Réchauffement des solutés sur le terrain : intérêt et approche pratique

V. des Robert[a], C. Lebleu[b], A. Buzens[b], E. Fontaine[b], R. Kedzierewicz[b]

a Hôpital d'instruction des armées Desgenettes, 108 boulevard Pinel – 69275 Lyon Cedex 03.
b Antenne médicale de Barby/13e BCA, Quartier Roc Noir, route de Barby, BP 01 – 73235 Saint-Alban-Leysse.

Résumé

La prévention de l'apparition ou de l'aggravation d'une hypothermie, l'un des déterminants de la triade létale, est essentielle chez le traumatisé sévère en choc hémorragique. Outre le réchauffement passif et actif externe, l'administration de solutés réchauffés peut être envisagée sur le terrain. Nous proposons dans cet article une mini-revue concernant le rationnel de cette indication et de sa mise en œuvre pratique sur le terrain. Malgré l'intérêt croissant pour les dispositifs permettant de réchauffer des solutés à travers une tubulure au plus près du blessé, la performance des dispositifs portables semble encore insuffisante pour atteindre une température cible comprise entre 38 et 42 °C, ce qui pourrait faire préférer l'utilisation de réchauds sans flamme. Les réchauds à gaz semblent en revanche moins pratiques en situation opérationnelle.

Mots-clés : Hypothermie. Remplissage. Traumatisé sévère.

Abstract

HOW TO HEAT INTRAVENOUS FLUIDS ON THE FIELD: A RATIONALE AND PRACTICAL APPROACH.

The prevention of the occurrence or of the worsening of hypothermia, one of the three determining factors of the so-called lethal triad, is of paramount importance in severe trauma and hemorrhagic shock. On the field, besides a passive and external active warming up, the infusion of warmed fluids can be considered. We present, in this article, a mini review addressing the rationale of warm fluid infusion and its practical approaches in the field. Despite the growing interest in intravenous fluid warmers able to warm up an infusion line very close to the patients, portable devices are still not effective enough to reach a targeted temperature between 38 and 42°C. Camping stoves are not practical on the battlefield, flameless ration heaters could be the best option..

Keywords: Fluid therapy. Hypothermia. Trauma.

Introduction

Après l'arrêt des hémorragies, la prise en charge des voies aériennes supérieures et la gestion de la respiration, la prise en charge d'un choc hémorragique impose, dans une certaine mesure, la compensation des pertes (1, 2). Si la transfusion est le *gold standard* (3), à l'extrême avant, en opération extérieure ou en montagne, elle est rarement immédiatement possible. Il est donc nécessaire de perfuser et de remplir le patient avec des solutés dont la composition et les propriétés physico-chimiques restent, aujourd'hui encore, malgré une recherche très active sur le sujet, éloignées de la composition du sang.

V. des ROBERT, interne des hôpitaux des armées. C. LEBLEU, médecin en chef, praticien confirmé. A. BUZENS, médecin principal. E. FONTAINE, médecin. R. KEDZIEREWICZ, médecin principal.
Le Groupe de recherche des infirmiers et médecins militaires des Alpes (GRIMMA).
Correspondance : Monsieur le médecin principal R. KEDZIEREWICZ, Antenne médicale de Barby/13e BCA, GRIMMA, Quartier Roc Noir, route de Barby, BP 01 – 73235 Saint-Alban-Leysse.
E-mail : romainkedze@hotmail.com ou romain.kedzierewicz@intradef.gouv.fr

Le remplissage expose le blessé à l'aggravation de la coagulopathie par dilution et par son refroidissement. Il existe une majoration de la mortalité des blessés quand la Température centrale (t°c) est inférieure à 36 °C (4). L'association d'une hypothermie, d'une acidose et d'une coagulopathie définit la triade létale du patient traumatisé (5). Il semble par conséquent logique, chez le traumatisé sévère en choc hémorragique :

– de limiter le volume des solutés perfusés en tolérant une hypotension permissive avant le contrôle définitif des hémorragies (en l'absence d'un traumatisme crânien) (1, 6-10) ;

– de prévenir l'apparition ou l'aggravation de l'hypothermie (1, 7-10).

Si l'intérêt de la première intervention n'a pas, à ce jour, été confirmé par les essais contrôlés randomisés (11), la correction rapide d'une hypothermie semble pouvoir réduire la mortalité précoce de patients traumatisés sévères (12).

La prévention de l'apparition ou de l'aggravation de l'hypothermie passe par la mise rapide à l'abri (au mieux

dans la cellule chauffée du vecteur d'évacuation (13)) et par les mesures de réchauffement passif (isolation du sol et de l'ambiance), actif externe (chaufferettes et couverture chauffante) et actif interne (14). Concernant le réchauffement actif interne, seules les méthodes peu ou pas invasives sont envisageables sur le terrain (perfusion de solutés réchauffés) à l'exception de l'administration de boissons chaudes qui sera contre-indiquée chez le patient traumatisé (14). La perfusion de solutés réchauffés n'a, à notre connaissance, pas encore été évaluée de manière contrôlée et randomisée en pré-hospitalier pour au moins deux raisons. La première est plus d'ordre dogmatique : les modèles théoriques et les expériences sur le sujet sain (15) prédisent un faible impact de la perfusion de solutés à température ambiante sur la perte calorifique. La seconde raison est d'ordre plus pratique : les dispositifs pré-hospitaliers pour réchauffer les solutés restent peu nombreux et manquent encore d'évaluation.

Après une remise en cause de l'extrapolation des modèles théoriques et des résultats d'expérience chez le sujet sain au patient traumatisé sévère, nous proposons une présentation comparée de différentes techniques pour réchauffer des solutés sur le terrain, à l'extrême avant, lors de soutiens en montagne ou au combat, en fonction d'un cahier des charges préalablement défini.

Refroidissement induit par la perfusion de solutés à température ambiante

Étant donné la capacité thermique massique du corps humain (0,83 kcal/kg/°C) et celle de l'eau (1 kcal/kg/°C), la perfusion d'un litre de soluté à température ambiante (20 °C) doit refroidir un patient de 70 kg (t°c à 37 °C) de 17 kcal, soit 0,3 °C. Ces données théoriques sont assez proches des résultats d'études expérimentales chez le sujet sain (15). Nous formulons l'hypothèse selon laquelle le refroidissement réel pourrait être plus important chez le patient traumatisé du fait de ses lésions et de l'altération de ses mécanismes de défense (thermorégulation). Lapostolle, et al. (13) ont conduit une étude française multicentrique sur 448 patients visant à déterminer les facteurs de risque d'hypothermie définie par une température épitympanique inférieure à 35 °C à l'admission hospitalière de patients traumatisés pris en charge par des équipes des services mobiles d'urgence et de réanimation. L'étude a permis de mettre en évidence que la température des solutés perfusés était un facteur de risque indépendant d'hypothermie à l'admission. Or la différence de température des solutés administrés entre le groupe de patients en hypothermie à l'admission et ceux considérés normothermes était faible (19,5 versus 22 °C), responsable d'une différence de refroidissement théorique entre les deux groupes de moins de 0,1 °C, trop peu pour expliquer la différence de température centrale à l'admission, d'autant plus que les volumes moyens administrés étaient inférieurs à 500 ml. Ainsi, si ces résultats étaient confirmés, cela suggérerait que l'administration de faibles volumes de solutés à température ambiante chez des patients traumatisés pourrait être responsable d'un refroidissement plus important que ne le prévoient les données des modèles théoriques ou les évaluations chez le sujet sain.

À l'inverse, plusieurs essais contrôlés randomisés au bloc opératoire ont confirmé l'intérêt du réchauffement des solutés sur la prévention de l'hypothermie per-opératoire (16-19), même pour des volumes de l'ordre de 700 ml (18).

Au total, le principe visant d'abord à ne pas nuire (*primum non nocere*) impose de réfléchir à des solutions pour limiter le refroidissement des patients lors de leur perfusion en ayant recours à des systèmes de chauffe.

Techniques de réchauffement des solutés sur le terrain

Le cahier des charges

Sur le terrain, les moyens disponibles pour chauffer les poches de soluté sont limités, surtout en l'absence d'une source d'alimentation électrique. Les batteries, souvent lourdes, résistent assez mal au froid. En situation isolée, comme en opération extérieure ou lors d'un soutien médical en montagne par mauvais temps, les ressources sont souvent limitées pour les premiers soins à ce que les équipes soignantes peuvent emporter sur elles en plus de leurs effets de protection, de leur armement et des vivres de combat ou de course. Ainsi, le système de chauffe idéal adapté à l'utilisation sur le terrain devrait être peu encombrant, de faible poids, d'une autonomie et d'une efficacité suffisante pour permettre de réchauffer rapidement un volume de soluté suffisant à la réanimation de l'avant d'un blessé hémorragique.

Cible de température pour la perfusion de solutés réchauffés

Le cahier des charges décrit plus haut nécessite également de définir une fourchette cible de températures pour les solutés perfusés. À notre connaissance, aucune recommandation sur la prise en charge du choc hémorragique ou du traumatisé sévère ne s'est penchée sur cette question (6-10). Une cible minimale de température à 38 °C se comprend assez aisément si on ne veut pas refroidir un patient normotherme lors de sa perfusion. Dans l'hypothermie accidentelle, les experts proposent habituellement de réchauffer les solutés à une température entre 38 et 42 °C (20). En cas d'hypothermie, la logique qui prévaut est le réchauffement du patient là où dans le choc hémorragique, tout doit être mis en œuvre pour prévenir l'apparition de l'hypothermie. Mais il est aussi vrai que le blessé hémorragique peut déjà être en hypothermie à la prise en charge et il peut alors exister une volonté de le réchauffer. Dans ce dernier cas de figure, plus le soluté sera chaud, et plus le réchauffement du patient devrait être important. Si des perfusions de solutés jusqu'à 65 °C ont été réalisées à des chiens grâce à des voies veineuses centrales (21, 22), de telles expériences n'ont pas été reproduites à ce jour chez l'homme. On peut en outre se poser la question de l'occurrence de lésions intimales lors de la perfusion de solutés trop

chauds au niveau des veines périphériques. Une équipe franco-québécoise a récemment conduit une revue de la littérature et une méta analyse concernant le risque d'hémolyse avec les réchauffeurs de sang et n'a pas montré d'hémolyse significative pour une température allant jusqu'à 46 °C (23). Au-delà de cette température, les globules rouges perdent progressivement leur capacité de déformation et le risque d'hémolyse croit de manière importante. Toutefois, ces résultats ont été obtenus sur le sang et la sécurité qui entoure la perfusion de cristalloïdes réchauffés pourrait être sensiblement différente puisque le volume perfusé va rapidement se diluer dans la masse sanguine et qu'il n'y a pas d'action directe du système de chauffe sur les éléments figurés du sang. *A contrario*, l'exposition de poches de solutés ou de tubulures à de fortes températures devrait poser la question de leur résistance à la dégradation et donc du risque d'effets indésirables potentiellement toxiques (24). Dans l'attente d'études venant préciser le plafond de température des solutés perfusés à ne pas dépasser, il apparaît parfaitement acceptable de tolérer l'administration de solutés jusqu'à une température de 42 °C.

Refroidissement à travers la tubulure

Connaissant la fourchette cible de température des solutés à perfuser, il apparaît également opportun de connaître le refroidissement du soluté entre le dispositif de chauffe et le patient, c'est-à-dire le long d'une tubulure.

Un soluté refroidit d'autant plus vite au cours de son passage à travers une tubulure que celle-ci est longue et que le débit de perfusion est faible (25, 26). La température extérieure et celle du soluté à la sortie du système de chauffe sont aussi des facteurs à considérer. Plus le soluté est chaud (par rapport à la température ambiante) et plus le refroidissement à travers la tubulure est important (26). Ces différents paramètres expliquent qu'il est assez complexe de prédire le refroidissement d'un soluté à travers une tubulure. Nous n'avons en outre pas trouvé dans la littérature de résultats concernant l'utilisation de tubulures de 180 cm (longueur des tubulures en dotation dans le Service de santé des armées (SSA)) et de cathéters de 18 G autorisant un débit d'environ 100 ml/min. Une première solution, au sein du SSA, serait la réduction de la longueur des tubulures, modifiant ainsi les références au catalogue d'approvisionnement. D'autres solutions peuvent être envisagées pour prévenir le refroidissement du soluté à travers la tubulure : utiliser des débits de perfusion élevés, isoler la tubulure de l'ambiance extérieure, utiliser des dispositifs réchauffant le soluté lors de son passage dans la tubulure, et ce au plus près du site de perfusion. Ces différentes options, qui peuvent se conjuguer entre elles, restent à évaluer.

Enfin, une alternative séduisante à tester pour limiter le refroidissement du soluté le long d'une tubulure est son administration par bolus itératifs à la seringue. Dans ce cas, un prolongateur court pourrait être utilisé afin de limiter le risque d'arrachement de la voie veineuse périphérique lors des manipulations. Le soluté serait prélevé à l'aide d'une seringue de 50 à 60 ml au niveau de la poche laissée (si possible) dans son système de chauffe, puis injecté au patient. Pour gagner en efficacité, l'opération peut éventuellement être réalisée à quatre mains et deux seringues. Un opérateur prélève le soluté dans la poche pendant qu'un second administre le soluté au patient. Évidemment, cette solution est plus ou moins consommatrice en personnes (une à deux) et en temps, mais pourrait être déléguée à des paramédicaux formés lors du travail en équipe.

Ce paragraphe permet de comprendre que selon la solution retenue pour administrer le soluté au patient (tubulure, seringue), les objectifs de chauffe (à la sortie du réchauffeur) peuvent varier pour atteindre la cible de température des solutés réellement perfusés aux patients (38 à 42 °C).

Analyse comparée de différents systèmes de chauffe des solutés à l'avant

La liste présentée ici ne se veut pas exhaustive et la comparaison des différents systèmes (tab. I) se heurte au manque d'étude ou de leur reproductibilité pour appréhender les données chiffrées.

Tableau I. Comparaison de différentes méthodes pour réchauffer des solutés sur le terrain.

Technique de chauffe	Poids	Dimensions	Autonomie	Efficacité*
Contre le corps	néant	néant	Tant que la poche reste sous les vêtements	9,4 à 17,6°C après 2h de randonnée *)%+
Chaufferettes avec poudre de fer	25 g (la paire)	7,5 × 5,2 cm	5-7 h	4 chaufferettes 0 17 à 22°C en 30 min (DP)
Chaufferettes à l'acétate de sodium	150 à 250 g (la paire)	10,5 × 7,5 cm	30-90 min	2 chaufferettes 0 17 à 27°C en 30 min (DP)
Chaufferettes à essence	60 g	9 x 5,8 cm	12 h	NE
Chauffe-biberon autonome	470 g	15 × 27 cm	45 min	17 à 29°C en 30 min (DP)
Réchaud sans flamme des rations américaines (*meal ready to eat*+	19 g	0,6 x 30,5 x 14,6 cm	NC	5 à 37°C en 11 min (31)
Réchaud sans flamme Trekmates®	348 g + 50 g par recharge	18 × 12 × 7,5 cm (la boîte)	45 min par recharge	0 à plus de 45°C en 11 min (DP)
Réchaud à gaz	225 + 277 g (cartouche) + poids de la casserole	10 × 11 x 20 cm	1-2 h	5 à 39° en 8 min 20 s en laboratoire (bain marie, eau à 75°C) (31)
HeatPac™	930 + 500 g	Boitier : 23 x 12 x 6 cm Manchon tubulure : 130 cm	6-20 h	16 à 23° en 30 min lors de l'allumage (27°C si en marche depuis 35 min) (DP)
Thermal Angel® TA 200	255 + 570 g (réchauffeur + batterie)	NC	840 ml	4 à 27°C (60 ml/min) (32) 20 à 34,5°C (60 à 140 ml/min) (32)
Buddy lite AC™	730 g sans le chargeur (1,2 kg)	Batterie : 8,4 x 19,1 x 3,1 cm Réchauffeur : 3,8 x 13,2 x 2,2 cm	2,5 h (moins au froid)	5 à 24°C (100 ml/min) (35) 20 à 33,5°C (100 ml/min (35)

NC : non communiqué ; DP : données personnelles ; NE : non évalué.

* Il s'agit de délais indicatifs obtenus d'après des données personnelles ou les résultats de différentes études non standardisées entre-elles pour réchauffer une poche de 500 ml de cristalloïde.

Port des poches de solutés sous les vêtements

Le port des poches de soluté sous les vêtements (fig. 1) permet de réchauffer 500 ml de sérum physiolgique de 9,4 °C à 17,6 °C après deux heures de randonnée (27). La hausse de température est proportionnelle au nombre de couches de vêtements portés sur le soluté. On peut aussi imaginer que le rendement serait d'autant plus important que l'exercice physique est intense et que l'ambiance thermique et l'hygrométrie sous les vêtements sont élevées (principes de thermorégulation (14)). Cette technique est cependant insuffisante à elle seule pour réchauffer des solutés aux températures cibles fixées. Elle peut éventuellement être utile en association avec une autre technique de chauffe.



Figure 1. Réchauffement d'une poche de soluté contre le corps sous plusieurs couches de vêtements (non portées ici) ; la poche est maintenue par le dispositif de recherche des victimes en avalanche en dotation dans la 27e brigade d'infanterie de montagne.

Les chaufferettes

Les chaufferettes sont des dispositifs portables conçus pour apporter de la chaleur. Il en existe pour les mains, les pieds ou le corps. Certaines sont électriques, d'autres chimiques ou à essence.

Les chaufferettes électriques fonctionnent à l'aide d'une batterie rechargée grâce à une alimentation électrique, le plus souvent via un câble USB (*universal serial bus*). Or, la performance des batteries exposées au froid pose question et limite en partie l'intérêt de tels dispositifs lors de raids hivernaux par exemple. De plus, la température cible de ces chaufferettes n'excède pas 43 °C. Leur efficacité pour réchauffer rapidement des solutés à une température d'au moins 38 °C est donc très peu probable.

Parmi les chaufferettes chimiques, certaines sont à usage unique, d'autres sont réutilisables (28). Leur mécanisme d'action est différent. Les chaufferettes à usage unique produisent de la chaleur par une réaction d'oxydation de la poudre de fer à l'air ; la réaction est catalysée par du sel. Le carbone du charbon activé participe à la dispersion de la chaleur alors qu'un matériau absorbant (polyacrylate par exemple) contrôle la vitesse de la réaction pour durer plusieurs heures. La réaction s'arrête quand tout le fer est oxydé. Ces chaufferettes sont légères (environ 25 g la paire), peu encombrantes, peu onéreuses mais leur efficacité dépend de l'oxygène et peut être diminuée en haute altitude. Leur performance est en outre insuffisante pour atteindre la température cible : huit chaufferettes à main réchauffent un litre de sérum salé isotonique isolé par un matelas en mousse de 3 à 17,6 °C seulement (29).

D'autres chaufferettes chimiques fonctionnent grâce à une réaction exothermique indépendante de l'oxygène. Une solution aqueuse saturée en acétate de sodium en surfusion va retourner, après activation, vers un état solide plus stable ; le changement d'état libère de l'énergie sous forme de chaleur (température de 52 °C) pendant 30 min à 1 h 30. Ces chaufferettes sont réutilisables après immersion dans l'eau bouillante pendant 20 min ce qui n'est pas envisageable sur le terrain mais éventuellement lors du retour au bivouac. Leur poids, selon la marque, va de 150 à 250 g la paire. Leur performance pour réchauffer des solutés n'est pas connue.

Les chaufferettes à essence (60 g par dispositif) fonctionnent par catalyse sans production de flamme. Il suffit d'appliquer douze millilitres d'essence sur la mèche coton en contact avec le brûleur pour obtenir une température de 50 °C pendant douze heures. Ce dispositif n'a pas non plus été évalué pour réchauffer des poches de soluté.

Il faut enfin noter que les chaufferettes, outre leur utilisation détournée pour réchauffer des solutés, peuvent surtout permettre de réchauffer les extrémités (prévention des gelures). Elles pourraient aussi participer à lutter contre l'hypothermie en les plaçant sur les gros axes vasculaires, tout en évitant un contact direct avec la peau pour prévenir une brûlure (efficacité restant à évaluer).

Les chauffe-biberons autonomes

Les chauffe-biberons autonomes fonctionnent sans électricité, de la même manière que les chaufferettes chimiques à l'acétate de sodium. Ils sont réutilisables après avoir été mis dans de l'eau bouillante pendant 20 min. S'ils sont évidemment plus lourds, plus volumineux et moins polyvalents que des chaufferettes, ils ont l'avantage de recouvrir entièrement des poches de soluté allant de 250 à 500 ml.

Dispositif de chauffe des rations de combat américaines

Le dispositif de chauffe (fig. 2) des rations de combats américaines (*Meal ready to eat*, MRE) réchauffe les aliments par une réaction exothermique quand on ajoute de l'eau à un alliage de magnésium et de fer. L'eau réalise une oxydation du magnésium avec émission de chaleur et la poudre de fer permet d'accélérer cette réaction. Les chauffe-rations peuvent être utilisés séparément du plat à réchauffer. Deux chauffe-rations des MRE (19 g) fixés de part et d'autre d'un soluté de 500 ml à 5 °C permettent d'atteindre une température de soluté proche de 37 °C en 11 minutes dans une pièce à 5 °C (30, 31).



Figure 2. Le dispositif de chauffe de la ration de combat américaine nécessite l'ajout d'eau pour produire une réaction exothermique avec un alliage magnésium fer.

Dispositif de chauffe de la marque Trekmates®

La marque Trekmates® propose également un système de chauffe (fig. 3) utilisant une réaction exothermique par ajout d'eau à un alliage en poudre. Le dispositif est constitué d'un boîtier à double fond (348 g sans recharge). À l'étage inférieur, on place la poudre (recharge de 50 g) sur laquelle on verse l'eau. Les aliments, ou les poches de soluté, sont placés à l'étage supérieur. Il est possible de réchauffer des poches de 250 et 500 ml. Le dispositif est très performant et permet d'atteindre des températures dépassant 45 °C en quelques minutes. Le principal problème de ce dispositif pourrait être sa trop grande efficacité : température du soluté à perfuser supérieure à 42 °C. Néanmoins, il s'agit d'un dispositif particulièrement prometteur qu'il convient d'évaluer.



Figure 3. Dispositif de chauffe de la marque Trekmates® : l'ajout d'eau à un sachet de poudre (recharge) produit une réaction exothermique.

Réchaud à gaz et bain-marie

Les solutés peuvent être chauffés au bain-marie à l'aide d'un réchaud. L'efficacité dépend du réchaud et du carburant utilisés ainsi que de l'altitude. Le principal inconvénient est le poids du dispositif composé par le réchaud, sa bouteille de gaz et le récipient (casserole) nécessaire à la cuisson au bain-marie. Le système nécessite en outre une quantité importante d'eau et un thermomètre pour surveiller la température. Il est néanmoins efficace puisqu'il permet de réchauffer 500 ml de soluté à une température de 39 °C en fin de tubulure en un peu plus de 8 minutes (immersion dans une eau à 75 °C) (31). Notons que l'eau du bain-marie pourrait être récupérée pour réaliser une bouillotte servant au réchauffement actif externe du blessé.

Le HeatPac™

Le HeatPac™ est un générateur de chaleur portable disponible au catalogue d'approvisionnement du SSA (fig. 4). Un bâton de charbon, contenu dans la chambre de combustion, produit de la chaleur pour réchauffer l'air provenant d'un ventilateur alimenté par des piles. Cela permet de réchauffer un patient. Le dispositif pèse, avec son combustible, 930 g et permet une production de chaleur de 40 à 250 W pendant 6 à 20 heures. Le HeatPac™ possède un module accessoire de 500 g pour réchauffer une poche de perfusion et sa tubulure (HeatPac™ *infusion sleeve*). Les principaux inconvénients du dispositif sont le poids et le volume qui limitent son utilisation sur le terrain. Il peut néanmoins être prépositionné dans un abri non chauffé lors d'un raid en étoile, ou pris comme matériel collectif de sécurité lors d'un raid hivernal itinérant. Malgré la présence d'un tuyau d'évacuation des gaz (court, 50 cm), son mode de combustion doit faire redouter une intoxication au monoxyde de carbone dans les espaces confinés.

Quand le HeatPac™ *infusion sleeve* vient d'être allumé, il réchauffe en 30 min une poche de 500 ml de 16 à 23 °C et une poche de 250 ml de 17 à 29 °C (données personnelles). Si le HeatPac™ est allumé

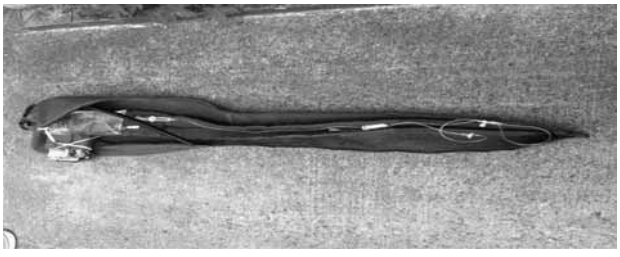


Figure 4. Le HeatPac™ avec sa cartouche de combustible, sa pile et son manchon (infusion sleeve) pour réchauffer une poche de perfusion et sa tubulure.

depuis au moins 35 min (phase de préchauffage), il réchauffe une poche de 500 ml de 16 à 27 °C en 30 min (données personnelles). Son efficacité pour réchauffer les poches de soluté est donc limitée.

Dispositifs à batterie réchauffant le soluté à travers sa tubulure

De nouveaux réchauffeurs de terrain à batterie sont apparus sur le marché. Ils fonctionnent en réchauffant le soluté lors de son passage à travers la tubulure. Certains ont fait l'objet d'évaluations comme le système Thermal Angel® TA 200 (32, 33) (fig. 5). Si son efficacité pour réchauffer des solutés à 38 °C est limitée (32), il semble pouvoir prévenir l'aggravation d'une hypothermie en association avec le réchauffement passif sur un modèle de choc hémorragique chez le cochon (33). Son poids est d'environ 255 g et si les premières batteries pesaient 2,8 kg, la dernière génération ne pèse plus que 570 g. Par contre, une batterie ne permet de réchauffer qu'un volume de 840 ml avant de devoir être rechargée pendant 18 h (33). Ces caractéristiques techniques prises ensemble en limitent l'utilisation à l'extrême avant.



Figure 5. Dispositif Thermal Angel® fonctionnant sur batterie (flèche de droite) pour réchauffer un soluté lors de son passage dans une tubulure (flèche de gauche).

Le système Buddy lite AC™ de chez Belmont® réchauffe également le soluté lors de son passage à travers la tubulure. Il offre certaines caractéristiques techniques qui pourraient être séduisantes avec un poids de 730 g (réchauffeur et sa batterie), une recharge de sa batterie en 2,5 h et un volume annoncé de 4,4 L de soluté réchauffé par cycle. En revanche son volume est important dans un sac et surtout sa performance apparaît limitée pour la prise en charge d'un choc hémorragique sur le terrain. Au-delà de 25 ml.min^{-1}, le système ne permet pas d'atteindre une température cible de 38 °C (34, 35) : 24 °C à 100 ml/min pour un soluté initialement à 5 °C, 33,5 °C quand le soluté a une température de départ à 20 °C (35).

D'autres systèmes sont plus performants (34, 35) mais inutilisables sur le terrain du fait de l'absence de batterie.

Discussion

Le seul moyen pour réchauffer des poches de soluté sur le terrain disponible au catalogue d'approvisionnement du SSA est le HeatPac™. D'après notre expérience, celui-ci a une efficacité très limitée et il est peu pratique sur le terrain du fait de son poids et de son volume.

À l'heure actuelle, les seuls dispositifs qui semblent pouvoir permettre d'atteindre une température cible se rapprochant de 38 °C rapidement sont les réchauds à gaz et les réchauds sans flamme des MRE ou de la marque Trekmates®. Tous ces réchauds ont l'avantage d'être polyvalents et de pouvoir réchauffer de l'eau pour prendre en charge des gelures par exemple ou simplement préparer un repas. Les chauffe-rations des MRE ont l'avantage d'être extrêmement légers et de pouvoir en partie réchauffer la tubulure, ce qui n'est pas possible avec le modèle Trekmates®. En revanche, la grande efficacité de ces dispositifs et les paramètres de chauffe constamment différents sur le terrain (température extérieure et température du soluté notamment) imposent de surveiller la température du soluté lors de la chauffe afin d'éviter la perfusion d'un soluté à une température dépassant 42 °C. Ceci pourrait être réalisé en prélevant 10 à 20 ml de soluté dans une seringue et en y plongeant une colonne de galinstan ou un thermomètre électronique (tests prometteurs à confirmer). Les thermomètres infrarouges sont plus volumineux, actuellement non disponibles au catalogue d'approvisionnement du SSA, mais pourraient être une alternative dont il faut aussi évaluer la fiabilité et l'efficacité en extérieur. Tous les réchauds présentés permettent de réchauffer des volumes de soluté globalement compatibles avec la réanimation pré-hospitalière de traumatisés sévères, mais leur mise en œuvre nécessite d'avoir été anticipée (temps de chauffe). Les réchauds à gaz semblent moins pratiques sur le terrain que les réchauds sans flamme et exposent au risque de brûlure que ce soit par la flamme ou par l'eau de cuisson du bain-marie. La cuisson au bain-marie requiert une surveillance constante de la température de l'eau peu compatible avec la mise en œuvre en situation isolée ou sur le champ de bataille. De plus, les réchauds à gaz ne sont pas très discrets la nuit. Ainsi, si les réchauds à gaz sont probablement intéressants lors de soutiens en montagne, les réchauds sans flamme, plus discrets et plus facilement mobilisables rapidement, pourraient être plus intéressants sur les théâtres d'opération extérieure quand la situation tactique le permet.

À côté de ces dispositifs, seul le système Buddy lite AC™ permet d'atteindre une température proche de 38 °C mais à un débit incompatible avec la réanimation d'un choc hémorragique. Le dispositif Thermal Angel® semble moins performant (température de 34,5 °C) mais doit permettre la perfusion d'environ 840 ml à un débit supérieur ou égal à 100 ml/min. L'intérêt majeur de ces deux systèmes de chauffe est de permettre de réchauffer

le soluté au plus près du patient, limitant ainsi la perte de chaleur lors du passage dans une tubulure exposée à l'air ambiant. Le rapport poids sur performance reste cependant inférieur à celui des chauffe-rations (MRE ou Trekmates®). Ces systèmes de chauffe pourraient à l'avenir trouver leur place dans les vecteurs d'évacuation et au *Role 1*.

Les chaufferettes réutilisables et les chauffe-biberons autonomes semblent avoir une efficacité similaire mais insuffisante pour atteindre ne serait-ce qu'une température de soluté de 30 °C. Ils ont pour inconvénient majeur de ne pouvoir réchauffer qu'une seule poche et d'être difficilement réutilisables sur le terrain (nécessiter de les plonger dans de l'eau bouillante pendant 20 min). Cela limite la pertinence de leur emploi lorsqu'un remplissage massif est nécessaire. Ceci dit, les chauffe-biberons autonomes pourraient trouver une place à l'extrême avant, le temps de pouvoir mettre en œuvre d'autres dispositifs plus efficaces mais moins rustiques ou pratiques (dispositif d'attente). Les chaufferettes à usage unique semblent, quant à elles, trop peu performantes pour pouvoir les recommander, même en situation dégradée.

Lors de l'utilisation d'un dispositif ne permettant pas d'atteindre 38 °C, il est probablement utile de préchauffer les poches en les plaçant contre le corps sous les vêtements. Quand cela est possible, il pourrait aussi être intéressant de préchauffer les poches au four à micro-ondes (présents dans beaucoup de refuges) et de les recouvrir d'une couverture de survie pour limiter leur refroidissement dans le sac.

Conclusion

De petits volumes perfusés à température ambiante (20 °C) pourraient suffire à refroidir significativement un traumatisé sévère. La perfusion de solutés réchauffés apparaît donc nécessaire afin de limiter le risque de précipiter ou d'aggraver une hypothermie pouvant conduire au cercle vicieux de la triade létale. Le tableau I résume les caractéristiques des différentes techniques de chauffe décrites dans cet article. Cette mini-revue a l'intérêt de mettre en exergue les différents travaux restant à mener. Une étude est par ailleurs en cours au centre médical des armées de Grenoble Annecy Chambéry afin d'évaluer l'efficacité de certains systèmes de chauffe seuls (chaufferettes, chauffe-biberons, dispositif Trekmates®) ou après préchauffage des solutés au contact de la peau.

Enfin, le réchauffement des solutés lors de la perfusion des patients traumatisés ne doit pas faire oublier les autres moyens de lutte contre l'hypothermie (réchauffement passif et actif externe notamment).

Les auteurs ne déclarent pas de conflit d'intérêt concernant les données présentées dans cet article.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Spahn DR, Bouillon B, Cerny V, Coats TJ, Duranteau J, Fernández-Mondéjar E, et al. Management of bleeding and coagulopathy following major trauma : an updated European guideline. Crit Care. 2013 ;17 (2) : R76.
2. Prise en charge pratique des blessés de guerre – La méthode SAFE-MARCHE-RYAN-le SAFE-ABC ou tout ce qu'il faut faire avant de s'occuper du blessé le plus grave. CITERA de Lyon HIA Desgenettes ; 2009.
3. Butler FK, Holcomb JB, Schreiber MA, Kotwal RS, Jenkins DA, Champion HR, et al. Fluid resuscitation for hemorrhagic shock in tactical combat casualty care. J Spec Op Med. 2014 ;14:30-55.
4. Wade CE, Salinas J, Eastridge BJ, McManus JG, Holcomb JB. Admission hypo- or hyperthermia and survival after trauma in civilian and military environments. Int J Emerg Med. 2011;4:35.
5. Moore EE. Staged laparotomy for the hypothermia, acidosis, and coagulopathy syndrome. Am J Surg. 1996 ;172 :405-10.
6. Duranteau J, Asehnoune K, Pierre S, Ozier Y, Leone M, Lefrant J-Y et le groupe de travail de la Société française d'anesthésie et de réanimation (Sfar), de la Société de réanimation de langue française (SRLF), de la Société française de médecine d'urgence (SFMU) et du Groupe d'études sur l'hémostase et la thrombose (GEHT). Recommandations sur la réanimation du choc hémorragique [en ligne]. Décembre 2014. Disponibilité sur Internet : http://www.sfar.org/article/1210/rfe-recommandations-sur-la-reanimation-du-choc-hemorragique.
7. Tazarourte K, Cesaréo E, Atchabahian A, Tourtier J-P, Briole N, Vigué B. Update on prehospital emergency care of severe trauma patients. AFAR. 2013;32:477-82.
8. Davis J-S, Spann C, Marcotte G, Reynaud B, Fontaine O. Haemorrhagic shock, therapeutic management. AFAR. 2013;32: 497-503.
9. Tourtier J-P, Palmier B, Tazarourte K, Raux M, Meaudre E, Ausset S, et al. The concept of damage control : extending the paradigm in the prehospital setting. AFAR. 2013;32 :520-6.
10. Carlino W. Damage control resuscitation from major haemorrhage in polytrauma. Eur J Orthop surg TRaumatol. 2014 ; 24 : 137-41.
11. Kwan I, Bunn F, Chinnock P, Roberts I. Timing and volume of fluid administration for patients with bleeding. Cochrane Database Syst Rev. 2014;3 :CD002245.
12. Gentilello LM, Jurkovich GJ, Stark MS, Hassantash SA, O'Keefe GE. Is hypothermia in the victim of major trauma protective or harmful ? A randomized, prospective study. Ann Surg. 1997 ; 226 : 439-49.
13. Lapostolle F, Sebbah J, Couvreur J, Koch F, Savary D, Tazarourte K et al. Risk factors for onset of hypothermia in trauma victims : The HypoTraum study. Crit Care. 2012 ;16:R142.
14. Kedzierewicz R et Lebleu C. Conséquences environnementales sur la prise en charge du blessé de guerre : le froid et l'hypothermie, températures élevées. In : Mérat S, editors. Le blessé de guerre. 1st ed. Montrouge : John Libbey Eurotext ; 2014: 105-21.
15. Moore TM, Callaway CW, Hostler D. Core temperature cooling in healthy volunteers after rapid intravenous infusion of cold and room temperature saline solution. Ann Emerg Med. 2008;51:153-9.

16. Woolnough M, Allam J, Hemaingway Cn Cox M, Yentis SM. Intra-operative fluid warming in elective cesarean section : a blinded randomized controlled trial. Int J Obstet Anesth. 2009 ; 18 : 346-51.
17. Smith CE, Desai R, Glorioso V, Cooper A, Pinchak AC, Hagen KF. Preventing hypothermia : convective and intravenous fluid warming versus convective warming alone. J Clin Anesth. 1998 ; 10 : 380-5.
18. Kim G, Kim MH, Lee SM, Choi SJ, Shin YH, Jeong HJ. Effect of pre-warmed intravenous fluid on perioperative hypothermia and shivering after ambulatory surgery under monitored anesthesia care. J Anest. 2014;28:880-5.
19. Campbell G, Alderson P Smith AF, Warttig S. Warming of intravenous and irrigation fluids for preventing inadvertent perioperative hypothermia. Cochrane Database Syst Rev. 2015;4: CD009891.
20. Brown DJA, Brugger H, Boyd J, Paal P. Accidental hypothermia. N Engl J Med. 2012;367:1930-8.
21. Fildes J, Sheaff C, Barett J. Very hot intravenous fluid in the treatment of hypothermia. J Trauma. 1993;35:683-6.
22. Sheaff CM, Fildes JJ, Keogh P, Smith RF, Barett JA. Safety of 65°C intravenous fluid for the treatment of hypothermia. Am J Surg. 1996; 172:52-5.
23. Poder TG, Nonkani WG, Tsakeu Leponkouo E. Blood warming and hemolysis : a systematic review with meta-analysis. Transfusion Med Reviews. 2015;29:172-80.
24. Tasdogen A, Erkin Y, Duru L, Gonullu E. Effects of line type blood-liquid warmer on two different infusion sets. J Pak Med Assoc. 2015; 65:362-5.
25. Faries G, Johnston C, Pruitt KM, Plouff RT. Temperature relationship to distance and flow rate of warmed IV fluids. Ann Emerg Med. 1991;20:1198-200.
26. Lee SH, Kim HK, Park SC, Kim ES, Kim TK, Kim CS. The effect of infusion rate and catheter length on the temperature of warming fluid. Korean J Anesthesiol. 2010;58:31-7.
27. Mortimer RB, Hurtt H. Intravenous Fluid Warming with Body Contact in a Wilderness Setting. Wilderness Environ Med. 2008; 19:144-5.
28. Wang L. Hand Warmers. Science and Technology. 2010 ; 88 : 36.
29. Spencer CA, Gupta S, Lemery JM. The utilization of chemical « Hand Warmers » and multiple insulation methods for warming of normal saline in cold environment. Wilderness Environ Med. 2010;21:373.
30. Garcia GD, Modesto VL, Lee KT. Avoiding hypothermia in trauma : use of the flameless heater pack, meal ready to eat, as a field-expedient means of warming crystalloid fluid. Mil Med. 2000;165:903-4.
31. Platts-Mills TF, Stendell E, Lewin MR, Moya MN, Dhah K, Stroh G, Shalit M. An experimental study of warming intravenous fluid in a cold environment. Wilderness Environ Med. 2007;18:177-85.
32. Dubick MA, Brooks DE, Macaitis JM, Bice TG, Moreau AR, Holcomb JB. Evaluation of commercially available fluid-warming devices for use in forward surgical and combat areas. Mil Med. 2005;170:76-82.
33. Bridges E, Schmelz J, Evers K. Efficacy of the blizzard blanket plus thermal angel in preventing hypothermia in a hemorrhagic shock victim (Sus scrofa) under operational conditions. Mil Med. 2007;172:17-23.
34. Bruells CS, Bruells AC, Rossaint R, Stoppe C, Schaelte G, Zorzmba N. A laboratory comparison of the performance of the buddy lite™ and endFlow™ fluid warmers. Anesthesia. 2013;68:1161-4.
35. Kim HJ, Yoo SM, Jung JS, Lee H, Sun K, Son HS. The laboratory performance of enFlow®, buddy liteTM, and ThermoSens® fluid warmers. Anesthesia. 2015;70:205-8.