quelques centimètres ;
- après l'ablation du CVC, il faut vérifier qu'il a été retiré dans son ensemble.

Sécurisation de l'utilisation d'un cathéter artériel pulmonaire chez un patient présentant une insuffisance circulatoire aiguë

Données épidémiologiques sur la prévalence et la sévérité des événements indésirables cibles de la procédure de sécurisation et données de la littérature concernant la sécurisation

De nombreuses études, pour la plupart anciennes, ont étudié l'incidence des complications liées à la pose ou à l'utilisation du cathéter artériel pulmonaire en réanimation [59–67] :

- outre les complications liées au cathétérisme veineux ;
- liés à l'introduction de la sonde :
 - les troubles du rythme non soutenus au passage de la sonde à travers la valve tricuspide : 12–66%,
 - le nœud du cathéter : 1 % [64],
 - les troubles du rythme graves : 0,3%,
 - les troubles conductifs auriculoventriculaires : 0,02–0,7%,
 - le bloc de branche droit : 0,05–5% ;
- liés au maintien du cathéter en place :
 - l'infarctus pulmonaire, le plus souvent mineur : 0,06–1,3%,
 - les accidents thromboemboliques : thrombus muraux cardiaques droits assez fréquents [67], mais non associés à des événements cliniques, embolie pulmonaire, thrombose vasculaire, thrombose valvulaire,
 - la rupture artérielle pulmonaire, lié à l'inflation excessive du ballonnet : 0,02%,
 - les lésions endocardiques : thrombus pariétal, hémorragie sous-endocardique : rares, concernant par ordre de fréquence la valve pulmonaire, la valve tricuspide, l'oreillette droite, le ventricule droit, le tronc de l'artère pulmonaire,
 - la perforation du ventricule droit : 0,02%,
 - la rupture du ballonnet avec risque d'embolie gazeuse et d'embolie pulmonaire par les fragments du ballonnet,
 - l'allergie au latex.

Peu d'études ont été publiées concernant des procédures qui visent à réduire l'incidence de ces complications. La malposition du cathéter peut être détectée sur des critères de tracé de pression sans nécessiter de contrôle quotidien de la radiographie de thorax [68] :

- liés à l'interprétation des données fournies par le cathéter :
 - la mesure des pressions,
 - la mesure du débit cardiaque,
 - la mesure de la SvO_2 .

La mesure des pressions invasives est influencée par les pressions intrathoraciques [69] aussi bien en ventilation mécanique (surestimation des pressions) qu'en ventilation spontanée (sous-estimation des pressions). Pour s'affranchir de ce biais, il faut mesurer les pressions en téléexpiratoire.

Même si la pression est mesurée en téléexpiratoire, il est difficile de connaître la pression transmurale (pression intravasculaire – pression externe), meilleur témoin de la pression de distension et de la précharge. Pour la pression artérielle pulmonaire d'occlusion (PAPO), la mesure de la pression au cours d'une brève déconnexion du respirateur : « nadir-PAPO » [70]. Cette mesure est inexacte en cas d'hyperinflation dynamique (comme dans la ventilation du syndrome de détresse respiratoire aiguë [SDRA]). Une estimation de la pression transmurale peut être obtenue en retranchant à la PAPO mesurée en téléexpiratoire la valeur supposée de la pression juxtacardiaque ; (PAPO inspiration – PAPO expiratoire) / (pression plateau – pression expiration positive [PEP]) [71].

Le calcul du débit cardiaque et dérivés (index, index systolique) est obtenue par méthode de thermodilution.

Toute perte du colorant thermique entre le lieu d'injection et la thermistance pulmonaire induira une surestimation du débit (perte d'une partie de la solution d'injection, shunt intracardiaque). La technique de thermodilution continue permet d'éviter le risque lié aux injections incorrectes mais ne permet pas alors de diagnostiquer un shunt intracardiaque induisant une courbe de « recirculation rapide ».

La mesure de SvO_2 subit une dérive variable selon les cathéters utilisés. Sa recalibration par cooxymétrie doit se faire régulièrement à partir d'un échantillon de sang de l'artère pulmonaire.

Définition de la procédure de sécurisation

Cette procédure de sécurisation vise à diminuer les événements indésirables liés à la mise en place et l'utilisation des CVC en réanimation. Elle vise notamment à faciliter la canulation veineuse, prévenir les complications liées à la pose et réduire les complications liées à l'utilisation. Cette procédure de sécurisation exclut la prévention du risque des infections liées aux CVC.

Impact potentiel

L'impact de cette procédure de sécurisation est potentiellement élevé du fait de la fréquence de l'utilisation des cathéters artériels en réanimation.

Risques potentiels et effets délétères

Les risques inhérents à la mise en œuvre de cette procédure de sécurisation sont faibles ou nuls (avis d'experts).

Coût et complexité de mise en œuvre

La mise en œuvre de cette procédure de sécurisation est simple. Cette procédure pourrait facilement faire l'objet d'une procédure de soins élaborée dans les unités de réanimation (avis d'experts).

Recommandations des experts :

- la sécurisation de la procédure de pose d'un CVC s'applique à la pose du désilet préalable à l'insertion du cathéter artériel pulmonaire ;
- l'utilisation du cathéter artériel pulmonaire est contre-indiquée par la présence d'une sonde d'entraînement intracardiaque ;
- une fois que l'extrémité du cathéter a atteint l'oreillette droite, le ballonnet distal du cathéter doit être gonflé afin de faciliter sa progression et d'éviter sa pénétration des parois cardiaques ;
- lors de l'introduction du cathéter dans les cavités cardiaques, une surveillance permanente du rythme doit être effectuée afin de rechercher les troubles du rythme cardiaque ;

- un contrôle de la radiographie de thorax doit être effectué après l'insertion du cathéter artériel pulmonaire afin de vérifier sa position ;
- l'inflation du ballonnet distal du cathéter artériel pulmonaire doit se faire lentement sous contrôle visuel du tracé de la pression artérielle pulmonaire ;
- l'inflation du ballonnet doit être arrêtée dès que le tracé de pression artérielle pulmonaire d'occlusion est obtenu ;
- le ballonnet ne doit pas être gonflé avec du liquide ;
- l'inflation du ballonnet distal du cathéter artériel pulmonaire ne doit pas se faire avec un volume supérieur à 1,5 mL ;
- le dégonflement du ballonnet doit être systématiquement vérifié après que ce dernier a été utilisé ;
- le matériel et les médicaments nécessaires au traitement d'un trouble du rythme et d'un trouble conducteur doivent être disponibles rapidement lors de la pose d'un cathéter artériel pulmonaire ;
- le cathéter artériel pulmonaire doit être maintenu en place le moins longtemps possible. Une durée maximale de trois jours est conseillée ;
- la calibration du zéro de référence doit se faire au niveau de l'oreillette droite et sa recalibration doit s'effectuer régulièrement et en cas de doute des mesures de pression affichées ;
- la mesure de SvO₂ nécessite une calibration régulière par cooxymétrie ;
- à l'ablation du cathéter, il faut vérifier son intégrité ;
- le contrôle radiographique quotidien de la position de la sonde n'est pas nécessaire. En cas de toute anomalie d'obtention du tracé, la radiographie de thorax de contrôle s'impose.

Références

- [1] Taxis K, Barber N. Ethnographic study of incidence and severity of intravenous drug errors. *BMJ* 2003;326:684.
- [2] Beydon L, Conreux F, Le Gall R, Safran D, Cazalaa JB. Analysis of the French Health Ministry's National Register of Incidents involving medical devices in anaesthesia and intensive care. *Br J Anaesth* 2001;86:382-7.
- [3] Tissot E, Cornette C, Demoly P, Jacquet M, Barale F, Capellier G. Medication errors at the administration stage in an intensive care unit. *Intensive Care Med* 1999;25:353-9.
- [4] Rothschild JM, Keohane CA, Cook EF, et al. A controlled trial of smart infusion pumps to improve medication safety in critically ill patients. *Crit Care Med* 2005;33:533-40.
- [5] Herout PM, Erstad BL. Medication errors involving continuously infused medications in a surgical intensive care unit. *Crit Care Med* 2004;32:428-32.
- [6] Weiss M, Banziger O, Neff T, Fanconi S. Influence of infusion line compliance on drug delivery rate during acute line loop formation. *Intensive Care Med* 2000;26:776-9.
- [7] Neff TA, Fischer JE, Schulz G, Baenziger O, Weiss M. Infusion pump performance with vertical displacement: effect of syringe pump and assembly type. *Intensive Care Med* 2001;27:287-91.
- [8] Igarashi H, Obata Y, Nakajima Y, Katoh T, Morita K, Sato S. Syringe pump displacement alters line internal pressure and flow. *Can J Anaesth* 2005;52:685-91.
- [9] Kern H, Kuring A, Redlich U, et al. Downward movement of syringe pumps reduces syringe output. *Br J Anaesth* 2001;86:828-31.
- [10] Vachon L, Dube L, Guilleux AM, Jacob JP, Granry JC, Beydon L. Potential advantages a new syringe pump system. *Ann Fr Anesth Reanim* 2002;21:354-8.
- [11] Scheer B, Perel A, Pfeiffer UJ. Clinical review: complications and risk factors of peripheral arterial catheters used for haemodynamic monitoring in anaesthesia and intensive care medicine. *Crit Care* 2002;6:199-204.
- [12] Wilkins RG. Radial artery cannulation and ischaemic damage: a review. *Anaesthesia* 1985;40:896-9.
- [13] Kamienski RW, Barnes RW. Critique of the Allen test for continuity of the palmar arch assessed by Doppler ultrasound. *Surg Gynecol Obstet* 1976;142:861-4.
- [14] Davis FM. Radial artery cannulation: influence of catheter size and material on arterial occlusion. *Anaesth Intensive Care* 1978;6:49-53.
- [15] Hind D, Calvert N, McWilliams R, et al. Ultrasonic locating devices for central venous cannulation: meta-analysis. *BMJ* 2003;327:361.
- [16] Levin PD, Sheinin O, Gozal Y. Use of ultrasound guidance in the insertion of radial artery catheters. *Crit Care Med* 2003;31:481-4.
- [17] de La Coussaye JE, Eledjam JJ, Peray P, et al. Lemakalim, a potassium channel agonist reverses electrophysiological impairments induced by a large dose of bupivacaine in anaesthetized dogs. *Br J Anaesth* 1993;71:534-9.
- [18] Ling E, Warkentin TE. Intraoperative heparin flushes and subsequent acute heparin-induced thrombocytopenia. *Anesthesiology* 1998;89:1567-9.
- [19] Clifton GD, Branson P, Kelly HJ, et al. Comparison of normal saline and heparin solutions for maintenance of arterial catheter patency. *Heart Lung* 1991;20:115-8.
- [20] Randolph AG, Cook DJ, Gonzales CA, Pribble CG. Ultrasound guidance for placement of central venous catheters: a meta-analysis of the literature. *Crit Care Med* 1996;24:2053-8.
- [21] Zevola DR, Dioso J, Moggio R. Comparison of heparinized and nonheparinized solutions for maintaining patency of arterial and pulmonary artery catheters. *Am J Crit Care* 1997;6:52-5.
- [22] Kulkarni M, Elsner C, Ouellet D, Zeldin R. Heparinized saline versus normal saline in maintaining patency of the radial artery catheter. *Can J Surg* 1994;37:37-42.
- [23] Whitta RK, Hall KF, Bennetts TM, Welman L, Rawlins P. Comparison of normal or heparinised saline flushing on function of arterial lines. *Crit Care Resusc* 2006;8:205-8.
- [24] Branson PK, McCoy RA, Phillips BA, Clifton GD. Efficacy of 1.4 percent sodium citrate in maintaining arterial catheter patency in patients in a medical ICU. *Chest* 1993;103:882-5.
- [25] Heulitt MJ, Farrington EA, O'Shea TM, Stoltzman SM, Srubar NB, Levin DL. Double-blind, randomized, controlled trial of papaverine-containing infusions to prevent failure of arterial catheters in pediatric patients. *Crit Care Med* 1993;21:825-9.
- [26] Jones RM, Hill AB, Nahrwold ML, Bolles RE. The effect of method of radial artery cannulation on postcannulation blood flow and thrombus formation. *Anesthesiology* 1981;55:76-8.
- [27] Bedford RF. Long-term radial artery cannulation: effects on subsequent vessel function. *Crit Care Med* 1978;6:64-7.
- [28] Slogoff S, Keats AS, Arlund C. On the safety of radial artery cannulation. *Anesthesiology* 1983;59:42-7.
- [29] Frezza EE, Mezghebe H. Indications and complications of arterial catheter use in surgical or medical intensive care units: analysis of 4932 patients. *Am Surg* 1998;64:127-31.
- [30] Gronbeck 3rd C, Miller EL. Nonphysician placement of arterial catheters. Experience with 500 insertions. *Chest* 1993;104:1716-7.
- [31] Ramsay TM. Broken needle complicating arterial cannulation. *Anaesthesia* 1993;48:178.
- [32] Deshpande KS, Hatem C, Ulrich HL, et al. The incidence of infectious complications of central venous catheters at the subclavian, internal jugular, and femoral sites in an intensive

- care unit population. *Crit Care Med* 2005;33:13–20, discussion 234–5.
- [33] Muralidhar K. Complication of femoral artery pressure monitoring. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1998;12:128–9.
- [34] Vincent JL, Bihari DJ, Suter PM, et al., EPIC International Advisory Committee. The prevalence of nosocomial infection in intensive care units in Europe. Results of the European Prevalence of Infection in Intensive Care (EPIC) study. *JAMA* 1995;274:639–44.
- [35] McGee DC, Gould MK. Preventing complications of central venous catheterization. *N Engl J Med* 2003;348:1123–33.
- [36] Timsit JF, Bruneel F, Cheval C, et al. Use of tunneled femoral catheters to prevent catheter-related infection. A randomized, controlled trial. *Ann Intern Med* 1999;130:729–35.
- [37] Merrer J, De Jonghe B, Golliot F, et al. Complications of femoral and subclavian venous catheterization in critically ill patients: a randomized controlled trial. *JAMA* 2001;286:700–7.
- [38] Sznajder JI, Zveibil FR, Bitterman H, Weiner P, Bursztein S. Central vein catheterisation. Failure and complication rates by three percutaneous approaches. *Arch Intern Med* 1986;146:259–61.
- [39] Lefrant JY, Muller L, De La Coussaye JE, et al. Risk factors of failure and immediate complication of subclavian vein catheterization in critically ill patients. *Intensive Care Med* 2002;28:1036–41.
- [40] Mansfield PF, Hohn DC, Fornage BD, Gregurich MA, Ota DM. Complications and failures of subclavian-vein catheterization. *N Engl J Med* 1994;331:1735–8.
- [41] Martin C, Saux P, Papazian L, Gouin F. Long-term arterial cannulation in ICU patients using the radial artery or dorsalis pedis artery. *Chest* 2001;119:901–6.
- [42] Taylor RW, Palagiri AV. Central venous catheterization. *Crit Care Med* 2007;35:1390–6.
- [43] Graham AS, Ozment C, Tegtmeier K, Lai S, Braner DA. Videos in clinical medicine. Central venous catheterisation. *N Engl J Med* 2007;356:e21.
- [44] Conces Jr DJ, Holden RW. Aberrant locations and complications in initial placement of subclavian vein catheters. *Arch Surg* 1984;119:293–5.
- [45] Ruesch S, Walder B, Tramer MR. Complications of central venous catheters: internal jugular versus subclavian access – a systematic review. *Crit Care Med* 2002;30:454–60.
- [46] Fares 2nd LG, Block PH, Feldman SD. Improved house staff results with subclavian cannulation. *Am Surg* 1986;52:108–11.
- [47] Forestier F, Rossi H, Calderon J, Soubiron L, Bourdarias B, Janvier G. Training for adult subclavian venous catheterization: use of real-time echography. *Ann Fr Anesth Reanim* 2002;21:698–702.
- [48] Timsit JF. Central venous access in intensive care unit patients: is the subclavian vein the royal route? *Intensive Care Med* 2002;28:1006–8.
- [49] Troianos CA, Kuwik RJ, Pasqual JR, Lim AJ, Odasso DP. Internal jugular vein and carotid artery anatomic relation as determined by ultrasonography. *Anesthesiology* 1996;85:43–8.
- [50] Sanchez R, Halck S, Walther-Larsen S, Heslet L. Misplacement of subclavian venous catheters: importance of head position and choice of puncture site. *Br J Anaesth* 1990;64:632–3.
- [51] Tripathi M, Dubey PK, Ambesh SP. Direction of the J-tip of the guidewire, in seldinger technique, is a significant factor in misplacement of subclavian vein catheter: a randomized, controlled study. *Anesth Analg* 2005;100:21–4.
- [52] McGee WT, Ackerman BL, Rouben LR, Prasad VM, Bandi V, Mallory DL. Accurate placement of central venous catheters: a prospective, randomized, multicenter trial. *Crit Care Med* 1993;21:1118–23.
- [53] Cobb DK, High KP, Sawyer RG, et al. A controlled trial of scheduled replacement of central venous and pulmonary-artery catheters. *N Engl J Med* 1992;327:1062–8.
- [54] Augoustides JG, Horak J, Ochroch AE, et al. A randomized controlled clinical trial of real-time needle-guided ultrasound for internal jugular venous cannulation in a large university anesthesia department. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2005;19:310–5.
- [55] Mallory DL, McGee WT, Shawker TH, et al. Ultrasound guidance improves the success rate of internal jugular vein cannulation. A prospective, randomized trial. *Chest* 1990;98:157–60.
- [56] Lefrant JY, Cuvillon P, Benezet JF, et al. Pulsed Doppler ultrasonography guidance for catheterization of the subclavian vein: a randomized study. *Anesthesiology* 1998;88:1195–201.
- [57] Bold RJ, Winchester DJ, Madary AR, Gregurich MA, Mansfield PF. Prospective, randomized trial of Doppler-assisted subclavian vein catheterization. *Arch Surg* 1998;133:1089–93.
- [58] Merrer J, Lefrant JY, Timsit JF. How to improve central venous catheter use in intensive care unit? *Ann Fr Anesth Reanim* 2006;25:180–8.
- [59] Patel C, Laboy V, Venus B, Mathru M, Wier D. Acute complications of pulmonary artery catheter insertion in critically ill patients. *Crit Care Med* 1986;14:195–7.
- [60] Iberti TJ, Benjamin E, Gruppi L, Raskin JM. Ventricular arrhythmias during pulmonary artery catheterization in the intensive care unit. Prospective study. *Am J Med* 1985;78:451–4.
- [61] Sise MJ, Hollingsworth P, Brimm JE, Peters RM, Virgilio RW, Shackford SR. Complications of the flow-directed pulmonary artery catheter: A prospective analysis in 219 patients. *Crit Care Med* 1981;9:315–8.
- [62] Damen J, Bolton D. A prospective analysis of 1400 pulmonary artery catheterizations in patients undergoing cardiac surgery. *Acta Anaesthesiol Scand* 1986;30:386–92.
- [63] Sprung CL, Pozen RG, Rozanski JJ, Pinero JR, Eisler BR, Castellanos A. Advanced ventricular arrhythmias during bedside pulmonary artery catheterization. *Am J Med* 1982;72:203–8.
- [64] Richard C, Warszawski J, Anguel N, et al. Early use of the pulmonary artery catheter and outcomes in patients with shock and acute respiratory distress syndrome: a randomized controlled trial. *Jama* 2003;290:2713–20.
- [65] Bossert T, Gummert JF, Bittner HB, et al. Swan-Ganz catheter-induced severe complications in cardiac surgery: right ventricular perforation, knotting, and rupture of a pulmonary artery. *J Card Surg* 2006;21:292–5.
- [66] Shah KB, Rao TL, Laughlin S, El-Etr AA. A review of pulmonary artery catheterization in 6245 patients. *Anesthesiology* 1984;61:271–5.
- [67] Ducatman BS, McMichan JC, Edwards WD. Catheter-induced lesions of the right side of the heart. A one-year prospective study of 141 autopsies. *Jama* 1985;253:791–5.
- [68] Houghton D, Cohn S, Schell V, Cohn K, Varon A. Routine daily chest radiography in patients with pulmonary artery catheters. *Am J Crit Care* 2002;11:261–5.
- [69] Komadina KH, Schenk DA, LaVeau P, Duncan CA, Chambers SL. Interobserver variability in the interpretation of pulmonary artery catheter pressure tracings. *Chest* 1991;100:1647–54.
- [70] Pinsky M, Vincent JL, De Smet JM. Estimating left ventricular filling pressure during positive end-expiratory pressure in humans. *Am Rev Respir Dis* 1991;143:25–31.
- [71] 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.