

INFECTION SUR CATHÉTER VEINEUX CENTRAL: PROCÉDURE OU MATÉRIEL ? CE QUI FAIT LA DIFFÉRENCE

Leila Laksiri, Olivier Mimoz

Réanimation chirurgicale polyvalente, Centre Hospitalier et Universitaire, Poitiers, France.

INSERM ERI-23, Pharmacologie des agents anti-infectieux. Université de Poitiers, Poitiers, France. E-mail : o.mimoz@chu-poitiers.fr

INTRODUCTION

Un abord vasculaire est présent chez tous les patients de réanimation. Il permet l'administration de thérapeutiques notamment lorsque la voie orale est impossible, assure un monitoring en continu des pressions artérielles et facilite la réalisation de prélèvements sanguins répétés. L'infection demeure la principale complication des cathétérismes intravasculaires. Sa forme la plus sévère est l'infection bactériémique, dont les conséquences en termes de morbidité, mortalité et de surcoût ont été discutées ailleurs. La physiopathologie des infections liées aux cathéters est mieux connue [1]. Elle est précédée par la colonisation de l'extrémité endo-vasculaire des cathéters. Pour les cathétérismes de courte durée, cette colonisation provient principalement des micro-organismes présents au niveau du site d'insertion cutané (voie extra-luminale, Figure 1). Celle-ci survient lors de la pose du cathéter, et serait alors évitable par une asepsie rigoureuse, ou fait suite à la migration des micro-organismes le long du trajet sous-cutané du cathéter au niveau de sa face externe. La migration des micro-organismes le long de la face interne du cathéter (voie endo-luminale), secondaire à des manipulations septiques de la ligne veineuse (robinets, raccords...), est la voie prédominante de colonisation des cathétérismes prolongés, supérieurs à 15 jours. L'implantation des micro-organismes est favorisée par la présence éventuelle d'un manchon fibrino-cruorique sur l'extrémité du cathéter. L'origine de la colonisation des cathéters étant soit le site d'insertion cutanée, soit la ligne veineuse, les mesures efficaces dans la prévention des infections liées au cathéter sont celles qui diminuent le risque de colonisation du site d'insertion ou de la ligne de perfusion. L'inhibition de l'adhésion et de la croissance des micro-organismes qui ont atteint l'extrémité du cathéter est une mesure complémentaire utile.

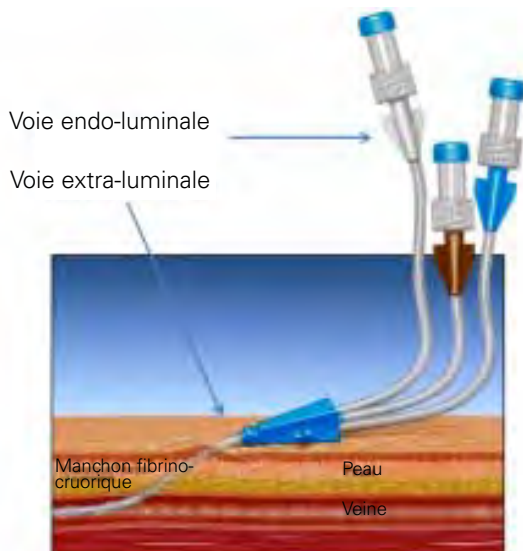


Figure 1 : Physiopathologie des infections liées au cathéter

1. PROTOCOLES DE SOINS

Des programmes d'éducation comportant une formation aux bonnes pratiques de l'hygiène et des directives écrites, précises, sur la pose des différents accès vasculaires (préparation du matériel, désinfection de la peau, type de précaution, techniques détaillées d'insertion), sur leur manipulation (hygiène des mains, manipulations des rampes) et sur les soins qui leur sont apportés durant toute la durée du cathétérisme (modalités de remplacement du cathéter, type et fréquence de réfection des pansements et des tubulures) sont efficaces lorsqu'ils sont élaborés par l'ensemble de l'équipe et appliqués par tous [2,3]. L'évaluation régulière de l'incidence des complications infectieuses liées aux cathéters d'une part, et des pratiques de soins d'autre part, est une mesure utile lorsqu'elle s'accompagne d'un retour de l'information auprès de tous les acteurs [4]. Tout cathéter vasculaire, qu'il soit central ou périphérique, mis en place dans des conditions d'urgence extrême, augmente le risque de non-respect du protocole de pose et donc celui de complications infectieuses, et doit être, en principe, changé dès que la situation du malade est stabilisée [5].

2. RÔLE DES ACTEURS

La formation des plus jeunes aux bonnes pratiques du cathétérisme et aux soins à leur apporter est une mesure de bon sens [6]. L'expérience de l'opérateur est également un élément important, le risque de complications infectieuses étant inversement proportionnel à l'expérience de celui-ci [7]. L'utilisation d'équipes d'infirmières spécialisées dans les soins des cathéters de longue durée (« IV teams ») a montré un bénéfice dans la prévention des infections aux USA [8]. Néanmoins, en l'absence de telles équipes, l'utilisation de protocoles de soins pour le suivi des cathéters et une bonne éducation du personnel soignant ont permis d'obtenir des résultats comparables. Le doublement de la charge en soins (définie par le nombre de patients pris en charge par une infirmière) en réanimation multiplie par quatre le risque d'infection liée

au cathéter [9]. De la même manière, au moins deux études rapportent que le remplacement d'infirmières titulaires des services de réanimation par des infirmières intérimaires augmente de manière significative le risque d'infection liée au cathéter [10, 11]. Ces travaux plaident en faveur de la présence, dans les unités de réanimation, d'infirmières formées aux procédures de soins des services et en nombre suffisant.

3. TYPE DE CATHÉTERS

Les qualités requises pour le matériau permettant la fabrication d'un cathéter sont nombreuses. Il doit être biocompatible, hémocompatible, biostable, chimiquement inerte, ne pas être altéré par les médicaments administrés et être déformable en fonction des forces de tension du milieu environnant. De plus, il doit être souple, flexible, solide, si possible radio-opaque, avoir une paroi fine avec un rapport diamètre interne sur diamètre externe élevé, être apte à la stérilisation et porter des connexions verrouillées de type « luer-lock ». L'emploi de cathéters en matériaux moins thrombogènes (polyuréthane, polymères fluorés (Téflon®)) diminue l'adhésion des micro-organismes et ainsi le risque de la colonisation des cathéters [12].

La couverture ou l'imprégnation par des agents anti-infectieux diminue l'adhésion des micro-organismes et la production de biofilm sur les cathéters veineux centraux. Les cathéters recouverts d'antiseptiques sont des cathéters recouverts de chlorhexidine et de sulfadiazine argent. Les cathéters de première génération n'étaient recouverts que sur leur face externe, ceux de seconde génération le sont sur leur face externe et interne. Les cathéters recouverts d'antibiotiques et commercialisés le sont avec de la minocycline et de la rifampicine. Ceux imprégnés d'argent et commercialisés le sont avec de l'argent, du platine et du carbone, ou de l'argent seul. Par rapport à des cathéters standards, l'utilisation de cathéters recouverts d'antiseptiques de première génération (cathéters recouverts uniquement sur leur face externe) chez les patients de réanimation permet une diminution de la colonisation (RR : 0,59 [IC95% : 0,50-0,71]) et de l'infection bactériémique (RR : 0,66 [IC95% : 0,47-0,93]) [13]. Deux études ont évalué l'efficacité des cathéters de deuxième génération (cathéters recouverts sur leur face externe et interne), avec des résultats comparables sur la colonisation (RR : 0,44 [IC95% : 0,23-0,85]) et non significatif sur l'infection bactériémique (RR : 0,70 [IC95% : 0,30-1,62]), probablement par manque de puissance. Cinq études ont évalué l'efficacité des cathéters recouverts d'antibiotiques, et ont retrouvé une diminution de la colonisation (RR : 0,40 [IC95% : 0,23-0,67]) et de l'infection bactériémique (RR : 0,39 [IC95% : 0,17-0,92]), par rapport aux cathéters standards. Deux études ont conclu à une inefficacité des cathéters imprégnés d'argent, de platine et de carbone aussi bien sur la prévention de la colonisation (RR : 0,76 [IC95% : 0,57-1,01]) que de l'infection bactériémique (RR : 0,54 [IC95% : 0,16-1,85]), probablement pas manque de puissance. Une étude multicentrique randomisée a évalué les cathéters imprégnés d'ions argent chez 577 patients de réanimation ayant nécessité 617 cathéters veineux centraux [14]. Par rapport aux cathéters standards, les cathéters imprégnés n'ont eu aucune efficacité aussi bien sur la prévention de la colonisation (RR : 1,24 [IC95% : 0,83-1,85]) que de l'infection bactériémique (RR : 0,93 [IC95% : 0,35-2,44]). Deux études ont comparé les cathéters recouverts d'antibiotiques aux cathéters recouverts d'antiseptiques de première génération, et ont conclu

à la supériorité des premiers aussi bien sur la prévention de la colonisation (RR : 0,36 [IC95% : 0,25-0,53]) que de l'infection bactériémique (RR : 0,12 [IC95% : 0,02-0,67]). Aucune étude n'a comparé les cathéters recouverts d'antibiotiques aux cathéters recouverts d'antiseptiques de seconde génération. Très utilisés aux USA, l'utilisation des cathéters veineux centraux imprégnés ou recouverts d'anti-infectieux s'est peu développée en France. Ceci pourrait s'expliquer par leur coût élevé, et surtout par le risque, bien que non clairement démontré, de sélection de bactéries multi-résistantes ou de levures, en particulier avec les cathéters recouverts d'antibiotiques [15]. Des réactions anaphylactiques sévères mais rares ont également été rapportées après l'insertion de cathéters recouverts de chlorhexidine et de sulfadiazine argent, notamment au Japon [16]. Malgré une alerte émise aux Etats-Unis par la FDA en 1998 encourageant la déclaration de ces complications, le nombre d'observations rapportées n'a pas augmenté. En pratique l'usage des cathéters veineux centraux imprégnés ou recouverts d'agents anti-infectieux est actuellement réservé aux unités où l'incidence des infections liées aux cathéters demeure élevée malgré l'implantation et/ou le renforcement des mesures préventives recommandées [1].

3.1. CATHÉTERS MONO OU MULTI-LUMIÈRES

Les cathéters veineux centraux à lumières multiples permettent l'administration simultanée de médicaments incompatibles entre eux et d'isoler sur une voie d'administration les amines vasopressives ou la nutrition parentérale. Cinq études randomisées ont évalué le risque de colonisation ou d'infection bactériémique des cathéters mono-lumières versus ceux à double- ou triple-lumières [17]. Il s'agit pour la plupart d'études anciennes, non réalisées chez des patients de réanimation et portant sur des effectifs faibles. L'utilisation de cathéters multi-lumières ne s'accompagne pas d'une augmentation du risque de colonisation (RR : 0,80 [IC95% : 0,43-1,50]), mais est associée à une augmentation du risque d'infection bactériémique (RR : 2,26 [IC95% : 1,06-4,83]) par rapport à celui des cathéters mono-lumières. L'augmentation isolée du risque d'infection bactériémique est expliquée par une seule étude ayant inclus des cathéters de longue durée (moyenne de cathétérisme supérieure à 20 jours) pour une nutrition parentérale prolongée, et qui rapporte un taux étonnamment élevé d'infection bactériémique avec les cathéters multi-lumières (13,1 % vs 2,6 % avec les cathéters mono-lumières). L'exclusion de cette étude entraîne la disparition de l'augmentation du risque d'infection bactériémique avec l'utilisation de cathéters multi-lumières (RR : 1,29 [IC95% : 0,49-3,39]). En pratique, le choix du nombre de lumières est fonction du nombre de thérapeutiques délivrées au patient et du besoin ou non de les isoler entre elles.

4. PRÉPARATION CUTANÉE AVANT LA POSE

Dans le cadre de la préparation cutanée avant l'insertion du cathéter, une dépilation peut s'avérer nécessaire pour faciliter la pose de celui-ci. Peu d'études ont évalué ce facteur sur le risque de colonisation ou d'infection des cathéters. Dans d'autres domaines, en particulier dans la prévention des infections du site opératoire, cette question a été plus largement étudiée. Ainsi, la conférence de consensus sur la gestion préopératoire du risque infectieux [18] précise que l'absence de dépilation de la zone opératoire, comparée à la dépilation quelle que soit la méthode, est la solution la plus simple et la plus sûre à condition de

ne pas nuire aux impératifs per- et post-opératoires, et que si la dépilation est jugée incontournable, la technique retenue doit être non agressive, adaptée à l'intervention, à la pilosité et doit être bien tolérée par le patient. La tonte et la dépilation chimique, à la condition d'une maîtrise technique parfaite, constituent un choix raisonnable. Les mêmes règles pourraient être appliquées aux cathétérismes vasculaires : respect des poils s'ils ne gênent pas la ponction vasculaire et n'interfèrent pas avec la qualité de l'occlusion du pansement ou tonte de ceux-ci dans les cas contraires.

5. SITE D'INSERTION

L'influence du site d'insertion sur le risque d'infection liée au cathéter dépend de la densité de la flore cutanée locale, de la capacité à obtenir un pansement occlusif et du risque de thrombose de la veine ponctionnée. Dans une seule étude multicentrique, randomisée, l'insertion du cathéter au niveau fémoral s'accompagne d'une augmentation de la colonisation des cathéters (RR : 6,4 [IC95% : 1,9-21,2]), mais n'a pas d'effet significatif sur l'infection bactériémique (RR : 2,0 [IC95% : 0,2-22,1]) [19]. Une méta-analyse de trois études prospectives, non randomisées, comparant le risque infectieux de la veine jugulaire interne à celui de la veine sous-clavière rapporte une augmentation de manière non significative (RR : 2,24 [IC95% : 0,62-8,09]) du risque d'infection bactériémique avec l'abord jugulaire [20]. Le risque de thrombose veineuse, dont on sait qu'il est associé à celui d'infection du cathéter, est supérieur avec la veine fémorale qu'avec la veine sous-clavière ou jugulaire interne [21]. Enfin, dans une étude randomisée multicentrique, le risque de colonisation des cathéters veineux centraux pour épuration extra-rénale en réanimation adulte a été comparable pour la voie fémorale et jugulaire interne (respectivement de 40,8 vs 35,7 pour 1000 jours-cathéters, (RR : 0,85 [IC95% : 0,62-1,16]) [22].

Le repérage échographique de la veine diminue le nombre d'échecs et de complications immédiates (ponctions artérielles et trajets aberrants), et réduit le temps nécessaire à la mise en place du cathéter [23]. L'avantage de cette technique concerne essentiellement la veine jugulaire interne, les données (prometteuses) avec la veine sous-clavière ou la veine fémorale étant plus limitées. Dans une étude randomisée portant sur 900 patients de réanimation, son utilisation entraînerait également une diminution des infections bactériémiques (10,4 % vs 16 %, $p < 0,01$) [24]. La généralisation de cette technique devrait être favorisée par la mise à disposition d'appareils portatifs de coût réduit et par la facilité d'apprentissage de la technique.

6. MODALITÉS D'INSERTION DES CATHÉTERS

La mise en place d'un cathéter veineux central doit être réalisée dans des conditions d'asepsie de type chirurgical : habillage de l'opérateur (calot, masque, blouse stérile, gants stériles) ; nettoyage de la zone d'insertion du cathéter avec une solution antiseptique en lui laissant le temps d'agir (au moins 30 sec pour la chlorhexidine et 2 min pour la povidone iodée) et en laissant sécher à l'air avant l'insertion du cathéter ; et mise en place de champs stériles débordant largement la zone de cathétérisation [25]. L'insertion du cathéter doit s'effectuer selon la technique de Seldinger. Un guide spiralé à bout mousse est inséré dans une aiguille en position intraveineuse qui est ensuite retirée. Un dilateur élargit le

point de ponction ; le cathéter est introduit en le faisant coulisser sur le guide métallique. La longueur à introduire pour atteindre une position centrale dépend de la veine ponctionnée. La fixation du cathéter à la peau par une suture non résorbable doit être solide.

7. CHOIX DE L'ANTISEPTIQUE

Les micro-organismes qui colonisent le site d'insertion du cathéter ou son pavillon sont responsables de la majorité des infections bactériémiques. Le risque infectieux augmente avec la densité microbienne présente au site d'insertion [26]. La qualité de la désinfection cutanée est donc l'une des principales mesures efficaces dans la prévention des infections liées aux cathéters. Les antiseptiques les plus fréquemment utilisés dans cette indication sont les solutions à base de povidone iodée ou de chlorhexidine. Ces deux principes actifs sont disponibles en solution aqueuse ou alcoolique. Une méta-analyse a inclus 8 essais randomisés ayant comparé l'efficacité des solutions antiseptiques à base de chlorhexidine à la povidone iodée en solution aqueuse [27]. Elle porte sur 4143 cathéters, dont 1568 cathéters veineux centraux. Comparée à la povidone iodée aqueuse, l'utilisation de chlorhexidine permet de réduire de moitié le risque de colonisation (RR : 0,49 [IC95% : 0,31-0,71]) et d'infection bactériémique des cathéters (RR : 0,49 [IC95% : 0,28-0,88]). Ces résultats pourraient s'expliquer par une diminution des performances de la povidone iodée par les composés organiques présents au site de ponction cutanée, et justifieraient, pour certains, la réalisation d'une antisepsie en quatre temps (lavage, rinçage, séchage et antisepsie). L'intérêt de cette technique n'a cependant jamais été validé par un essai randomisé, bien au contraire [28]. La supériorité de la chlorhexidine sur la povidone iodée en solution aqueuse pourrait également s'expliquer par un effet synergique avec l'alcool, notamment lorsque les concentrations de chlorhexidine sont faibles, inférieures ou égales à 0,5 %. Cet effet synergique a également été retrouvé avec la povidone iodée. Une étude bicentrique, en cross-over, a comparé l'efficacité de la povidone iodée en solution alcoolique à 5 % à celle de la povidone iodée en solution aqueuse à 10 % lors de 223 cathétérismes veineux centraux réalisés chez 125 patients de réanimation. Par rapport à la formulation aqueuse, l'utilisation de la formulation alcoolique de povidone iodée a entraîné une diminution du nombre de cathéters colonisés (RR : 0,38 [IC95% : 0,22-0,65]) malgré une concentration deux fois plus faible en povidone iodée [29].

L'efficacité de la solution alcoolique de povidone iodée a donc été comparée à celle de l'association de chlorhexidine à 0,25 %, de chlorure de benzalkonium à 0,025 % et d'alcool benzylique à 4 % dans les soins de 538 cathéters veineux centraux [30]. L'utilisation de la solution antiseptique contenant de la chlorhexidine permet une réduction de l'incidence des cathéters colonisés (18,3 vs 9,7 pour 1000 jours-cathéters ; $p = 0,006$), et une diminution non significative des infections bactériémiques (3,4 vs 1,4 pour 1000 jours-cathéters ; $p = 0,07$).

8. PANSEMENTS

L'efficacité de l'occlusion du site d'insertion du cathéter avec un pansement perméable à la vapeur d'eau est démontrée. Deux types de pansements sont disponibles : le pansement transparent semi-perméable en polyuréthane et le pansement adhésif avec compresse. Le premier permet une inspection quotidienne

du point d'insertion du cathéter et est plus imperméable à l'eau que le second. Dans une méta-analyse, le risque de colonisation ou de bactériémies liées aux cathéters pour les deux types de pansements semble comparable [31]. En cas de sudation importante ou si le site d'insertion est souillé par du sang ou est suintant, il semble préférable d'utiliser un pansement adhésif avec compresse plutôt qu'un pansement transparent semi-perméable. Sinon, l'utilisation d'un pansement transparent semi-perméable qui permet une meilleure surveillance du site d'insertion du cathéter et est plus imperméable à l'eau devrait être favorisée.

Une méta-analyse de huit essais randomisés, portant sur 2558 cathéters vasculaires et péri-duraux, suggère que l'utilisation d'éponges imprégnées de chlorhexidine diminue le risque de colonisation (14,8 vs 26,9 %, $p < 0,00001$) et, de manière non significative malgré le nombre élevé de cathéters analysés, celui d'infection bactériémique (2,2 vs 3,8 %, $p = 0,11$) [32]. Néanmoins, beaucoup de sujets inclus étaient des enfants hospitalisés en dehors des unités de réanimation et la méthodologie employée était très différente d'une étude à une autre. Des résultats comparables ont été rapportés dans une étude multicentrique, randomisée, réalisée dans plusieurs unités de réanimation françaises. Dans cette étude, l'utilisation d'éponges imprégnées a permis une diminution des infections liées au cathéter.

9. CONNECTEURS « NEEDLELESS »

L'utilisation de connecteurs « needleless » (sans aiguille) s'est développée ces dernières années dans le but de réduire les accidents liés aux piqûres accidentelles, notamment durant la période péri-opératoire. De nombreux modèles sont commercialisés. Malheureusement, peu de travaux ont évalué l'impact de leur utilisation sur le risque de complications infectieuses, notamment lors de leur utilisation dans des unités de réanimation, et les résultats disponibles sont contradictoires, certains retrouvant une diminution du risque infectieux et d'autres une augmentation [33, 34]. Des travaux complémentaires réalisés chez des patients de réanimation sont nécessaires pour émettre des recommandations concernant leur utilisation ou non dans ces unités.

10. ENTRETIEN DE LA LIGNE VEINEUSE

Il est inutile de refaire le pansement plus d'une fois toutes les 72 h, voire plus d'une fois par semaine, sauf si le site d'insertion est souillé par du sang ou s'il est humide, décollé ou visiblement souillé. Le geste doit être précédé d'une friction des mains par une solution hydro-alcoolique et nécessite le port de gants. La désinfection du site d'insertion du cathéter est réalisée avec la même solution antiseptique que celle utilisée lors de sa pose. La date de réfection du pansement doit être notée. Il ne semble pas nécessaire de changer les tubulures des perfusions à un intervalle inférieur à 72-96 heures, sauf si des émulsions lipidiques ou des produits sanguins sont administrés. Dans ces dernières situations, un changement de la tubulure tous les jours (émulsions lipidiques) ou après chaque transfusion est recommandé.

Toute manipulation du cathéter et de l'ensemble des éléments constituant le dispositif de perfusion doit être réalisée après un traitement hygiénique des mains par friction à l'aide d'une solution hydro-alcoolique [35]. Les embouts et les robinets doivent être désinfectés avant leur manipulation à l'aide d'une

compresse stérile imprégnée d'un antiseptique [35]. Un nouveau bouchon stérile doit être mis en place chaque fois que le robinet est ouvert. Les rampes doivent être maintenues à distance de toute source de contamination (literie, plaie, stomie par exemple). Le risque infectieux des cathéters étant proportionnel à leur durée de maintien et au nombre de manipulations, tout cathéter vasculaire doit être retiré dès que celui-ci n'est plus utile [36]. En pratique, l'intérêt du maintien d'un cathéter doit être réévalué quotidiennement. Son changement systématique sur guide à intervalles réguliers augmente le risque de complications infectieuses, tandis que le changement à distance sur un nouveau site accroît le risque de complications mécaniques et ne diminue pas le risque infectieux [37]. En pratique, il ne semble pas utile de changer les cathéters tant que ceux-ci sont utiles, fonctionnels et qu'ils ne sont pas suspectés d'être infectés.

L'utilisation d'héparine standard ou de bas poids moléculaire à dose prophylactique réduit le risque de thrombose veineuse autour du cathéter, et limite ainsi les capacités d'adhérence des micro-organismes sur le cathéter. Leur utilisation est par ailleurs motivée par l'état du patient alité ayant de multiples facteurs de risque de thrombose veineuse.

Les essais portant sur l'application de topiques antiseptiques ou antibiotiques sur le site d'insertion des cathéters veineux centraux n'ont pas montré de bénéfice en termes de réduction des infections bactériémiques [38]. L'augmentation des coûts et le risque de favoriser l'apparition de micro-organismes résistants aux antibiotiques [39] ainsi que la colonisation par des levures [38] sont d'autres facteurs qui incitent à déconseiller leur utilisation.

L'utilisation de filtres antimicrobiens tout comme la protection des raccords et des robinets de la ligne veineuse dans des boîtiers secs ou imprégnés d'antiseptiques ne permettent pas de réduire les complications infectieuses des cathéters de courte durée [40]. Ces dispositifs qui augmentent le coût de la ligne veineuse ne pourraient permettre qu'une réduction des infections via le pavillon du cathéter dont on sait qu'il n'est pas la voie habituelle de la colonisation des cathéters de courte durée.

Le nombre de manipulations de la ligne veineuse, notamment lorsque celles-ci ne sont pas réalisées de façon parfaitement aseptique, augmente le risque d'infection du cathéter [41]. L'utilisation de la voie entérale, lorsqu'elle est possible et conduit à un résultat comparable, doit être privilégiée.

CONCLUSION

La prévention des complications infectieuses liées aux cathéters intravasculaires de réanimation passe par un ensemble de mesures qu'il convient d'associer sous la forme de bouquets (« bundle » des Anglo-Saxons) [2, 42]. Les plus importantes sont l'existence et le respect des protocoles de soins écrits, la qualification des personnels impliqués dans la gestion des accès vasculaires et leur adéquation à la charge de travail, l'utilisation d'une chlorhexidine alcoolique pour la désinfection cutanée et les manipulations de la ligne vasculaire, et l'ablation de tout cathéter devenu inutile. Pour l'insertion des cathéters périphériques, le territoire cave supérieur doit être privilégié. Pour les cathéters veineux centraux, le respect de conditions d'asepsie de type chirurgical lors de la pose et le choix de la veine sous-clavière doivent être favorisés.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] O'Grady NP, Alexander M, Dellinger EP, Gerberding JL, Heard SO, Maki DG, Masur H, McCormick RD, Mermel LA, Pearson ML, Raad II, Randolph A, Weinstein RA; Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee. Guidelines for the prevention of intravascular catheter-related infections. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2002;23:759-69
- [2] Berenholtz SM, Pronovost PJ, Lipsett PA, Hobson D, Earsing K, Farley JE, Milanovich S, Garrett-Mayer E, Winters BD, Rubin HR, Dorman T, Perl TM. Eliminating catheter-related bloodstream infections in the intensive care unit. *Crit Care Med* 2004;32:2014-20
- [3] Coopersmith CM, Rebmann TL, Zack JE, Ward MR, Corcoran RM, Schallom ME, Sona CS, Buchman TG, Boyle WA, Polish LB, Fraser VJ. Effect of an education program on decreasing catheter-related bloodstream infections in the surgical intensive care unit. *Crit Care Med* 2002;30:59-64
- [4] Eggimann P, Harbarth S, Constantin MN, Touveneau S, Chevrolet JC, Pittet D. Impact of a prevention strategy targeted at vascular-access care on incidence of infections acquired in intensive care. *Lancet* 2000;355:1864-1868
- [5] Yilmaz G, Koksali I, Aydin K, Caylan R, Sucu N, Aksoy F. Risk factors of catheter-related bloodstream infections in parenteral nutrition catheterization. *J Parenter Enteral Nutr* 2007;31:284-7
- [6] Sherertz RJ, Ely EW, Westbrook DM, Gledhill KS, Streed SA, Kiger B, Flynn L, Hayes S, Strong S, Cruz J, Bowton DL, Hulgath T, Haponik EF. Education of physicians-in-training can decrease the risk for vascular catheter infection. *Ann Intern Med* 2000;132:641-8
- [7] Armstrong CW, Mayhall CG, Miller KB, Newsome HH Jr, Sugerman HJ, Dalton HP, Hall GO, Gennings C. Prospective study of catheter replacement and other risk factors for infection of hyperalimentation catheters. *J Infect Dis* 1986;154:808-16
- [8] Soifer NE, Borzak S, Edlin BR, Weinstein RA. Prevention of peripheral venous catheter complications with an intravenous therapy team: a randomized controlled trial. *Arch Intern Med* 1998;158:473-7
- [9] Fridkin SK, Pear SM, Williamson TH, Galgiani JN, Jarvis WR. The role of understaffing in central venous catheter-associated bloodstream infections. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1996;17:150-8
- [10] Alonso-Echanove J, Edwards JR, Richards MJ, Brennan P, Venezia RA, Keen J, Ashline V, Kirkland K, Chou E, Hupert M, Veeder AV, Speas J, Kaye J, Sharma K, Martin A, Moroz VD, Gaynes RP. Effect of nurse staffing and antimicrobial-impregnated central venous catheters on the risk for bloodstream infections in intensive care units. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2003;24:916-25
- [11] Robert J, Fridkin SK, Blumberg HM, Anderson B, White N, Ray SM, Chan J, Jarvis WR. The influence of the composition of the nursing staff on primary bloodstream infection rates in a surgical intensive care unit. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2000;21:12-17
- [12] Sheth NK, Franson TR, Rose HD, Buckmire FL, Cooper JA, Sohnle PG. Colonization of bacteria on polyvinyl chloride and Teflon intravascular catheters in hospitalized patients. *J Clin Microbiol* 1983;18:1061-3
- [13] Ramritu P, Halton K, Collignon P, Cook D, Fraenkel D, Battistutta D, Whitby M, Graves N. A systematic review comparing the relative effectiveness of antimicrobial-coated catheters in intensive care units. *Am J Infect Control* 2008;36:104-17
- [14] Kalfon P, de Vaumas C, Samba D, Boulet E, Lefrant JY, Eyraud D, Lherm T, Santoli F, Naija W, Riou B. Comparison of silver-impregnated with standard multi-lumen central venous catheters in critically ill patients. *Crit Care Med* 2007;35:1032-9
- [15] Tambe SM, Sampath L, Modak SM. In vitro evaluation of the risk of developing bacterial resistance to antiseptics and antibiotics used in medical devices. *J Antimicrob Chemother* 2001;47:589-98
- [16] Krugler M. Anaphylaxis to chlorhexidine-impregnated central venous catheter. *Anaesth Intensive Care* 2003;31:697-8
- [17] Dezfulian C, Lavelle J, Nallamothu BK, Kaufman SR, Saint S. Rates of infection for single-lumen versus multilumen central venous catheters: a meta-analysis. *Crit Care Med* 2003;31:2385-90
- [18] Conférence de consensus de la Société française d'hygiène hospitalière. Gestion préopératoire du risque infectieux. Paris, 5 mars 2004. Disponible sur www.sfhf.net
- [19] Merrer J, De Jonghe B, Golliot F, Lefrant JY, Raffy B, Barre E, Rigaud JP, Casciani D, Misset B, Bosquet C, Outin H, Brun-Buisson C, Nitenberg G; French Catheter Study Group in Intensive Care. Complications of femoral and subclavian venous catheterization in critically ill patients: a randomized controlled trial. *JAMA* 2001;286:700-7

- [20] Ruesch S, Walder B, Tramèr MR. Complications of central venous catheters: internal jugular versus subclavian access—a systematic review. *Crit Care Med* 2002;30:454-60
- [21] Trottier SJ, Veremakis C, O'Brien J, Auer AI. Femoral deep vein thrombosis associated with central venous catheterization: results from a prospective, randomized trial. *Crit Care Med* 1995;23:52-9
- [22] Parienti JJ, Thirion M, Mégarbane B, Souweine B, Ouchikhe A, Polito A, Forel JM, Marqué S, Misset B, Airapetian N, Daurel C, Mira JP, Ramakers M, du Cheyron D, Le Coutour X, Daubin C, Charbonneau P; Members of the Cathedia Study Group. Femoral vs jugular venous catheterization and risk of nosocomial events in adults requiring acute renal replacement therapy: a randomized controlled trial. *JAMA*. 2008;299:2413-22
- [23] Hind D, Calvert N, McWilliams R, et al. Ultrasonic locating devices for central venous cannulation: meta-analysis. *BMJ* 2003;16:361-7
- [24] Karakitsos D, Labropoulos N, De Groot E, Patrianakos AP, Kouraklis G, Poularas J, Samonis G, Tsoutsos DA, Konstadoulakis MM, Karabinis A. Real-time ultrasound-guided catheterisation of the internal jugular vein: a prospective comparison with the landmark technique in critical care patients. *Crit Care* 2006;10:R162
- [25] Hu KK, Lipsky BA, Veenstra DL, Saint S. Using maximal sterile barriers to prevent central venous catheter-related infection: a systematic evidence-based review. *Am J Infect Control* 2004;32:142-6
- [26] Garland JS, Buck RK, Maloney P, Durkin DM, Toth-Lloyd S, Duffy M, et al. Comparison of 10% povidone-iodine and 0.5% chlorhexidine gluconate for the prevention of peripheral intravenous catheter colonization in neonates: a prospective trial. *Pediatr Infect Dis J* 1995;14:510-6
- [27] Chaiyakunapruk N, Veenstra DL, Lipsky BA, Saint S. Chlorhexidine compared with povidone iodine solution for vascular catheter-site care: a meta-analysis. *Ann Intern Med* 2002;136:792-801
- [28] Van der Mee NL, and the bloodstream infection study group of the Relais Régional d'Hygiène Hospitalière du Centre. Efficacy and safety of a two-step method of skin preparation for peripheral intravenous catheter insertion: a prospective multicentre randomised trial. *BMC Anesthesiology* 2007;7:1-8
- [29] Parienti JJ, du Cheyron D, Ramakers M, Malbruny B, Leclercq R, Le Coutour X, Charbonneau P; Members of the NACRE Study Group. Alcoholic povidone-iodine to prevent central venous catheter colonization: A randomized unit-crossover study. *Crit Care Med* 2004;32:708-13
- [30] Mimos O, Villeminey S, Ragot S, Dahyot-Fizelier C, Laksiri L, Petitpas F, Debaene B. Chlorhexidine-based antiseptic solution versus alcohol-based povidone-iodine for central venous catheter care. *Arch Intern Med* 2007;167:2066-72
- [31] Gillies D, O'Riordan L, Carr D, Frost J, Gunning R, O'Brien I. Gauze and tape and transparent polyurethane dressings for central venous catheters. 1: *Cochrane Database Syst Rev* 2003;4:CD003827
- [32] Ho KM, Litton E. Use of chlorhexidine-impregnated dressing to prevent vascular and epidural catheter colonization and infection: a meta-analysis. *J Antimicrob Chemother* 2006;58:281-7
- [33] Bouza E, Muñoz P, López-Rodríguez J, Jesús Pérez M, Rincón C, Martín Rabadán P, Sánchez C, Bastida E. A needleless closed system device (CLAVE) protects from intravascular catheter tip and hub colonization: a prospective randomized study. *J Hosp Infect* 2003;54:279-87
- [34] Casey AL, Worthington T, Lambert PA, Quinn D, Faroqui MH, Elliott TS. A randomized, prospective clinical trial to assess the potential infection risk associated with the PosiFlow needleless connector. *J Hosp Infect* 2003;54:288-93
- [35] Salzman MB, Isenberg HD, Rubin LG. Use of disinfectants to reduce microbial contamination of hubs of vascular catheters. *J Clin Microbiol* 1993;31:475-9
- [36] Mermel LA. Prevention of intravascular catheter-related infections. *Ann Intern Med* 2000;132:391-402
- [37] Cobb DK, High KP, Sawyer RG, Sable CA, Adams RB, Lindley DA, Pruett TL, Schwenzer KJ, Farr BM. A controlled trial of scheduled replacement of central venous and pulmonary artery catheter. *N Engl J Med* 1992;327:1062-1068
- [38] Maki DG, Band JD. A comparative study of polyantibiotic and iodophor ointments in prevention of vascular catheter-related infection. *Am J Med* 1981;70:739-44

- [39] Zakrzewska-Bode A, Muyltjens HL, Liem KD, Hoogkamp-Korstanje JA. Mupirocin resistance in coagulase-negative staphylococci, after topical prophylaxis for the reduction of colonization of central venous catheters. *J Hosp Infect* 1995;31:189-93
- [40] Lucet JC, Hayon J, Bruneel F, Dumoulin JL, Joly-Guillou ML. Microbiological evaluation of central venous catheter administration hubs. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2000;21:40-2
- [41] Snyderman DR, Murray SA, Kornfeld SJ, Majka JA, Ellis CA. Total parenteral nutrition-related infections. Prospective epidemiologic study using semi-qualitative methods. *Am J Med* 1982;73:695-9
- [42] Pronovost P, Needham D, Berenholtz S, Sinopoli D, Chu H, Cosgrove S, Sexton B, Hyzy R, Welsh R, Roth G, Bander J, Kepros J, Goeschel C. An intervention to decrease catheter-related bloodstream infections in the ICU. *N Engl J Med* 2006;355:2725-32