Deux autres ennemis du combattant : le froid et l'hypothermie

R. Kedzierewicz, D. Schlienger

Antenne médicale de Barby/13e BCA, CMA des Alpes.

Résumé

L'homme possède un centre homéotherme et une périphérie poïkilotherme. Il produit sa propre chaleur (endotherme). Les processus de thermorégulation peuvent être dépassés lors d'une exposition environnementale au froid : c'est l'hypothermie accidentelle (température centrale inférieure à 35 °C). En l'absence de réchauffement, l'évolution conduit au décès. Les techniques de réchauffement peuvent être passives, sans source de chaleur (isolation, couvertures aluminisées), ou actives. On distingue le réchauffement externe (chaufferettes, couvertures chauffantes) et le réchauffement interne, plus ou moins invasif : boissons chaudes, gaz chauds, solutés chauds, lavage des cavités de l'organisme, méthodes extracorporelles.

Mots-clés : Hypothermie accidentelle. Techniques de réchauffement.

Abstract
TWO OF SOLDIERS' "OTHER" ENEMIES: COLD WEATHER AND HYPOTHERMIA.

Human beings have a homeotherm center and a poikilotherm periphery. They produce their own heat (endotherm). Thermoregulation processes can be overrun in case of exposure to severe cold: it is called accidental hypothermia (central temperature below 35°C). Without re-warming, the natural evolution is death. Re-warming techniques can be passive, without warm sources (isolation, blankets), or active. There is external re-warming (heating packs, warming blankets) and internal re-warming; they can be more or less invasive: warm drinks, warm gas or solutions, cleaning of cavities, extracorporeal circulation. This article reviews these techniques and their indications.

Keywords: Accidental hypothermia. Re-warming techniques.

Introduction, définitions

L'homme est un modèle à deux compartiments caloriques. Son centre (axe cerveau, médiastin, organes digestifs) est homéotherme, sa température variant très peu autour de 37 °C alors que sa périphérie (muscles, peau) est poïkilotherme, à température variable [1]. L'homme perd de la chaleur par radiation, conduction (air isolant, eau conductrice), convection (chute en rivière, effet « wind chill »), et par évaporation. Il est capable de produire de la chaleur de manière dépendante de l'activité musculaire (exercice physique, frisson) ou indépendante grâce à l'activité du tissu adipeux brun : il est endotherme [2].

Ces mécanismes s'intègrent dans un processus de thermorégulation pouvant être dépassé lors d'une exposition environnementale au froid : on parle alors d'hypothermie accidentelle si la température centrale est inférieure à 35 °C. D'autres causes d'hypothermie (per opératoire, thérapeutique) sont décrites et ne font pas l'objet de cet article.

L'hypothermie accidentelle peut survenir chez un patient présentant des co-morbidités altérant ses capacités de thermorégulation (hypothermie secondaire ou à défense minimale) ou chez un individu initialement en pleine santé (hypothermie primaire ou à défense maximale). Sont également décrits des cas d'hypothermie à défense mixte [3] survenant chez des individus sans co-morbidité mais dont les capacités de défense sont altérées par leur activité avant la survenue de l'hypothermie (épuisement, fatigue, exposition prolongée au froid,…)[4].

Clinique et classifications

Il existe plusieurs classifications de l'hypothermie. Celle validée par les recommandations 2010 de l'ERC (European Resuscitation Council) [5] correspond au système suisse d'évaluation de l'hypothermie reposant plus sur la clinique que sur la mesure de la température [6,7] Les manifestations cliniques sont résumées dans le tableau I [1,3,5,8,9-16]. Il existe des troubles de l'hémostase et des modifications rhéologiques : majoration de l'hématocrite de 2 %

Tableau I. Évolution clinique en fonction du degré de l'hypothermie ; en gras les items de la classification suisse adaptée à l'évaluation rapide de la profondeur de l'hypothermie en l'absence de traumatisme ou co-morbidité associés.

Température corporelle	Signes neuromusculaires	Signes respiratoires	Signes cardio-vasculaires	Signes rénaux et métaboliques
32-35 °C (hypothermie légère, stade I)	**Conscient**, baisse de la vigilance, dysarthrie, **frissons**	Polypnée, bronchorrhée, (alcalose)	Tachycardie et hypertension artérielle transitoire	Polyurie
28-32 °C (hypothermie modérée, stade II)	**État stuporeux, arrêt du frisson**, baisse progressive des réflexes (notamment baro-réflexe), ataxie	Bradypnée progressive (● activité ciliaire, sécrétion mucus, réflexe de toux)	Bradycardie, hypotension, ○ PR, QRS, QT, apparition onde J Osborn (non pronostique), risque fibrillation auriculaire ± ventriculaire	↘ débit filtration glomérulaire, tubulopathie, ↘ clairance lactate, drogues, rhabdomyolyse
24-28 °C (hypothermie sévère, stade III)	**Coma**, trismus, mydriase aréactive (non pronostique), enraidissement.	Bradypnée extrême (acidose)	Abolition des pouls périphériques, bradycardie extrême, fibrillation ventriculaire	Oligo-anurie, insuffisance rénale, hépatique, iléus, ↗ acidité estomac
< 24 °C (hypothermie profonde, stade IV)	Coma aréactif, **état de mort apparent**	Arrêt respiratoire	Arrêt circulatoire	Arrêt du métabolisme

pour chaque degré de température perdu, et les réactions enzymatiques nécessaires à la coagulation ne sont plus opérantes [1]. La fonction plaquettaire est altérée, il existe une séquestration splénique et hépatique, une dépression de la production au niveau médullaire responsables d'une thrombopénie. Des coagulations intravasculaires disséminées sont rapportées. Le système immunitaire est également déprimé par le froid [17]. Enfin, Damien Schlienger rapporte, dans sa thèse de médecine sur les cas d'hypothermie survenus en 2004 au Centre d'instruction et d'entraînement au combat en montagne [3], des troubles neuro-psychologiques : troubles du comportement, crises d'angoisses, délires, fuites immotivées ou prostration, des déshabillages paradoxaux, par ailleurs bien connus [8, 15].

Mesure de la température

La mesure de la température chez le patient hypotherme nécessite un appareillage spécifique et doit être multimodal chaque fois que possible : colonnes de galinstan (gallium + indium + étain) permettant la mesure de températures inférieures à 35 °C, appareils à thermistance, thermocouple, infrarouges ou des appareils numériques (tableau II) [5, 12, 18-22]. En ambiance

Tableau II. Les différents sites de mesure de la température centrale, leurs avantages et inconvénients.

Sites de mesure	Avantages	Inconvénients	Commentaires
Artère pulmonaire	Référence	Risque de FV	Invasif
Tiers inférieur de l'œsophage	Faible inertie	Risque de FV ; sensible à la température des gaz inhalés si trop haut	Possible au stade IV
Vessie		Risque de FV ; inertie, inadapté terrain	Inadapté si lavage péritonéal
Rectum à 8 cm de la marge anale		Grande inertie ; inadapté terrain	Inadapté si lavage péritonéal
Naso-pharyngée	Mesure corrélée à la T° cérébrale lors du réchauffement par CEC	T° sous-estimée si ambiance froide ; inadapté si neige dans les VAS	Bonne alternative à l'hôpital
Sublinguale	Facile d'accès	T° sous-estimée si ambiance froide ; inadapté si neige dans les VAS	Situation dégradée
Épitympanique	Facile d'accès	T° sous-estimée si ambiance froide, ACR ; inadapté si neige dans le conduit auditif externe	Thermistance ou thermocouple sur terrain (type G. Métraux®), infrarouges à l'hôpital (type Genius® 3000A)

FV : fibrillation ventriculaire ; T° : température centrale ; CEC : circulation extracorporelle ; VAS : voies ariennes supérieures.



Figure 1. Thermomètre à thermocouple de Gilbert Métraux adapté sur le terrain en ambiance froide.

froide, c'est le thermomètre de Gilbert Métraux (figure 1) qui paraît le plus adapté avec les limites inhérentes à la prise de la température tympanique (inadaptée en cas d'arrêt cardio-respiratoire, neige dans le conduit auditif externe). En situation très dégradée, une colonne à galinstan ou une sonde à thermistance peuvent être utilisées en sublingual.

Les différentes techniques de réchauffement

La première attitude sera de mettre le patient à l'abri (protection contre le vent, contre la pluie) et si possible dans une cellule chauffée (cellule d'une unité mobile hospitalière, d'un véhicule à chenille ou d'un refuge) [23]. Il faut se méfier du rotor des hélicoptères qui induit un vent relatif associé à une bourrasque de neige fraîche.

La poursuite de la baisse de la température après le début de la prise en charge par les premiers secours définit « l'after drop ». Le réchauffement actif externe induit une vasodilatation périphérique dont la conséquence est le retour à l'équilibre de la température périphérique par rapport à la température centrale et donc une baisse de la température centrale. Les baro réflexes étant plus ou moins inopérants chez le patient hypotherme, toute manipulation brusque du patient aura pour risque d'entraîner un collapsus et de ramener du sang froid de la périphérie vers le centre, diminuant encore la température centrale [1]. À partir du stade II d'hypothermie, la manipulation des patients doit être prudente.

Réchauffement passif (absence de source de chaleur externe)

Isolation du sol

L'isolation du sol se fait avec un matelas en mousse. Ils sont de différentes qualités (matelas autogonflant à cellules > matelas en coquilles d'œuf > simple matelas mousse). Certains matelas intègrent des matériaux réfléchissants (alumine) afin de « recycler » la chaleur perdue par radiation et/ou réfléchir le froid vers le sol (« miroir thermique »). Enfin, les pertes par conduction avec le sol sont limitées par le décubitus latéral par rapport au décubitus dorsal (plus faible surface d'échange).

Les différents types d'isolation du milieu extérieur

Une couche d'air est emprisonnée autour du patient à l'aide de couvertures ou mieux de sacs en matière plus ou moins réfléchissante afin de lutter contre les pertes par radiation. Les couvertures multicouches sont plus efficaces : blizzard blanket®, heat reflective shell® [24]. Le Peloton de gendarmerie de haute montagne (PGHM) utilise également en association du papier bulle au contact de la victime et des couvertures par-dessus. La couche de papier bulle empêche l'évaporation de l'humidité vers la couverture qui garde alors toutes ses propriétés calorifiques [25]. Une augmentation suffisante de l'hygrométrie et de la température de l'eau et de l'ambiance autour de la peau permettrait de diminuer les pertes par évaporation et conduction. Le papier bulle utilisé seul perd de son intérêt et est moins efficace qu'une couverture. La laine et des duvets constitués de fibres synthétiques gardent leur propriété calorifique même mouillés. Ce n'est pas le cas des duvets en plumes d'oie ou de canard.

Les manuels de secourisme préconisent de déshabiller les patients et de les sécher, au risque d'aggraver l'hypothermie en soumettant le patient au milieu extérieur. Laisser un patient dans ses vêtements humides, l'isoler des couvertures avec du plastique (type papier bulle) est aussi efficace pour prévenir la déperdition de chaleur que le déshabiller pour le sécher puis le recouvrir de couverture [22, 26]. L'emballage du patient devra également prévoir une couche superficielle pour l'isoler du vent [27] et des précipitations [22].

Réchauffement actif externe

Chez le patient en hypothermie légère (stade I), le réchauffement cutané provoque un arrêt du frisson, améliore le confort, diminue le travail cardiaque et préserve les ressources énergétiques endogènes [28]. À partir du stade II d'hypothermie, le réchauffement actif externe entraîne une vasodilatation périphérique qui risque d'aggraver l'after drop et favoriser une FV ou un collapsus. Le réchauffement actif externe doit être limité au tronc.

Le réchauffement par des sources de chaleur externes entraîne un risque de brûlures. Certains chauffages d'appoint exposent au risque d'intoxication par le monoxyde de carbone. Le réchauffement corps à corps est très peu efficace et expose le « sauveteur » à son refroidissement. À partir du stade II d'hypothermie, les bains chauds corps entier doivent être proscrits en raison du risque de vasodilatation.

Des bouillottes peuvent être utilisées. En situation dégradée, l'urine peut être récoltée dans un récipient à fermeture hermétique et glissée dans un sac de couchage. Des chaufferettes trouvées dans le commerce pourront être placées sur les gros troncs vasculaires (sans contact direct avec la peau).

L'utilisation intégrée de plusieurs chaufferettes formant une couverture chauffante (ready heat blanket®) a une efficacité comparable à celle d'un Bair Hugger® et peut être associée à une heat reflective shell® ou à une blizzard blanket® offrant des performances supérieures au Bair Hugger® [24]. Il existe à l'hôpital des couvertures chauffantes en polymères (de type hot dog®) évaluées en per-opératoire mais pas dans l'hypothermie accidentelle [29, 30] ainsi que des matelas à eau chaude [31].

Le gold standard est le Bair Hugger® : réchauffement 2,4 °C/heure en association avec des gaz inhalés et

des solutés réchauffés [32]. Il nécessite une alimentation électrique limitant son utilisation sur le terrain. La couverture chauffante ne doit être appliquée que sur le tronc afin de prévenir la vasodilatation périphérique [33, 34]. Le HeatPac™, système de chauffage à combustion (charbon), va permettre de pulser de l'air dans un système de pieuvre à quatre bras enroulés autour du patient.

Réchauffement actif interne

Son objectif est de privilégier un réchauffement du centre afin de limiter l'*after drop*, le risque de FV ou de collapsus.

Méthodes pas ou peu invasives

- Boissons chaudes

Indispensables en préventif : elles évitent que les patients se refroidissent quand ils s'hydratent. Elles ne sont pas adaptées aux patients présentant des troubles de la conscience. L'ajout de glucose permet de soutenir l'activité métabolique.

- Perfusion de solutés réchauffés

L'administration d'1 L de soluté à 42 °C à une personne de 70 kg dont la température centrale est de 25 °C la réchauffera de 0,3 °C [35]. La perfusion de solutés réchauffés est peu efficace sauf quand de grandes quantités sont perfusées, du fait de la polyurie, de la fuite capillaire et de la déshydratation précédant l'hypothermie.

Le Ringer Lactate doit être évité à partir du stade II de l'hypothermie (diminution de la clairance des lactates). Il en va probablement de même pour le sérum glucosé à partir de l'hypothermie stade III. Il faut éviter l'administration de potassium (hyperkaliémie accompagnant l'acidose dans l'hypothermie sévère) et il est nécessaire de disposer d'une kaliémie fiable afin de guider la poursuite de la réanimation en cas d'arrêt cardio-respiratoire (ACR). Le soluté à préférer initialement au-delà du stade II d'hypothermie est le sérum physiologique [6] réchauffé à une température entre 38 et 42 °C [18, 22].

Différents appareils réchauffeurs sont disponibles à l'hôpital ou adaptés à l'UMH. Le HeatPac™ dispose d'un module accessoire pour réchauffer une poche de perfusion et sa tubulure. Les chaufferettes ne seront le plus souvent pas suffisantes pour atteindre la température souhaitée [36, 37]. Le port des poches de soluté au contact de la peau permet également de les réchauffer légèrement sans atteindre les températures cibles (de 9,4 °C à 17,6 °C en 2 heures). Il est possible de réchauffer les solutés au bain-marie à l'aide d'un réchaud [38].

Un soluté se refroidit d'autant plus vite lors de son passage dans une tubulure que celle-ci est longue et que le débit de perfusion est faible [39]. Il est donc nécessaire de raccourcir la tubulure et d'utiliser un débit de perfusion adapté.

- Inhalation d'un air humidifié et réchauffé

L'air inhalé doit être réchauffé à environ 41 °C et humidifié [40]. En cas d'intubation orotrachéale (IOT), l'humidification et le réchauffement des gaz inhalés sont encore plus importants puisque l'IOT court-circuite l'action des inus. Le réchauffement de l'air et son humidification participent à réchauffer le centre et à diminuer le risque de FV.

Différents types d'humidificateur réchauffeur sont disponibles. Le Res-Q-air® modèle Ht 1000 est adapté à l'UMH, à l'hélicoptère et peut également être utilisé avec un respirateur. Brian Jopling (Jopo@freenetname.co.uk) a conçu un dispositif à chaux sodée appelé Little Dragon ne nécessitant pas d'alimentation électrique.

Méthodes invasives

- Lavage des cavités de l'organisme

Le lavage des cavités de l'organisme ne doit pas être entrepris sur le terrain. Il s'effectue avec un soluté réchauffé entre 40 et 45 °C afin de limiter le risque de lésion des muqueuses [35].

L'estomac et la vessie offrent des surfaces d'échange réduites qui en limitent l'efficacité [12, 35]. Le lavage gastrique est contre-indiqué chez le patient non intubé au statut neurologique altéré [35]. La mise en place de sondes gastriques, notamment à ballonnets (sonde de Blackmore), est contre-indiquée du fait du risque de FV.

Le lavage pleural permet d'obtenir des vitesses de réchauffement approchant 3 °C par heure au prix d'une importante iatrogénie et doit être limité aux patients en hypothermie stade IV chez qui un réchauffement par ECMO (extra-corporeal membrane oxygenation) ou CEC-C (circulation extracorporelle chirurgicale) n'est pas disponible. Aux stades II ou III d'hypothermie, il existe un risque de FV (surtout hémithorax gauche) [41].

La dialyse péritonéale permet un réchauffement de la température centrale de 1 à 3 °C par heure [18]. Sa principale limite est l'instabilité hémodynamique du patient.

- Méthodes extracorporelles

La technique de réchauffement par shunt artério-veineux a un intérêt en médecine de catastrophe [42, 43]. Elle est plus efficace (réchauffement, survie) que les méthodes associant la perfusion de solutés réchauffés, l'inhalation d'air réchauffé et des couvertures à air pulsé [43]. Les techniques de réchauffement veino-veineuses nécessitent une pompe et semblent moins rapides pour réchauffer que les méthodes par shunt artério-veineux (3,2 °C/h versus 4,5 °C/h) [44].

Différentes approches d'épuration extrarénale sont décrites [45-48] et peuvent s'avérer intéressantes chez les patients hypothermes victimes d'intoxications ou d'insuffisance rénale associées. Ces techniques sont moins performantes en terme de rapidité de réchauffement que la CEC-C ou l'ECMO.

L'indication de la CEC-C est limitée aux patients en hypothermie stade IV. Elle peut être discutée dans l'hypothermie stade III quand l'ECMO n'est pas disponible et que les autres techniques semblent en échec. L'ECMO permet une assistance circulatoire et respiratoire et est supérieure à la CEC-C (hypothermie stade IV) [49]. Sa mise en œuvre ne nécessite théoriquement pas de chirurgien cardiaque, est plus rapide que la CEC-C et peut s'effectuer aux urgences voire en préhospitalier [49-54].

À ce jour, seule la kaliémie semble validée comme aide à la décision pour poursuivre une RCP jusqu'au réchauffement dans l'hypothermie

stade IV [5, 12, 18, 22, 55]. Les recommandations de l'ERC 2012 proposent d'arrêter la RCP d'une victime d'avalanche au-delà de 12 mM de kaliémie, de systématiquement réchauffer le patient jusqu'à 32 °C, au besoin sous ECMO quand la kaliémie est inférieure à 8 mM et de recourir à d'autres outils d'aide à la décision entre 8 et 12 mM [22]. L'équipe grenobloise de Briot et al. a proposé d'utiliser le seuil de 10 mM pour décider de l'arrêt de la RCP, quelle que soit la cause de l'ACR hypothermique (patient réchauffé jusqu'à 35 °C)[12].

Prise en charge sur le terrain, principes généraux

L'intervention des premiers secours et de l'équipe médicale doit toujours se dérouler en sécurité (56).

Lors de l'évaluation initiale, la mesure de la température n'étant pas toujours possible, l'évaluation de l'hypothermie doit reposer sur la classification suisse. La prise du pouls doit s'effectuer sur au moins une minute comme l'évaluation de la fréquence respiratoire[22].

Étant illusoire de vouloir réchauffer efficacement sur le terrain, l'essentiel des mesures de réchauffement vise à prévenir l'aggravation de l'hypothermie.

L'évaluation initiale devra également rechercher une cause secondaire d'hypothermie. La prise en charge des traumatisés se fera selon les principes habituels du sauvetage au combat. La protection du rachis, notamment du rachis cervical, s'impose chez la victime d'avalanche inconsciente ou en cas de traumatisme crânien ou rachidien.

L'absence de pouls devra faire débuter une RCP, même en cas d'hypothermie profonde. Il existe quelques exceptions :

– chez un traumatisé quand le patient est en ACR du fait de son polytraumatisme et qu'il se trouve au-delà de toute ressource thérapeutique ou qu'une réanimation « classique » bien conduite est inefficace[22] ;

– chez une victime d'avalanche en asystolie du fait de l'asphyxie. Une victime d'avalanche retrouvée en ACR moins de 35 minutes après avoir été ensevelie sera probablement en ACR du fait d'un traumatisme associé ou d'une asphyxie ;

– rigidité cadavérique avec incompressibilité thoracique clairement liée à un décès pour lequel il existe une notion d'ACR de plusieurs heures sans RCP[22].

Conclusion : prise en charge du patient selon le niveau d'hypothermie

Hypothermie stade I

La victime bénéficiera toujours des techniques de réchauffement passif et pourra :

– en l'absence de traumatisme, être incitée à faire un exercice physique pour favoriser la thermogenèse et faciliter le réchauffement ;

– bénéficier des techniques de réchauffement actif externe qui améliorent le confort par rapport aux frissons, limitent le travail du cœur et préservent les ressources énergétiques endogènes ;

– en l'absence de troubles de la conscience, bénéficier d'un réchauffement actif interne par boissons chaudes ;

– en altitude, une oxygénothérapie avec un dispositif humidificateur et réchauffeur pourra être entreprise.

Selon les conditions environnementales et opérationnelles, la possibilité d'abris, un patient réchauffé chez qui une cause secondaire d'hypothermie peut formellement être écartée pourra être laissé sur le terrain.

Hypothermie stades II et III

À partir du stade II d'hypothermie, il existe un risque de FV ou collapsus favorisé par l'*after drop* au cours du réchauffement. La prise en charge des patients répond donc à la stratégie de stress minimum. Les manipulations sont précautionneuses, victime à l'horizontal, ce qui pose problème lors du sauvetage en crevasse par exemple et nécessite une attention particulière lors de l'hélitreuillage[57]. La victime sera immobilisée et les techniques de réchauffement passif sont indispensables. Le réchauffement actif externe doit être limité au tronc et la priorité donnée au réchauffement actif interne.

Les patients non comateux seront oxygénés avec un dispositif humidificateur réchauffeur. La mise en place d'une voie veineuse n'est certainement pas systématique et ne doit pas retarder l'évacuation du patient[22].

Si la victime est comateuse, elle sera intubée afin de protéger les voies aériennes supérieures. Le métabolisme étant ralenti chez le patient en hypothermie, il existe un risque d'accumulation des drogues utilisées[58]. Il semble donc que le temps entre deux réinjections puisse être doublé quand la température centrale est inférieure à 35 °C. En dessous de 30 °C, il est probable que les drogues administrées n'aient pas ou peu d'action et risquent de s'accumuler pour être relarguées lors du réchauffement. Le réglage des paramètres de la ventilation du patient en hypothermie est la source de nombreux débats : réglage selon les résultats de la gazométrie non corrigée chez l'adulte et selon les résultats corrigés en fonction de la température du patient chez l'enfant[59].

Les patients en hypothermie stade II, stables sur les plans hémodynamique et rythmique, sont transférés vers l'hôpital le plus proche, ce qui permet de poursuivre un réchauffement actif externe en association avec un réchauffement actif interne peu invasif.

Les patients instables ou en hypothermie stade III doivent être transportés vers un centre au mieux capable d'ECMO, sinon de CEC-C[18].

Hypothermie stade IV

La RCP de base est débutée dès identification de l'ACR et devra recourir à un dispositif de planche à masser, la réanimation pouvant être longue chez le patient hypotherme.

Si une voie veineuse périphérique n'est pas immédiatement disponible, il faut envisager précocement une voie intra-osseuse.

En dessous de 30 °C de température centrale, il existe des résultats inconstants sur l'efficacité de la défibrillation. L'ERC [5] propose de pratiquer jusqu'à trois chocs électriques externes (CEE) puis d'attendre une température supérieure à 30 °C avant de réitérer d'éventuelles tentatives.

L'efficacité des amines et de l'amiodarone en dessous de 30 °C est peu probable. Il existe un risque d'accumulation, de relargage lors du réchauffement et d'aggravation des gelures (ischémie des extrémités)[5,22]. L'ERC propose d'attendre que le patient soit réchauffé à une température centrale de 30 °C pour débuter l'administration de drogues avec entre 30 et 35 °C le doublement du temps entre deux injections [5]. L'AHA s'oppose à l'ERC en suggérant qu'il puisse être raisonnable d'administrer des amines vasoactives selon les recommandations standards de prise en charge du patient en ACR[55].

Le patient devra bénéficier d'un réchauffement passif et actif externe, et après avoir écarté les causes permettant d'envisager l'arrêt ou la poursuite d'une RCP classique, être transféré vers un centre capable de réaliser, au mieux l'ECMO, sinon de la CEC-C. Quand les techniques d'ECMO ou CEC-C ne sont pas disponibles, il semble que l'alternative de choix au réchauffement actif interne soit le lavage par drainage pleural[60].

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Lienhart A, Camus Y. Équilibre thermique. In : Martin C, Riou B, Vallet B. Physiologie humaine appliquée. Arnette, Wolters Kluwer France, Reuil-Malmaison 2009 :559-76.
2. James Harwood Jr H. The adipocyte as an endocrine organ in the regulation of metabolic homeostasis. Neuropharmacology 2012 ; 63 : 57-75.
3. Schlienger D. Hypothermie accidentelle : peut-on améliorer la prévention et la prise en charge sur le terrain. Paris : Université Paris XI ; 2011: 193p.
4. Castellani JW, Sawka MN, De Groot DW, Young AJ. Cold thermoregulatory responses following exertional fatigue. Front Biosci (Schol Ed.) 2010 ; 2 : 854-65.
5. Soar J, Perkins GD, Abbas G, Alfonzo A, Barelli A, Bierens JJ, et al. European Resuscitation Council guidelines for resuscitation 2010 Section 8. Cardiac arrest in special circumstances : electrolyte abnormalities, poisoning, drowning, accidental hypothermia, hyperthermia, asthma, anaphylaxis, cardiac surgery, trauma, pregnancy, electrocution. Resuscitation 2010 ; 81 : 1400-33.
6. Durrer B, Brugger H, Syme D. International commission for mountain emergency médicine. The medical on-site treatment of hypothermia : ICAR-MEDCOM recommendation. High Alt Med Biol 2003 ; 4 : 99-103.
7. Danzl DF, Pozos RS. Accidental hypothermia. NEJM 1994 ; 331 : 1756-60.
8. Brändström H, Eriksson A, Giesbrecht G, Angquist KA, Haney M. Fatal hypothermia : an analysis from a sub-arctic region. Int J Circumpolar Health 2012:71.
9. Graham CA, McNaughton GW, Wyatt JP. The electrocardiogram in hypothermia. Wilderness Environ Med 2001 ; 12 : 232-5.
10. Kérébel S, Jégo C, Barbou F, Cellarier G, Laurent P, Bouchiat C, et al. À propos d'une observation, une nouvelle « canalopathie » ? Annales de cardiologie et d'angéiologie 2006 ; 55 : 282-5.
11. Gilbert M, Busund R, Skagseth A, Nilsen PA, Solbo JP. Resuscitation from accidental hypothermia of 13.7 degrees C with circulatory arrest. Lancet 2000 ; 355 : 375-6.
12. Briot R, Brun J, Debaty G, Koch FX, Torres JP, Bach V, et al. Prise en charge d'un malade en hypothermie accidentelle. Réanimation 2010 ; 19 : 607-15.
13. Mallet ML, Pathophysiology of accidental hypothermia. QJM 2002 ; 95 : 775-85.
14. Hunter J, Kerr EH, Whillans MG. The relation between joint stiffness upon exposure to cold and characteristics of synovial fluid. Can J Med Sci 1952 ; 30 : 367-77.
15. Wedin B, Vanggaard L, Hirvonen J. « Paradoxical undressing » in fatal hypothermia. J Forensic Sci 1979 ; 24 : 543-53.
16. Takeuchi K, Suzuki K, Araki H, Mizoguchi H, Sugamoto S, Umdeda M. Roles of endogenous prostaglandins and nitric oxide in gastroduodenal ulcerogenic responses induced in rats by hypothermic stress. J Physiol Paris 1999 ; 93 : 423-31.
17. LaVoy EC, McFarlin MK, Simpson RJ. Immune responses to exercising in cold environment. Wilderness and Environmental Medicine 2011 ; 22 : 343-51.
18. Brown DJ, Brugger H, Boyd J, Paal P. Accidental hypothermia. NEJM 2012 ; 367 : 1930-8.
19. Morena C, Brandissou S, Lauret M. Avantages et inconvénients des différents sites de prise de la température corporelle. Journal de Pharmacie clinique 1998 ; 17 : 201-10.
20. Grissom CK, Harmston CH, McAlpine JC, Radwin MI, Ellington B, Hirshberg EL, et al. Spontaneous endogenous core temperature rewarming after cooling due to snow burial. Wilderness Environ Med 2010 ; 21 : 229-35.
21. Akata T, Setoguchi H, Shirozu K, Yoshino J. Reliability of temperatures measured at standard monitoring sites as an index of brain temperature during deep hypothermic cardiopulmonary bypass conducted for thoracic aortic reconstruction. J Thorac Cardiovasc Surg 2007 ; 133 : 1559-65.
22. Brugger H, Durrer B, Elsensohn F, Paal P, Strapazzon G, Winterberger E, et al. Resuscitation of avalanche victims : evidence-based guidelines of the international commission for mountain emergency medicine (ICAR MEDCOM) intended for physicians and other Advanced life support personnel. Resuscitation 2012 [Epub ahead of print].
23. Lapostolle F, Sebbah JL, Couvreur J, Koch FX, Savary D, Tazarourte K, et al. Risk factors for onset of hypothermia in trauma victims : the hypotraum study. Critical Care 2012 ; 16 : R142.
24. Allen PB, Sayler SW, Dubick MA, Holcomb JB, Blackbourne LH. Preventing hypothermia : comparison of current devices used by the US Army in an in vitro warmed fluid model. J Trauma 2010 ; 69 : S154-61.
25. Thomassen O, Faerevik H, Osteras O, Sunde GA, Zakariassen E, Sandsund M, et al. Comparison of three different prehospital wrapping methods for preventing hypothermia – a crossover study in humans. Scand J trauma Res Emerg Med ; 19:41.
26. Henriksson O, Lundgren P, Kklane K, Holmer I, Naredi P, Bjornstig U. Protection against cold in prehospital care : evaporative heat loss reduction by wet clothing removal or the addition of a vapor barrier – a thermal manikin study. Prehosp Disaster Med 2012 ; 27 : 53-8.
27. Henriksson O, Lundgren P, Kuklane K, Holmer I, Bjornstig U. Protection against cold in prehospital care-thermal insulation properties of blankets and rescue bags in different wind conditions. Prehosp Disaster Med 2009 ; 24 : 408-15.
28. Lundgren P, Henriksson O, Naredi P, Björnstig U. The effect of active warming in prehospital trauma care during road and air ambulance transportation – a clinical randomized trial. Scan J Trauma Res Emerg Med 2011 ; 19:59
29. Brandt S, Oguz R, Hüttner H, Waglechner G, Chiari A, Greil R, et al. Resistive-polymer versus forced-air warming : comparable efficacy in orthopedic patients. Anesth Analg 2010 ; 110 : 834-8.

30. Röder G, Sessler DI, Roth G, Schopper C, Mascha EJ, Plattner O. Intra-operative rewarming with Hot Dog (®) resistive heating and forced-air heating : a trial of lower-body warming. Anesthesia 2011 ; 66 : 667-74.
31. Kjellman BM, Fredrikson M, Glad-Mattsson G, Sjöber F, Huss FRM. Comparing ambient, air-convection, and fluid-convection heating techniques in treating hypothermic burn patients, a clinical RCT. Ann Surg Innov Res 2011 ; 5:4.
32. Steele MT, Nelson MJ, Sessler DI, Fraker L, Bunney B, Watson WA, et al. Forced air speeds rewarming in accidental hypothermia. Ann Emerg Med 1996 ; 27 : 479-84.
33. Giesbrecht GG. Prehospital treatment of hypothermia. Wilderness Environ Med 2001 ; 12:24-31.
34. Hultzer M, Xu X, Marrao M, Chochinov A, Giesbrecht GG. Efficacy of torso rewarming using a human model for severe hypothermia [abstract]. Proceedings of the world congress on wilderness medicine 1999 ; Whistler, Canada : Wilderness Medical Society ; 1999:80.
35. Kempainen RR, Brunette DD. The evaluation and management of accidental hypothermia. Respir Care 2004 ; 49 : 192-205.
36. Spencer CA, Gupta S, Lemery AM. The utilization of « chemical warmers » and multiple insulation methods for warming of normal saline in cold environment. Selected abstracts from the 2010 annual scientific meeting. Wilderness Environ Med 2010 ; 21 : 373-83.
37. Platts-Mill TF, Stendell E, Lewin MR, Moya MN, Dhah K, Stroh G, et al. An experimental study of warming intravenous fluid in a cold Environment. Wilderness Environ Med 2007 ; 18 : 177-85.
38. Mortimer RB, Hurtt H. Intravenous fluid warming with body contact in a wilderness setting. Wilderness Environ Med 2008 ; 19 : 144-5.
39. Lee SH, Kim HK, Park SC, Kim ES, Kim CS. The effect of infusion rate and cathéter length on the temperature of warming fluid. Korean J Anesthesiol 2010 ; 58 : 31-7.
40. American association for respiratory care, Restrepo RD, Walsh BK. Humidification during invasive and noninvasive mechanical ventilation : 2012. Respir Care 2012 ; 57 : 782-8.
41. Plaisier BR. Thoracic lavage in accidental hypothermia with cardiac arrest – report of a case and review of the litterature. Resuscitation 2005 ; 66 : 99-104.
42. Gentilello LM, Cobean RA, Soderberg RW, Jurkowich GJ. Continuous arteriovenous rewarming : rapid reversal of hypothermia in critically ill patients. J Trauma 1992 ; 32 : 316-25.
43. Gentilello LM, Jurkovich GJ, Stark MS, Hassantash SA, O'Keefe GE. Is hypothermia in the victim of major trauma protective or harmful ? Ann Surg 1997 ; 226 : 439-49.
44. Knight DA, Manifold CA, Blue J, King JA. A randomized, controlled trial comparing arteriovenous to venovenous rewarming of severe hypothermia in a porcine model. J Trauma 2003 ; 55 : 741-6.
45. Sultan N, Theakston KD, Butler R, Suri R. Treatment of severe accidental hypothermia with intermittent hemodialysis. CJEM 2009 ; 11 : 174-7.
46. Alfonzo A, Lomas A, Drummond I, McGugan E. Survival after 5-h resuscitation attempt for hypothermic cardiac arrest using CVVH for extracorporeal rewarming. Nephrol Dial Transplant 2009 ; 24 : 1054-56.
47. Hughes A, Riou P, Day C. Full neurological recovery from profound (18.0°C) acute accidental hypothermia : successful resuscitation using active invasive rewarming techniques. Emerg Med J 2007 ; 24 : 511-12.
48. Komatsu S, Shimomatsuya T, Kobuchi T, Nakajima M, Amaya H, Konishi S, et al. Severe accidental hypothermia successfully treated by rewarming strategy using continuous venovenous hemodiafiltration system. J Trauma 2007 ; 62 : 775-6.
49. Ruttmann E, Weissenbacher A, Ulmer H, Müller L, Höfer D, Kilo J, et al. Prolonged extracorporeal membrane oxygenation-assisted support provides improved survival in hypothermic patients with cardiocirculatory arrest. J Thorac Cardiovasc Surg 2007 ; 134 : 594-600.
50. Morita S, Inokuchi S, Inoue S, Akleda K, Umezawa K, Nakagawa Y, et al. The efficacy of rewarming with a portable and percutaneous cardiopulmonary bypass system in accidental deep hypothermia patients with hemodynamic instability. J Trauma 2008 ; 65 : 1391-5.
51. Morita S, Inokuchi S, Yamagiwa T, Lizuka S, Yamamoto R, Aoki H, et al. Efficacy of portable and percutaneous cardiopulmonary bypass rewarming versus that of conventional internal rewarming for patients with accidental deep hypothermia. Crit Care Med 2011 ; 39 : 1064-8.
52. Carli P. Arrêt cardiaque extrahospitalier et l'ECMO : mise au point. E-mémoires de l'académie nationale de chirurgie 2010 ; 9:10-13.
53. Surdey C. Session UMAC/UMAR : point de vue du SMUR, évaluation des coûts. AFAR 2011 ; 30 : S30-2.
54. Chenaitia H, Massa H, Toesca R, Michelet P, Auffray JP, Gariboldi V. Mobile cardio-respiratory support in prehospital emergency medicine. Eur J Emerg Med 2011 ; 18 : 99-101.
55. Vanden Hoek TL, Morrison LJ, Shuster M, et al. Part 12 : cardiac arrest in special situations : 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. Circulation 2010 ; 122 : S829-S861. [Errata, Circulation 2011 ; 123 : e239, 2011 ; 124 : e405.]
56. Brugger H, Paal P, Boyd J. Prehospital resuscitation of the buried avalanche victim. High Alt Med Biol 2011 ; 12 : 199-205.
57. Winterberger E, Jacomet H, Zafren K, Zen Ruffinen G, Jelk B. The use of extrication devices in crevasse accidents : official statement of the International Commission for Mountain Emergency Medicine and Terrestrial Rescue Commission of the International Commission for Alpine Rescue intended for physicians, paramedics, and mountain rescuers. Wilderness Environ Med 2008 ; 19 : 108-10.
58. Van den Broek MP, Groenendaal F, Egberts AC, Rademaker CM. Effects of hypothermia on pharmacokinetics and pharmacodynamics : a systematic review of preclinical and clinical studies. Clin Pharmacokinet 2010 ; 49 : 277-94.
59. Abdul Aziz KA, Meduoye A. Is pH-stat or alpha-stat the best technique to follow in patients undergoing deep hypothermic circulatory arrest ? Interact Cardiovasc Thorac Surg 2010 ; 10 : 271-82.
60. Thomas R, Cahill CJ. Successful defibrillation in profound hypothermia (core body temperature 25,6 °C). Resuscitation 2000 ; 47 : 317-20.