

MISE AU POINT / UPDATE

État des connaissances sur l'administration intraveineuse continue de noradrénaline en réanimation

State of the art on continuous intravenous administration of norepinephrine in intensive care

Laurent Poiroux^{1*}

Reçu le 24 août 2021 ; accepté le 10 janvier 2022.
© SRLF 2022.

Résumé

Les catécholamines sont le traitement de première ligne dans la prise en charge des patients en état de choc. Ces médicaments, et la noradrénaline en particulier, ont une demi-vie très courte et une marge thérapeutique extrêmement étroite. Leur administration nécessite des précautions afin de garantir une efficacité optimale du traitement et la sécurisation de leur utilisation. Les choix des équipements biomédicaux, des dispositifs médicaux, des stratégies d'administration peuvent avoir une grande influence sur la constance du débit massique des médicaments. Ces variations peuvent avoir des conséquences cliniques allant de la faible variation de la pression artérielle à des événements indésirables plus graves. Même si les publications qui se sont intéressées à ces questions sont peu nombreuses et de qualité méthodologique inégale, elles rapportent néanmoins des données intéressantes pour guider la pratique infirmière en réanimation. Cet article a pour objectif de proposer un état des connaissances sur la gestion des catécholamines avec un focus particulier sur le management des relais de noradrénaline.

Mots-clés : Administration de noradrénaline, relais de catécholamine, soins infirmiers de réanimation, soins infirmiers fondés sur des données probantes, sécurité des patients.

Abstract

Catecholamines are the first-line treatment in the management of patients in shock. These drugs, and norepinephrine in particular, have a very short half-life and an extremely narrow therapeutic range. Their administration requires precautions to ensure optimal treatment efficacy and safety of use. The choice of biomedical equipment, medical devices, and administration strategies can have a major influence on the steadiness of drug mass flow. These variations can have clinical consequences ranging from small changes in blood pressure to more serious adverse events. Although the literature that has addressed these issues is sparse and of uneven quality, it nonetheless reports interesting data to guide critical care nursing practice. The aim of this article is to propose a state of the art on the management of catecholamines with a particular focus on the management of norepinephrine changeovers.

Keywords: Norepinephrine administration, changeover, critical care nursing, evidence based nursing, patient safety.

L'administration intraveineuse continue de noradrénaline

Les catécholamines sont le traitement de première ligne dans la prise en charge des patients en état de choc afin d'augmenter la pression artérielle et/ou le

débit cardiaque [1–4]. Ces médicaments ont une demi-vie très courte et une marge thérapeutique extrêmement étroite. Leur administration nécessite donc des débits constants et doit être encadrée de précautions garantissant à la fois leur efficacité et la sécurité de leur utilisation.

* Laurent Poiroux, Infirmier de réanimation PhD

Département de Médecine Intensive et Réanimation, CHU d'Angers, France

✉ lpoiroux@chu-angers.fr

La liste complète des auteurs est disponible à la fin de l'article.



L'importance de dispositifs médicaux spécifiques

Des tubulures rigides

Il existe un lien entre la compliance des tubulures, c'est-à-dire leur capacité à se déformer sous l'effet d'une pression, et la stabilité du débit massique de médicament dans la ligne de perfusion. En comparant *in vitro* trois types de tubulures, Weiss *et al* [5] ont démontré que plus la compliance des tubulures est grande, plus les alarmes d'occlusion des pousse-seringues se déclenchent tardivement et plus le bolus consécutif à la désocclusion est important. Dans une seconde étude, Weiss *et al* [6] ont comparé cinq tubulures de compliances différentes avec l'objectif de déterminer si la compliance avait un effet sur la stabilité du débit massique de médicament lors d'un déplacement vertical des pousse-seringues. En pratique, la réalisation d'une boucle de 70 cm au-dessous du niveau des pousse-seringue a entraîné un retard d'administration de médicament de $5,1 \pm 1,5$ secondes à $44,0 \pm 6,8$ secondes à $0,5$ mL/h. Plus la compliance des tubulures utilisées était faible (de $0,48 \pm 0,17$ mL/mmHg à $2,15 \pm 0,26$ mL/mmHg), moindres étaient les retards d'administration. Ces retards étaient également moins importants avec des débits de perfusion plus élevés (1 mL/h et $1,5$ mL/h), mais les auteurs concluent néanmoins à l'impact réel de la compliance des tubulures sur la stabilité du débit massique de médicament pendant l'expérience.

Un espace mort limité

Le volume résiduel des lignes de perfusion (ou espace mort) se comporte comme une réserve de médicament qui peut se vider lors d'une désocclusion du circuit, occasionnant alors un bolus [7]. La quantité maximale de médicament contenu dans ce bolus est égale au volume résiduel multiplié par la concentration de la solution de perfusion médicamenteuse [8].

Par ailleurs, dans une étude *ex vivo*, Moss *et al* [9] avaient montré que le volume d'une rampe de perfusion pouvait avoir un impact sur le délai d'administration d'un médicament administré en perfusion continue. Sur une rampe classique à quatre robinets, ces auteurs avaient également montré qu'il existait une différence significative du délai d'administration d'un médicament, à la sortie du cathéter veineux central d'un montage *ex vivo*, entre le premier et le dernier de ces quatre robinets.

Il convient donc de limiter au maximum le volume résiduel total d'un circuit de perfusion. Pour cela, il faut choisir un schéma de montage simple et court qui utilise des tubulures avec un diamètre le plus fin possible et qui évite les rampes et limite le nombre de robinets.

Un espace commun réduit

La survenue d'incompatibilités physico-chimiques entre médicaments injectables est un phénomène décrit chez les patients de réanimation [10 11]. Ces incidents sont liés à la diversité des molécules prescrites et à la complexité des montages des lignes de perfusion de réanimation. En effet, l'administration de certaines substances actives en Y induit un espace commun entre le Y et l'extrémité du cathéter. Cet espace augmente le risque d'incompatibilités entre médicaments [12]. L'apparition de particules en suspension est une conséquence possible de ces incompatibilités. Ces particules peuvent être responsables de dysfonction d'organes [13]. L'utilisation de tableau à double entrée tel que celui décrit par Sicard *et al* [14] permet d'organiser l'administration des thérapeutiques intraveineuse de manière sécurisée. Chez les patients adultes de réanimation, peu d'études ont évalué l'impact de l'utilisation de filtres à particules (de $0,2$ et $1,2$ μ m) pour prévenir les risques induits par l'apparition de ces microparticules. À ce jour, les résultats ne permettent pas de se prononcer en faveur de leur utilisation [15–17]. Enfin, des études *in vitro* ont montré que des dispositifs de perfusion multi-accès pouvaient prévenir l'apparition d'incompatibilités physico-chimiques par rapport à des montages plus classiques [17–19].

Le choix des seringues

Plusieurs études ont montré que les seringues de petite contenance offrent l'avantage d'induire des alarmes d'occlusion qui s'activent plus précocement qu'avec des seringues de plus grand volume [5, 20–23]. L'administration de médicaments est aussi plus précise avec des petites seringues et plus le volume de la seringue est petit, plus la stabilité du débit de perfusion est rapidement atteinte [21, 23]. Bien que les données scientifiques justifient l'utilisation de seringues de faibles volumes, la pratique actuelle très largement répandue est d'utiliser des seringues de 50 mL pour limiter le nombre de changement de seringues. Il serait intéressant de pouvoir disposer de données comparant deux volumes de seringues en matière d'efficacité, et de sécurité d'utilisation et de temps infirmier.

La conception des seringues est aussi un facteur d'influence de la stabilité des débits de perfusion [21, 23, 24]. Le fait que le piston de la seringue soit pourvu d'un embout en silicone augmente sa compliance et peut contribuer à un retard de l'administration du traitement intraveineux continu au débit souhaité. D'après Weiss *et al* [24], le type de piston le plus adapté serait un piston en plastique rigide avec une surface terminale plate munie d'un joint en silicone sur son pourtour. Dans la pratique habituelle, il convient d'être vigilant à renseigner sur le pousse-seringue le type de seringue utilisée.

Des valves anti-retour

Les valves anti-retour empêchent toute remontée de solutés vers la ou les autres lignes de perfusion. Ce reflux peut se produire lors de l'administration concomitante de plusieurs perfusions via un même site (rampe ou robinet) lorsque la pression augmente sur la partie distale du montage [8]. Une valve anti-retour positionnée juste avant le site d'injection de noradrénaline dans le système de perfusion peut prévenir d'éventuelles perfusions rétrogrades et/ou des bolus secondaires [25].

Les autres facteurs sécurisant l'administration de noradrénaline

Une dilution standardisée

Le débit de perfusion est un facteur qui influence la stabilité d'administration de médicaments en perfusion continue. Les débits faibles sont plus enclins à induire des variations de débits massiques de médicament [7, 26, 27]. Lovitch *et al* [7] insistent sur le fait qu'à faibles débits, les solutés emplissant les tubulures peuvent être poussés par les perfusions plus rapides qui occasionnent ainsi des bolus (*piggybacking*). De ce fait, les dilutions doivent permettre d'éviter les petits débits de perfusion. Ces dilutions doivent être standardisées au sein d'un même service et faire l'objet d'une procédure de soins écrite [28].

Pour permettre un débit apte à prévenir les variations de débit massique liées aux petits débits de perfusion et d'autre part, pour prévenir les erreurs liées à l'administration de noradrénaline, un des médicaments les plus à risque dans ce domaine [29], deux dilutions permettent un rapport proportionnel simple entre dose de noradrénaline et débit peuvent être conseillées :

- Une dilution de 0,5 mg/mL
- Une dilution fonction du poids afin que 1 ml/h = 0,1 µg/kg/min

Les concentrations peuvent être doublées lorsque les changements de seringues sont estimés trop fréquents. Une fréquence des relais inférieure à 2 heures est empiriquement citée comme le seuil pour passer les dilutions en double concentration.

Une perfusion d'entraînement

Plusieurs études préconisent l'utilisation d'une perfusion d'entraînement à haut débit, branchée en parallèle de la perfusion des catécholamines, pour en garantir la stabilité de l'administration et réduire le délai d'action des changements de posologie [7, 27 30]. Toutefois, les études citées rapportent des débits étudiés très différents sans qu'aucune ne définisse objectivement ce

qu'est un haut débit. L'étude rétrospective de Genay *et al* qui a évalué, sur 52 patients, l'impact de trois stratégies d'administration de noradrénaline : perfusion parallèle d'un vecteur de NaCl 0,9 % à 8 mL/h (stratégie 1), perfusion parallèle d'un vecteur de NaCl 0,9 % à 5 mL/h (stratégie 2), perfusion de noradrénaline sans vecteur (stratégie 3) a montré que l'adjonction d'un vecteur de NaCl 0,9 % à 5 mL/h permet d'obtenir et de stabiliser plus rapidement une PAM > 65 mmHg que les deux autres stratégies étudiées. Il est à signaler que ces études ne prennent pas en compte les effets secondaires, potentiellement délétères, de ces solutés supplémentaires administrés à des patients en état de choc [31].

Des pousse-seringues installés à un niveau prédéfini

Lors d'une étude *in vitro*, Lönnqvist *et al* [32] ont fait varier la hauteur de cinq pousse-seringues, d'abord en les surélevant d'un mètre puis en les repositionnant à leur hauteur initiale. Ces auteurs ont montré que l'élévation d'un mètre provoquait des bolus de 0,19 à 2,28 mL et que le repositionnement créait des aspirations dont le volume variait de 0,06 à 0,34 mL. Par ailleurs, ces auteurs ont montré que cette aspiration, liée au retour des pousse-seringues à leur hauteur initiale, était suivie d'une période sans administration de soluté de perfusion (*zero infusion*) allant de 8 à 105 minutes. Dans le même ordre d'idée, Kern *et al* [33] ont réalisé une étude *in vitro* au cours de laquelle ils ont abaissé trois différents types de pousse-seringues, successivement réglés à 1, 2, 3, 5 puis 10 mL/h. Ces variations étaient de -80 cm pour des montages de type néonataux et de -130 cm pour des montages de type adultes. Les temps sans perfusion (*zero infusion*) qui ont suivi ces manœuvres d'abaissement du niveau des pousse-seringues ont été de 633 secondes pour les débits de 1 mL/h à 45 secondes pour les débits de 10 mL/h pour les variations de -80 cm avec les montages néonataux et de 430 secondes pour les débits de 1 mL/h à 23 secondes pour les débits de 10 mL/h pour des variations de -130 cm avec les montages adultes.

Le réglage de l'alarme d'occlusion

Les fabricants de pousse-seringues permettent, la plupart du temps, que l'alarme d'occlusion puisse être modifiée. Weiss *et al* [5] préconisent l'utilisation d'une alarme d'occlusion qui soit réglée à la plus haute sensibilité. Les résultats de ces auteurs confirment les travaux antérieurs [34] et soulignent qu'il existe une relation entre le temps de déclenchement de l'alarme d'occlusion et le volume du bolus relargué après la levée de l'obstacle. Ainsi, la question du réglage de l'alarme d'occlusion est à prendre en compte avec les questions de compliance des lignes du circuit de perfusion.

Les relais de catécholamines

Les catécholamines ayant une demi-vie très courte et une marge thérapeutique très étroite, leur administration nécessite donc des débits constants. Afin d'assurer une administration strictement continue, ces médicaments sont administrés à l'aide de pousse-seringues électriques. Leur utilisation prolongée nécessite, de fait, la réalisation de relais lors des changements de seringues [26, 28, 35]. Ces relais peuvent induire des variations du débit massique de noradrénaline [36] et provoquer une instabilité hémodynamique [37–41]. En pratique, pour minimiser ces variations, les procédures de réalisation des relais sont protocolées et nécessitent des compétences infirmières spécifiques [42].

Une enquête de pratique, réalisée en 2013 auprès de 29 services de réanimation, réalisée de France métropolitaine (non publiée) avait montré que trois techniques de relais (chacune incluant plusieurs variantes) sont majoritairement utilisées et qu'elles sont présentes dans les services de médecine intensive et réanimation en des proportions quasi-égales (relais par changement rapide : 51 %, relais en double pousse-seringue : 59 % et relais par pousse-seringues automatiques : 51 %). Ces résultats sont superposables à ceux que Ricard *et al* [35] ont collectés auprès d'une vingtaine de services de médecine intensive et réanimation dans une enquête réalisée en 2008-2009. Ces auteurs rapportaient que 83 % des services ayant répondu avaient standardisé leur dilution et que 50 % seulement avaient protocolé leurs procédures de relais de catécholamines. Deux tiers des services utilisaient au moins deux types de relais et deux tiers des services étaient équipés de bases intelligentes pour réaliser des relais automatiques.

Concrètement, pour chaque technique, les relais se déroulent globalement (car des variantes existent) de manière suivante :

- **La technique de relais par changement rapide**

La technique du relais par changement rapide (appelée aussi changement à la goutte) consiste à remplacer rapidement la seringue qui se termine par une nouvelle seringue. Cette deuxième seringue doit être préalablement raccordée à une nouvelle tubulure de perfusion, puis installée sur un second pousse-seringue. La tubulure doit être purgée, si possible avec la fonction purge des pousse-seringues, jusqu'à ce qu'une goutte apparaisse à l'extrémité de la tubulure. Lorsque la pré-alarme du pousse-seringue qui se termine sonne, l'infirmière démarre le pousse-seringue, programmé à la même vitesse que le premier. Elle connecte ensuite la nouvelle tubulure au robinet trois voies et le tourne pour fermer la voie de la seringue qui se termine et ouvrir celle de la nouvelle. Elle arrête alors le premier pousse-seringue.

- **La technique de relais avec deux pousse-seringues**

Pour effectuer la technique de relais avec deux pousse-seringues, l'infirmière place la nouvelle seringue sur un pousse-seringue. Cette deuxième seringue doit être préalablement raccordée à une nouvelle tubulure qui doit être purgée, si possible avec la fonction purge des pousse-seringues, jusqu'à ce qu'une goutte apparaisse à l'extrémité de la tubulure. La tubulure est ensuite connectée au robinet trois voies de la ligne de perfusion de la noradrénaline. Lorsque la pré-alarme du pousse-seringue qui se termine sonne, l'infirmière met en marche le second pousse-seringue, programmé à la même vitesse que le premier. Elle ouvre ensuite le robinet trois voies sans fermer la ligne de la seringue qui se termine. Les deux pousse-seringues fonctionnent ensemble quelques instants, soit pendant un laps de temps défini (potentiellement jusqu'à deux minutes), soit jusqu'à ce que la pression artérielle moyenne (PAM) du patient augmente (souvent 5 mmHg). Elle arrête alors le premier pousse-seringue.

- **La technique de relais avec pousse-seringues automatiques**

Pour cette technique, les pousse-seringues sont des dispositifs médicaux qui peuvent être pilotés par une station de perfusion programmable appelée base intelligente ou « *smart pump* ».

Pour effectuer un relais de noradrénaline avec des pousse-seringues intelligents, l'infirmière doit placer la nouvelle seringue sur un pousse-seringue. Cette deuxième seringue doit être préalablement raccordée à une nouvelle tubulure qui doit être purgée avec la fonction purge des pousse-seringues, jusqu'à ce qu'une goutte apparaisse à l'extrémité de la tubulure. La tubulure est ensuite connectée au robinet trois voies de la ligne de perfusion de la noradrénaline ; les deux lignes doivent être ouvertes. Ce second pousse-seringue doit ensuite être préprogrammé. Selon le fabricant, la base intelligente effectue le changement en arrêtant la seringue qui se termine avant qu'elle ne soit vide (pré-alarme) et en démarrant immédiatement la nouvelle seringue préprogrammée au même débit. Les deux seringues ne fonctionnent jamais en parallèle. Néanmoins, afin d'éviter une chute du débit massique de noradrénaline, la base effectue un micro-bolus au début de la nouvelle seringue. Le volume de ce micro-bolus est calculé par l'algorithme de la base intelligente en fonction du débit de noradrénaline programmé. Il ne dépasse jamais 0,2 mL. À ce jour, très peu d'études ont comparé les différentes techniques de relais entre elles. Chez l'adulte, Morrice *et al* [37] ont réalisé une série de trois audits successifs sur différentes méthodes de relais de médicaments vasoactifs. De petits nombres de relais ont

été observés (24, puis 26 puis 33). Aucune comparaison statistique n'est proposée par les auteurs qui concluent néanmoins à l'issue de ces trois enquêtes de pratiques que la méthode de relais en double seringue avec arrêt de la seringue se terminant dès l'observation d'une hausse de la pression artérielle de 5 mmHg est la plus sûre des trois méthodes observées.

Dans une étude *ex vivo*, Powell *et al* [43] ont comparé les relais en double seringue avec les relais par changement rapide. Le protocole assez complexe consiste à réaliser des relais avec des seringues qui contiennent d'abord du potassium puis des colorants en lieu et place des catécholamines. L'extrémité distale des tubulures était reliée à des cupules et les volumes reçus dans les cupules étaient prélevés toutes les quinze secondes. Pour la première expérience, les concentrations en potassium ont été analysées et comparées ; pour la deuxième, les résultats ont été validés par des tests de colorimétrie. Cette étude a conclu que les relais en double seringue minimisent les fluctuations de débit et doivent être préférés pour l'administration des catécholamines chez les patients instables en état de choc.

Lors d'une étude de type avant/après, Argaud *et al* [40] ont observé 913 relais de catécholamines : les infirmières étaient libres de conserver la méthode qu'elles utilisent habituellement en première phase (435 relais observés) et une seconde phase où la technique du changement rapide a été imposée après formation (478 relais observés). Le critère de jugement était le nombre d'événements indésirables observés définis comme par une variation de la PAM > 20 mmHg ou une variation de la fréquence cardiaque de plus de 20 battements par minute dans les quinze minutes suivant le début du relais. Le pourcentage d'événements indésirables était de 17,8 % dans la première phase et de 5,8 % dans la seconde. Il est à noter que 17 relais en moyenne ont été observés par patient dans la première phase *versus* 26 dans la seconde. Dans la première phase, 90 % des patients ont présenté au moins un événement hémodynamique significatif contre 61 % dans la seconde phase. Les auteurs concluent que la mise en place d'une procédure standardisée limite le nombre d'événements indésirables et porte attention au fait que l'absence de procédure standardisée fait perdurer des méthodes de relais empiriques dont l'efficacité et l'innocuité sont hautement discutables.

Avec le même type d'étude quasi expérimentale de type avant/après, Cour *et al* [38] ont comparé les relais par changement rapide avec les relais automatisés. Lors de la première phase (avant), les relais ont été réalisés en changement rapide et lors de deuxième phase (après), des « bases intelligentes » ont été utilisées pour réaliser des relais automatisés. Chacune des périodes d'étude a été précédée d'une phase de formation d'un mois à la

méthode utilisée. 133 patients ont été inclus et 1 329 relais ont été observés (681 relais chez 63 patients lors de la première phase et 648 relais chez 70 patients dans la deuxième groupe). Les événements hémodynamiques significatifs (variation de la PAM > 15 mmHg ou variation de la fréquence cardiaque > 15 battements /minute) ont été relevés jusqu'à 30 minutes après le relais. Malgré des différences de drogues et de posologies entre les deux populations étudiées, les auteurs confirment qu'ils ont observé 20 % d'événements indésirables lors de la première phase (relais par changement rapide) contre 11 % au cours de la seconde phase (relais automatisés).

Peu d'études ont évalué les méthodes de relais lors d'essais randomisés contrôlés. En pédiatrie, Arino *et al* [44] ont comparé, chez 30 enfants en post-opératoire d'une chirurgie cardiaque, la méthode du changement rapide à celle du relais en double seringue en évaluant le pourcentage de variation de la PAM dans les trente minutes suivant le relais. Ces auteurs ne mettent pas en évidence de relation significative entre la technique induite par le bras de randomisation et la stabilité hémodynamique. Ces auteurs cependant concluent qu'au regard des différences non significatives de variations de la PAM, la méthode de changement rapide mérite d'être utilisée car elle nécessite moins de temps infirmier. De Barbieri *et al* [45] ont rapporté des résultats similaires dans une étude sur trente enfants de soins critiques sous dobutamine. Les auteurs confirment également que la méthode de relais par changement rapide est effectivement la plus rapide et que ce critère est à prendre en compte.

Deux études randomisées contrôlées ont réalisé chez des patients adultes de soins intensifs et réanimation. La première a été réalisée par Gréau *et al* [41]. Dans leur étude monocentrique, ces auteurs ont inclus 50 patients et 404 relais de noradrénaline ont été observés. Seules les hypotensions de plus de 20 % de la PAM de référence ont été prises en compte, les hypertensions liées aux relais n'ont pas été prises en compte. Les auteurs relèvent 20,2 % d'hypotensions significatives dans le bras « relais rapides » contre 10,9 % dans le bras « relais automatisés ». Cette différence s'avère plus importante chez les patients recevant plus de 0,5 µg/kg/min avec 17,8 % d'hypotensions dans le bras avec relais en changement rapide contre 7,8 % dans le bras avec relais automatisés. Les résultats de l'étude montrent des variations de la fréquence cardiaque non significatives au moment des relais. Les auteurs concluent en recommandant l'utilisation des bases automatisées pour effectuer les relais de noradrénaline chez des patients en état de choc. La seconde est celle de Poiroux *et al* [46]. Dans cet essai randomisé contrôlé multicentrique, 286 patients ont été répartis aléatoirement dans les bras relais par changement rapide (n = 95, 223 changements),

relais en double seringue (n = 95, 224 changements) ou relais automatisés (n = 96, 181 changements). Le pourcentage de variations de la PAM était de 25,6 % (n = 57) dans le groupe relais par changement rapide, 39,7 % (n = 89) dans le groupe relais en double seringue et 25,4 % (n = 46) dans le groupe relais automatisés (p = 0,001). Moins d'événements sont survenus avec les relais par changement rapide par rapport aux relais en double seringue (p = 0,002). Il n'y avait pas de différence entre les relais automatisés et les relais par changement rapide (p > 0,99). Les variations de la PAM étaient principalement des augmentations de la PAM. Les auteurs concluent que les relais par changements rapides constituent une alternative sûre au changement réalisé avec des pousse-seringues intelligents, à condition que les procédures de soins soient formalisées et que les infirmières soient formées.

Conclusion

Les catécholamines sont des médicaments couramment utilisés en réanimation. Leurs particularités pharmacologiques (demi-vie courte et une marge thérapeutique étroite) impliquent que les infirmiers appuient leurs pratiques d'administration de ces traitements sur des données acquises de la science. Même si la recherche s'avère encore nécessaire dans ce domaine, des grands principes permettent de garantir l'efficacité et la sécurité de l'administration intraveineuse continue de noradrénaline en réanimation : utiliser des tubulures rigides, simplifier les montages des lignes de perfusion, éviter les espaces morts, réduire le tronc commun, envisager l'utilisation de valves anti-retour, protocoler les dilutions, former les infirmières à la réalisation des relais et prévenir tout mouvement vertical des pousse-seringues.

Conflits d'intérêts

L'auteur déclare les liens d'intérêts suivants, sans lien avec le présent article :

- bourse reçue du Ministère de la santé français (Cyril Le Roy comme chercheur principal) – programme Hospitalier de Recherche Infirmière et Paramédicale 2013
- soutien reçu de la Société de Réanimation de Langue Française pour assister chaque année à son congrès depuis 2017.

Remerciements

L'auteur remercie Cyril Le Roy pour son implication majeure tout au long de l'étude CHIC.

Affiliations

¹Département de Médecine Intensive et Réanimation
CHU d'Angers
4, rue Larrey - 49933 Angers Cedex 9



Références

1. Hernández G, Teboul J-L, Bakker J (2019) Norepinephrine in septic shock. *Intensive Care Med* 45:687–689. DOI : 10.1007/s00134-018-5499-8
2. Levy B, Bastien O, Bendjelid K, et al (2015) Experts' recommendations for the management of adult patients with cardiogenic shock. *Ann Intensive Care* 5:17. DOI : 10.1186/s13613-015-0052-1
3. Belletti A, Benedetto U, Biondi-Zoccai G, et al (2017) The effect of vasoactive drugs on mortality in patients with severe sepsis and septic shock. A network meta-analysis of randomized trials. *J Crit Care* 37:91–98. DOI : 10.1016/j.jccrc.2016.08.010
4. Rhodes A, Evans LE, Alhazzani W, et al (2017) Surviving Sepsis Campaign: International Guidelines for Management of Sepsis and Septic Shock: 2016. *Intensive Care Med* 43:304–377. DOI : 10.1007/s00134-017-4683-6
5. Weiss M, Neff T, Gerber A, Fischer J (2000) Impact of infusion line compliance on syringe pump performance. *Pediatr Anesth* 10:595–599. DOI : 10.1111/j.1460-9592.2000.566ab.x
6. Weiss M, Bänziger O, Neff T, Fanconi S (2000) Influence of infusion line compliance on drug delivery rate during acute line loop formation. *Intensive Care Med* 26:776–779. DOI : 10.1007/s001340051246
7. Lovich MA, Doles J, Peterfreund RA (2005) The Impact of Carrier Flow Rate and Infusion Set Dead-Volume on the Dynamics of Intravenous Drug Delivery: *Anesth Analg* 100:1048–1055. DOI : 10.1213/01.ANE.0000146942.51020.88
8. Maiguy-Foinard A (2014) Prévention des événements indésirables médicamenteux associés à la perfusion en anesthésie-réanimation: évaluation de l'impact de dispositifs médicaux de perfusion innovants. PhD Thesis, Université du Droit et de la Santé-Lille II
9. Moss DR, Bartels K, Peterfreund GL, et al (2009) An In Vitro Analysis of Central Venous Drug Delivery by Continuous Infusion: The Effect of Manifold Design and Port Selection: *Anesth Analg* 109:1524–1529. DOI : 10.1213/ANE.0b013e3181b7c359
10. Kanji S, Lam J, Goddard RD, et al (2013) Inappropriate medication administration practices in Canadian adult ICUs: a multicenter, cross-sectional observational study. *Ann Pharmacother* 47:637–643. DOI : 10.1345/aph.1R414
11. Tissot E, Cornette C, Demoly P, et al (1999) Medication errors at the administration stage in an intensive care unit. *Intensive Care Med* 25:353–359. DOI : 10.1007/s001340050857
12. Benlabed M, Martin Mena A, Gaudy R, et al (2018) Analysis of particulate exposure during continuous drug infusion in critically ill adult patients: a preliminary proof-of-concept in vitro study. *Intensive Care Med Exp* 6:38. DOI : 10.1186/s40635-018-0205-2
13. Benlabed M, Perez M, Gaudy R, et al (2019) Clinical implications of intravenous drug incompatibilities in critically ill patients. *Anaesth Crit Care Pain Med* 38:173–180. DOI : 10.1016/j.accpm.2018.04.003
14. Sicard G, Venton G, Farnault L, et al (2019) Mise en place d'un outil d'aide à la détection des interactions physico-chimiques en Y des médicaments injectables : analyse rétrospective des prescriptions dans un service d'hématologie. *Pharm Hosp Clin* 54:348–355. DOI : 10.1016/j.phclin.2019.06.002
15. Gradwohl-Matis I, Brunauer A, Dankl D, et al (2015) Influence of in-line microfilters on systemic inflammation in adult critically ill

- patients: a prospective, randomized, controlled open-label trial. *Ann Intensive Care* 5:36. DOI : [10.1186/s13613-015-0080-x](https://doi.org/10.1186/s13613-015-0080-x)
16. Schmitt E, Meybohm P, Herrmann E, et al (2019) In-line filtration of intravenous infusion may reduce organ dysfunction of adult critical patients. *Crit Care Lond Engl* 23:373. DOI : [10.1186/s13054-019-2618-z](https://doi.org/10.1186/s13054-019-2618-z)
 17. Négrier L, Martin Mena A, Lebuffe G, et al (2021) Strategies to prevent drug incompatibility during simultaneous multi-drug infusion in intensive care units: a literature review. *Eur J Clin Pharmacol* 77:1309–1321. DOI : [10.1007/s00228-021-03112-1](https://doi.org/10.1007/s00228-021-03112-1)
 18. Collins JL, Lutz RJ (1991) In vitro study of simultaneous infusion of incompatible drugs in multilumen catheters. *Heart Lung* 20:271–277. DOI : [10.1111/jan.14612](https://doi.org/10.1111/jan.14612)
 19. Perez M, Décaudin B, Foinard A, et al (2015) Compatibility of medications during multi-infusion therapy: A controlled in vitro study on a multilumen infusion device. *Anaesth Crit Care Pain Med* 34:83–88. DOI : [10.1016/j.accpm.2014.06.003](https://doi.org/10.1016/j.accpm.2014.06.003)
 20. Dönmez A, Araz C, Kayhan Z (2005) Syringe pumps take too long to give occlusion alarm. *Pediatr Anesth* 15:293–296. DOI : [10.1111/j.1460-9592.2005.01436.x](https://doi.org/10.1111/j.1460-9592.2005.01436.x)
 21. Neff SB, Neff TA, Gerber S, Weiss MM (2007) Flow rate, syringe size and architecture are critical to start-up performance of syringe pumps. *Eur J Anaesthesiol* 24:602–608. DOI : [10.1017/S0265021506002328](https://doi.org/10.1017/S0265021506002328)
 22. Schmidt N, Saez C, Seri I, Maturana A (2010) Impact of syringe size on the performance of infusion pumps at low flow rates. *Pediatr Crit Care Med* 11:282–286. DOI : [doi:10.1097/PCC.0b013e3181c31848](https://doi.org/10.1097/PCC.0b013e3181c31848)
 23. Neal D, Lin JA (2009) The effect of syringe size on reliability and safety of low-flow infusions. *Pediatr Crit Care Med* 10:592–596. DOI : [doi:10.1097/PCC.0b013e3181a0e2e9](https://doi.org/10.1097/PCC.0b013e3181a0e2e9)
 24. Weiss M, Fischer J, Neff T, Baenziger O (2000) The effects of syringe plunger design on drug delivery during vertical displacement of syringe pumps. *Anaesthesia* 55:1094–1098. DOI : [10.1046/j.1365-2044.2000.01550.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2044.2000.01550.x)
 25. Décaudin B, Dewulf S, Lannoy D, et al (2009) Impact of Multiaccess Infusion Devices on In Vitro Drug Delivery During Multi-Infusion Therapy: *Anesth Analg* 109:1147–1155. DOI : [10.1213/ane.0b013e3181ae06e3](https://doi.org/10.1213/ane.0b013e3181ae06e3)
 26. Trim JC, Roe J (2004) Practical considerations in the administration of intravenous vasoactive drugs in the critical care setting: the double pumping or piggyback technique—part one. *Intensive Crit Care Nurs* 20:153–160. DOI : [10.1016/j.iccn.2004.02.006](https://doi.org/10.1016/j.iccn.2004.02.006)
 27. Bartels K, Moss DR, Peterfreund RA (2009) An Analysis of Drug Delivery Dynamics via a Pediatric Central Venous Infusion System: Quantification of Delays in Achieving Intended Doses: *Anesth Analg* 109:1156–1161. DOI : [10.1213/ane.0b013e3181b220c9](https://doi.org/10.1213/ane.0b013e3181b220c9)
 28. Monnet X, Lefrant J-Y, Teboul J-L (2008) [Field 6. Safety practices for haemodynamic procedures (administration of vasoactive drugs, vascular and cardiac catheterization). French-speaking Society of Intensive Care. French Society of Anesthesia and Resuscitation]. *Ann Fr Anesth Reanim* 27:e91-99. DOI : [10.1016/j.annfar.2008.09.012](https://doi.org/10.1016/j.annfar.2008.09.012)
 29. Escriba Gracia J, Aparisi Sanz A, Brage Serrano R, Fernández Garrido J (2021) Medication errors and risk areas in a critical care unit. *J Adv Nurs* 77:286–295. DOI : [10.1111/jan.14612](https://doi.org/10.1111/jan.14612)
 30. Lannoy D, Decaudin B, Simon N, et al (2012) The Impact on Drug Mass Flow Rate of Interrupting and Resuming Carrier Fluid Flow: An In Vitro Study on a Very Low Dead-Space Volume Infusion Set. *Anesth Analg* 114:328–332. DOI : [10.1213/ANE.0b013e3182373a27](https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e3182373a27)
 31. Lindén-Søndersø A, Jungner M, Spångfors M, et al (2019) Survey of non-resuscitation fluids administered during septic shock: a multicenter prospective observational study. *Ann Intensive Care* 9:132. DOI : [10.1186/s13613-019-0607-7](https://doi.org/10.1186/s13613-019-0607-7)
 32. Lönnqvist PA, Löfqvist B (1997) Design flaw can convert commercially available continuous syringe pumps to intermittent bolus injectors. *Intensive Care Med* 23:998–1001. DOI : [10.1007/s001340050445](https://doi.org/10.1007/s001340050445)
 33. Kern H, Kuring A, Redlich U, et al (2001) Downward movement of syringe pumps reduces syringe output. *Br J Anaesth* 86:828–831. DOI : [10.1093/bja/86.6.828](https://doi.org/10.1093/bja/86.6.828)
 34. Kim DW, Steward DJ (1999) The effect of syringe size on the performance of an infusion pump. *Pediatr Anesth* 9:335–337. DOI : [10.1046/j.1460-9592.1999.00402.x](https://doi.org/10.1046/j.1460-9592.1999.00402.x)
 35. Ricard J-D, Martin Y, Botcherby C, et al (2011) Relais des catécholamines en réanimation. *Réanimation* 20:138–142. DOI : [10.1007/s13546-011-0220-8](https://doi.org/10.1007/s13546-011-0220-8)
 36. Genay S, Décaudin B, Lédé S, et al (2015) In vitro comparison of two changeover methods for vasoactive drug infusion pumps: quick-change versus automated relay. *Biomed Tech (Berl)* 60:377–380. DOI : [10.1515/bmt-2014-0140](https://doi.org/10.1515/bmt-2014-0140)
 37. Morrice A, Jackson E, Farnell S (2004) Practical considerations in the administration of intravenous vasoactive drugs in the critical care setting: Part II—How safe is our practice? *Intensive Crit Care Nurs* 20:183–189. DOI : [10.1016/j.iccn.2004.04.008](https://doi.org/10.1016/j.iccn.2004.04.008)
 38. Cour M, Hernu R, Benet T, et al (2013) Benefits of smart pumps for automated changeovers of vasoactive drug infusion pumps: a quasi-experimental study. *Br J Anaesth* 111:818–824. DOI : [10.1093/bja/aet199](https://doi.org/10.1093/bja/aet199)
 39. Cour M, Bénet T, Hernu R, et al (2016) Predictors of haemodynamic instability during the changeover of norepinephrine infusion pumps. *Ann Intensive Care* 6:38. DOI : [10.1186/s13613-016-0139-3](https://doi.org/10.1186/s13613-016-0139-3)
 40. Argaud L, Cour M, Martin O, et al (2007) Changeovers of vasoactive drug infusion pumps: impact of a quality improvement program. *Crit Care* 11:R133. DOI : [10.1186/cc6209](https://doi.org/10.1186/cc6209)
 41. Greau E, Lascarrou J-B, Le Thuaut A, et al (2015) Automatic versus manual changeovers of norepinephrine infusion pumps in critically ill adults: a prospective controlled study. *Ann Intensive Care* 5:40. DOI : [10.1186/s13613-015-0083-7](https://doi.org/10.1186/s13613-015-0083-7)
 42. Häggström M, Bergsman A-C, Månsson U, Holmström MR (2017) Learning to manage vasoactive drugs—A qualitative interview study with critical care nurses. *Intensive Crit Care Nurs* 39:1–8. DOI : [10.1016/j.iccn.2016.09.002](https://doi.org/10.1016/j.iccn.2016.09.002)
 43. Powell ML, Carnevale FA (2003) A comparison between single and double-pump syringe changes of intravenous inotropic medications in children. *Dyn Pemb Ont* 15:10–14
 44. Arino M, Barrington JP, Morrison AL, Gillies D (2004) Management of the changeover of inotrope infusions in children. *Intensive Crit Care Nurs* 20:275–280. DOI : [10.1016/j.iccn.2004.06.003](https://doi.org/10.1016/j.iccn.2004.06.003)
 45. De Barbieri I, Frigo AC, Zampieron A (2009) Quick change versus double pump while changing the infusion of inotropes: an

- experimental study. *Nurs Crit Care* 14:200–206. DOI : [10.1111/j.1478-5153.2009.00333.x](https://doi.org/10.1111/j.1478-5153.2009.00333.x)
46. Poiroux L, Le Roy C, Ramelet A-S, et al (2020) Minimising haemodynamic lability during changeover of syringes infusing norepinephrine in adult critical care patients: a multicentre randomised controlled trial. *Br J Anaesth* 125:622–628. DOI : [10.1016/j.bja.2020.06.041](https://doi.org/10.1016/j.bja.2020.06.041)