

Revue générale

Intérêts des manœuvres de réanimation à thorax ouvert en France ?

Open chest cardiopulmonary resuscitation: Is there an interest in France?

M. Benkhadra^{a,*}, D. Honnart^e, F. Lenfant^b, P. Trouilloud^{b,d}, C. Girard^a, M. Freysz^c

^a Service d'anesthésie-réanimation, hôpital Le-Bocage, CHU de Dijon, 2, boulevard Maréchal-de-Lattre-de-Tassigny, BP 77908, 21079 Dijon cedex, France

^b Laboratoire d'anatomie, faculté de médecine, 7, boulevard Jeanne-d'Arc, 21033 Dijon, France

^c Service d'anesthésie-réanimation, hôpital Général, CHU de Dijon, rue du Faubourg-Raines, 21033 Dijon cedex, France

^d Service de chirurgie orthopédique et traumatologique, hôpital d'enfants, CHU de Dijon, 2, boulevard Maréchal-de-Lattre-de-Tassigny, BP 77908, 21079 Dijon cedex, France

^e Service régional d'accueil des urgences, hôpital Général, CHU de Dijon, rue du Faubourg-Raines, 21033 Dijon cedex, France

Reçu le 19 décembre 2007 ; accepté le 10 juin 2008

Résumé

Objectif. – Clarifier les indications, techniques, résultats, complications et coûts des manœuvres de réanimation à thorax ouvert (MRTO) dans les arrêts cardiaques traumatiques et non traumatiques.

Acquisition des données. – Par une recherche Pubmed utilisant les mots clés suivants : « *emergency thoracotomy* », « *resuscitative thoracotomy* » ; langue anglaise, de 2000 à 2007.

Synthèse des données. – Les MRTO sont utiles en particulier en cas d'arrêt cardiaque traumatique, pénétrant ou fermé. Le délai entre survenue de l'arrêt et la réalisation de la thoracotomie semble être le facteur le plus important pour le pronostic.

Conclusion. – Les MRTO sont probablement prometteuses, appliquées au système français de secours médicalisés en phase préhospitalière. En effet, ce système favorise des soins spécialisés rapides et donc minimiserait le facteur temps.

© 2008 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Abstract

Objective. – To expose and clarify indications, techniques, results, complications and cost for open chest cardiopulmonary resuscitation manoeuvres (OCCRM) in traumatic or nontraumatic cardiac arrest.

Data sources. – References were obtained from Pubmed data bank using the following keywords: “*emergency thoracotomy*”, “*resuscitative thoracotomy*”.

Study selection. – We focused on publications in English language, from 2000 to 2007.

Data synthesis. – OCCRM are useful especially in case of traumatic cardiac arrest, penetrating trauma, but also in blunt trauma. Time between cardiac arrest and realisation of the thoracotomy seems to be the most important factor for the prognosis.

Conclusion. – According to the French “physician in ambulance” prehospital system, OCCRM might be promising in France, because this system favours the fastness of care and therefore would minimize the time factor.

© 2008 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Mots clés : Thoracotomie ; Réanimation cardiopulmonaire à thorax ouvert ; Urgence

Keywords: Thoracotomy; Open chest cardiopulmonary resuscitation; Emergency

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : m.benkhadra@wanadoo.fr (M. Benkhadra).

1. Introduction

Actuellement, les techniques de réanimation cardiopulmonaire (RCP) spécialisées s'affinent de plus en plus, appuyées par de nombreux travaux qui précisent les médicaments ainsi que les doses à administrer et les séquences de réanimation qui ont fait la preuve de leur efficacité [1-3]. Les manœuvres de réanimation à thorax ouvert (MRTO), sont réalisées de façon courante dans certains pays, en particulier anglo-saxons, au sein des services d'accueil des urgences, lorsque les techniques conventionnelles se révèlent infructueuses. Des recommandations internationales préconisent les MRTO dans certaines circonstances particulières très ciblées (arrêts cardiaques postchirurgicaux, post-traumatiques en particulier pénétrants...) [4,5]. En revanche, les recommandations françaises sur l'arrêt cardiaque traumatique abordent peu l'utilisation des MRTO. En effet, ces techniques de l'extrême ne sont pas pratiquées en France ou en tout cas peu rapportées dans la littérature française ou internationale portant sur des travaux français [6]. Ces techniques ont vraisemblablement un champ d'application et des indications limités, mais elles semblent justifiées par une certaine efficacité.

Le but de cette mise au point est de préciser les indications, les procédures, les résultats, les complications et coûts de ces techniques et de discuter de leur introduction en France.

2. Modalités d'acquisition des données

Pour ce travail, une revue de la littérature internationale (anglo-saxonne et française) a été réalisée concernant les MRTO basée sur une recherche Pubmed tenant compte des paramètres suivants :

- les mots clés utilisés : « *resuscitative thoracotomy* » et « *emergency thoracotomy* » ;
- les limites : 2000 à 2007 ;
- les titres et *abstracts* ;
- les études cliniques, cas cliniques, études animales.

Certaines publications retrouvées par cette recherche, ont mis en lumière d'autres travaux parfois plus anciens qui ont donc aussi été colligés dans cette revue générale.

3. Définitions

Les Anglo-saxons nomment « *emergency department thoracotomy* » (thoracotomie réalisée dans le service des urgences) ou « *resuscitative thoracotomy* » (thoracotomie de ressuscitation) ou « *open chest cardiopulmonary resuscitation* » (RCP à thorax ouvert) ou encore « *ultra-ATLS* » ce que nous rassemblerons sous le terme de « gestes ou MRTO ». Rappelons que les Anglo-saxons appellent Advanced Cardiac Life Support (ACLS) et Advanced Trauma Life Support (ATLS) ce que nous appelons en France les techniques de réanimation cardiopulmonaire et traumatologiques spécialisées, par opposition au Basic Life Support (BLS) correspondant à la RCP de base à savoir : compression thoracique et ventilation artificielle.

4. Historique

La première tentative réussie de réparation d'une plaie cardiaque est créditée à Rehn en 1896. Duval décrivit, en 1897, l'abord du cœur par sternotomie médiane. Le premier massage cardiaque interne chez l'homme a été réalisé par Niehans en 1899, suivi de nombreuses autres tentatives avant le premier succès observé par Igelsrud en 1901 [7]. Le premier cas de thoracotomie préhospitalière réussie pour la réparation d'un ventricule gauche a été attribué à Hill en 1902. Il s'agissait d'une plaie thoracique par coup de couteau chez un enfant de 13 ans, en état de choc, pour lequel Hill répara le ventricule gauche par deux points de suture [8].

5. Indications

5.1. Objectifs

Les MRTO consistent à pratiquer une thoracotomie afin d'aborder le médiastin dans le but de réaliser :

- une péricardotomie afin de libérer le cœur d'une tamponnade ;
- un massage cardiaque interne, plus efficace que les compressions thoraciques ;
- un clampage aortique qui permet de privilégier la circulation du haut du corps (en particulier cœur et encéphale) [9] ;
- une cardiographie provisoire de sauvetage [8–10] ;
- le contrôle d'un saignement thoracique, voire abdominal [8] ;
- la prévention du syndrome d'embolie gazeuse systémique dont l'incidence est estimée de 4 à 14 % après un traumatisme pulmonaire sévère, en particulier si celui-ci est pénétrant [8,11].

5.2. Indications

Soulignons d'emblée que, selon les recommandations actuelles les indications de MRTO restent très ciblées [1–5].

5.2.1. Indications traumatiques

Elles peuvent être séparées en deux grandes catégories : les traumatismes pénétrants et les traumatismes fermés. Il faut différencier arrêt cardiaque et arrêt circulatoire post-traumatique. L'arrêt cardiaque peut être décrit comme une situation dans laquelle le cœur est immobile, en asystole. L'arrêt circulatoire post-traumatique implique qu'il existe encore un rythme cardiaque et des battements cardiaques mais un pouls imperceptible, une apnée ou une respiration agonique. Plusieurs facteurs peuvent être en cause : l'hypovolémie due à une hémorragie importante, un pneumothorax compressif, voire une tamponnade. Chacune de ces situations conduit invariablement à un arrêt cardiaque. Elles peuvent cependant être réversibles si traitées à temps, avec le classique concept de mort évitable en traumatologie [12].

5.2.1.1. Traumatismes pénétrants. De nombreuses causes de traumatismes pénétrants ont été décrites. Au premier plan, on

trouve les cas d'auto- ou d'hétéroagressions par armes à feu ou armes blanches. Aux États-Unis, les décès par armes à feu ont augmenté de 60 %, entre 1968 et 1991, et dépassé en fréquence les accidents mortels de la voie publique en 2003. On trouve aussi des cas de traumatismes pénétrants mettant en cause des pistolets à clou (mus par énergie pneumatique ou à poudre explosive) [13] ou d'autres outils au cours d'accidents domestiques ou du travail. Les traumatismes pénétrants peuvent être classés en traumatismes avec haute, moyenne et basse énergies de transfert, respectivement les traumatismes par fusils d'assauts, par armes à feu de poing et par coups de couteau. Les traumatismes avec haute et moyenne énergies de transfert sont à l'origine de dégâts beaucoup plus importants qu'ils ne paraissent en surface, du fait d'un phénomène de cavitation du projectile [14].

5.2.1.2. Traumatismes fermés. Parmi les causes de traumatismes fermés, on retrouve surtout les accidents de la voie publique souvent à grande vitesse (avec de fortes décélération), les chutes de lieux élevés et les accidents du travail (écrasements). Ces types de traumatismes, sont à l'origine de lésions en général multiples et plus importantes que les traumatismes pénétrants avec un taux de mortalité de 56 % versus 18 % [15]. La plupart des auteurs recommandent peu les MRTO dans ces indications [16–18]. D'autres sont moins tranchés et retiennent qu'un traumatisme fermé du thorax ou un traumatisme abdominal avec choc hémorragique et tentative de réanimation à thorax fermé de moins de 20 minutes doit être candidat à une procédure de réanimation à thorax ouvert [19].

Ainsi les avis sont partagés et contredisent l'adage anglo-saxon selon lequel, seuls les traumatismes pénétrants peuvent être curables par ces manœuvres et offrent de bons résultats.

5.2.1.3. Traumatismes thoracoabdominaux. En cas de traumatisme thoracoabdominal, un algorithme décisionnel permet de hiérarchiser la prise en charge, en commençant par la laparotomie ou un abord thoracique premier [20]. Cet arbre décisionnel prend en compte une voie d'abord transdiaphragmatique pour accéder au cœur à partir d'une laparotomie lorsque celle-ci a été réalisée en premier [21]. Cet abord particulier peut permettre une péricardotomie, la levée d'une tamponnade et une réparation cardiaque, mais n'est pas dénué de risque puisque des lésions du nerf phrénique restent possibles. Le but dans cette indication est de clamer l'aorte thoracique et ainsi tarir une hémorragie intrathoracique (bassin ou abdomen) tout en redistribuant le sang aux organes du haut du corps. Les traumatismes pénétrants abdominaux peuvent bénéficier de cette manœuvre, mais les thoracotomies pour des lésions multiples restent d'un pronostic sombre.

D'une manière générale, on estime qu'un hémithorax, et quelle que soit son étiologie (traumatisme fermé ou pénétrant) évaluée à 1500 ml lors du drainage et/ou 500 ml dans l'heure qui suit, nécessite une thoracotomie en urgence, voire de ressuscitation si l'arrêt circulatoire survient [22]. En effet, la mortalité augmente de façon linéaire avec le volume de sang perdu dans le drainage pleural : elle est, par exemple, multipliée par un facteur 3 entre 500 et 1500 ml. La thoracotomie, quelle

que soit l'étiologie du traumatisme peut aussi permettre la prévention du syndrome d'embolie gazeuse dû à la présence d'air au contact de vaisseaux intrathoraciques lésés et donc béants.

5.2.2. Autres éventuelles indications

5.2.2.1. Péricardite constrictive post-traumatique. Elle peut constituer une indication de thoracotomie de ressuscitation (tableau de péricardite constrictive faisant suite à une insuffisance rénale aiguë, elle-même consécutive à un polytraumatisme après un accident de la voie publique) [23].

5.2.2.2. Anévrisme de l'aorte. Des thoracotomies de ressuscitation avec clampage aortique ont été décrites après rupture d'anévrisme de l'aorte [24].

5.2.2.3. Hypothermie accidentelle. Dans certains cas d'hypothermie accidentelle profonde avec arrêt cardiaque, le lavage thoracique au sérum chaud par thoracotomie ou par les drains thoraciques, peut être indiqué pour faciliter le réchauffement, en alternative ou en solution d'attente à l'assistance circulatoire par circulation extracorporelle si celle-ci est indisponible [25]. En cas d'arrêt cardiaque en situation d'hypothermie, une thoracotomie de sauvetage pour massage cardiaque interne et la pratique de réchauffement par lavage sont même préconisées d'emblée [26]. Le taux de survie est d'environ 50 % avec 75 % associés à des scores neurologiques normaux en sortie d'hospitalisation.

5.2.2.4. Arrêts cardiaques non traumatiques. Avant 1960, les MRTO pour massage cardiaque interne étaient réalisées uniquement en contexte d'arrêt cardiaque intrahospitalier avec un taux de succès variant de 16 à 50 % [27]. Les thoracotomies sont aussi réalisables en contexte d'arrêt cardiaque non traumatique préhospitalier. Une réanimation à thorax ouvert pour les arrêts cardiaques non traumatiques serait plus efficace que la réanimation conventionnelle, a fortiori si la thoracotomie est pratiquée dans les cinq minutes suivant l'arrivée à l'hôpital [7,28]. La survie sans déficit neurologique ne semble pas envisageable chez les patients qui ont bénéficié d'une période de massage cardiaque externe (MCE) préalable excédant 25 minutes. Parmi les indications non traumatiques de MRTO, certains considèrent l'embolie pulmonaire ou sa simple suspicion, compliquée d'arrêt cardiaque [7], ainsi que l'échec de manœuvres externes de RCP.

Chez le chien, une réanimation par massage cardiaque interne permet 75 % de récupération d'activité cardiaque si elle est réalisée après 15 minutes de MCE sans résultats et 38 % de récupération après 20 minutes. Cette technique serait inefficace après 25 minutes de réanimation standard [27].

6. Techniques

Deux techniques sont décrites par les équipes qui pratiquent ces manœuvres de sauvetage : l'abord thoracique antérieur gauche et la thoracotomie transverse [6,29]. Cette dernière permet d'avoir une vision complète de la cavité thoracique et en



Fig. 1. Instruments (de gauche à droite) : écarteur de Finochietto, ciseaux à vêtements, ciseaux de Mayo, bistouri avec lame n° 23, pince à disséquer, petites pinces hémostatiques, clamp vasculaire.

particulier du médiastin, et ce, même dans des conditions d'éclairage défavorable.

6.1. Matériel (Fig. 1)

Ce matériel a été étudié pour pouvoir être utilisé par des chirurgiens non cardiothoraciques ou par des non-chirurgiens.

6.2. Conditionnement du patient

Le lieu d'intervention peut être la salle de déchoquage des urgences ou, en phase préhospitalière, dans l'ambulance de réanimation.

Le conditionnement minimal du patient comprend : une voie d'abord veineuse, une suppléance ventilatoire incluant l'intubation trachéale et la ventilation contrôlée en oxygène pur. L'intubation trachéale et la ventilation préhospitalières [30] permettent de doubler le temps de tolérance à l'arrêt cardiaque [19].

Le monitoring du patient comprend au minimum : la mesure non invasive de la pression artérielle, l'électrocardioscope et la saturation pulsée en oxygène.

Dans le système de soins anglo-saxon, ce sont les équipes de « *paramedics* » qui ont la charge de la mise en condition décrite ci-dessus. S'agissant d'une thoracotomie réalisée sur un patient en état de mort apparente, celui-ci ne reçoit pas de médicament sédatif. Ce n'est qu'ensuite, si la réanimation a porté ses fruits, qu'on envisage une sédation basée sur la reprise de la respiration spontanée et des mouvements du patient. La plupart des équipes administrent alors un agent hypnotique, un morphinique et un agent myorelaxant [31].

6.3. Préparation de l'équipe

Aux États-Unis, les équipes hospitalières des urgences sont averties par avance par les *paramedics* de l'arrivée d'un patient requérant probablement d'une thoracotomie de

sauvetage. Les chirurgiens peuvent se préparer psychologiquement et physiquement en optimisant leurs protections corporelles : deux paires de gants, masque chirurgical, protection oculaire, blouse longue et résistante aux liquides et même chaussures avec guêtres remontant jusqu'aux genoux [12]. Les équipes médicales et paramédicales payent en effet un lourd tribut chaque année en termes de contamination virale par exposition à des liquides biologiques (voir la section sur les coûts).

6.4. Installation du patient

Le patient est allongé en décubitus dorsal, certains préconisent un billot placé sous l'hémithorax gauche afin de mieux exposer ce côté sur lequel va être réalisée la thoracotomie lorsque celle-ci est de type « antérieure gauche ». Une préparation cutanée à visée antiseptique minimale ne retardant pas le geste de sauvetage est seule indiquée [6,32].

6.5. Thoracotomie

6.5.1. Thoracotomie antérieure gauche

C'est la technique la plus utilisée. Décrite par Spangaro en 1906 [9], elle consiste en une incision de l'espace intercostal immédiatement en dessous du mamelon chez l'homme ou du pli sous-mammaire chez la femme. Cet espace correspond au quatrième ou cinquième espace intercostal. Cette incision s'étend du sternum jusqu'à la ligne axillaire moyenne, voire jusqu'au muscle grand dorsal (latissimus dorsi) et devra intéresser la peau, le tissu sous-cutané, les muscles intercostaux. Au moyen de la paire de gros ciseaux, l'opérateur incise ce qui reste des muscles intercostaux et de la plèvre pariétale. L'espace intercostal est écarté manuellement pour permettre l'introduction de l'écarteur de Finochietto. Une fois celui-ci mis en place, il est ouvert au moyen de sa manivelle jusqu'à avoir une vue suffisante sur le médiastin (Fig. 2–4)



Fig. 2. Réalisation de thoracostomies gauche et droite au moyen d'une incision au bistouri cutanée et sous-cutanée au niveau du quatrième espace intercostal (en général sous-mamelonnaire).



Fig. 3. Les thoracostomies droite et gauche sont finalisées « au doigt » afin de ne pas léser le poumon sous-jacent. Ces thoracostomies permettent de libérer un épanchement gazeux ou liquidien sous tension.



Fig. 5. Les deux thoracostomies sont reliées par une incision cutanée au bistouri complétée par une découpe aux ciseaux à vêtements.



Fig. 4. Les deux thoracostomies sont reliées par une incision cutanée au bistouri complétée par une découpe aux ciseaux à vêtements.

6.5.2. Thoracotomie transverse ou « clamshell » (coquille de palourde)

Plus invasive que la précédente, elle permet d'avoir un confort de travail plus important. Telle que décrite par les équipes britanniques qui la pratiquent en routine, il convient de débiter par deux thoracostomies : chacune d'elles est réalisée au moyen du bistouri au niveau du quatrième ou cinquième espace intercostal au niveau de la ligne axillaire moyenne et mesure environ 5 cm de large. La mise en place d'un drain pleural n'est pas recommandé initialement dans cette procédure, mais elle constitue un facteur augmentant significativement la probabilité de survie dans le cadre de la RCP [6,8,10,29,31]. Les muscles et la plèvre sont perforés à la pince Kocher ou aux ciseaux de Mayo et le trajet est vérifié au doigt, avec toucher pulmonaire. Cette manœuvre, alors que les deux poumons sont ventilés mécaniquement, permet d'évacuer un épanchement d'air ou de sang source potentielle d'hypoxie et

d'apprécier l'expansion pulmonaire de chaque côté. L'évacuation d'un pneumothorax compressif (éventuellement bilatéral) peut permettre à ce stade de rétablir la fonction circulatoire. Une fois ces deux thoracostomies réalisées, elles sont réunies par une incision cutanée transversale de l'espace intercostal correspondant. Les parois thoraciques antérolatérales gauche et droite sont ouvertes en suivant les espaces intercostaux des thoracostomies. Le sternum est ouvert au moyen de ciseaux universels de type « *trauma scissor* » (gros ciseaux à vêtements ou à plâtres) ou d'une scie de Gigli (passée sous le sternum) si cet os est difficile à sectionner. Une fois l'ouverture réalisée, les deux berges de la thoracotomie sont écartées manuellement par un aide ou au moyen d'un écarteur de type « Finochietto ». La vision de la cavité thoracique et du médiastin est plus étendue que lors d'une thoracotomie antérieure gauche. Cette technique permet, en outre, d'être pratiquée à même le sol, dans des conditions d'éclairage précaires, avec un matériel rudimentaire et par un opérateur peu entraîné (Fig. 2–6).

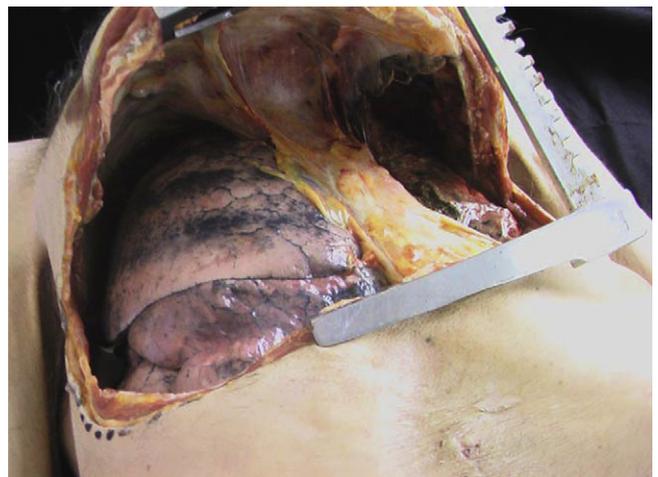


Fig. 6. L'écarteur de Finochietto est mis en place et ouvert. Le poumon gauche et le péricarde apparaissent.

6.6. Ouverture du péricarde et levée d'une tamponnade

La tamponnade est la principale cause de bas débit et d'arrêt cardiaque lors des traumatismes pénétrants du thorax. Sa cure lors d'une thoracotomie de ressuscitation donne lieu aux meilleurs résultats en termes de survie [17]. S'agissant de la meilleure indication de réanimation à thorax ouvert, il convient de savoir la réaliser dans les conditions de sécurité. La ponction péricardique n'a que peu d'utilité car le sang, se trouvant à l'intérieur du péricarde et comprimant le cœur, coagule très vite et n'est donc pas accessible à une ponction. Après avoir réalisé la thoracotomie proprement dite, il faut donc inciser et ouvrir le péricarde largement. Une attention toute particulière doit être observée concernant le respect du nerf phrénique gauche qui a un trajet le long de la face antérolatérale gauche du péricarde. Pour cette raison le péricarde doit être ouvert longitudinalement. En urgence et en présence d'un péricarde anormalement graisseux, il convient de réaliser une ouverture de petite taille avec des ciseaux à disséquer puis d'élargir le trou avec les doigts, de façon à respecter au mieux le sens des fibres et de ne pas lacérer le précieux nerf phrénique. Une fois le sac péricardique largement ouvert, les caillots peuvent être retirés à la main et le cœur va pouvoir être examiné attentivement, voire réparé si besoin (Fig. 7).

6.7. Massage cardiaque interne

Bien que le premier cas de MCE ait été rapporté dès 1892, il a fallu attendre 1960 et les travaux de Kouwenhoven [7] pour voir réellement émerger ce concept. Ce n'est qu'en 1974 que le MCE a fait partie des techniques enseignées pour la RCP. Les principales limites du MCE sont, d'une part, le faible rendement de cette manœuvre, puisqu'on considère que correctement réalisé il ne permet de récupérer que de 6 à 30 % du débit carotidien normal et, d'autre part, le fait qu'il entraîne une gêne au retour veineux en particulier cérébral, par augmentation des pressions thoraciques [19]. Au cours d'une intervention chirurgicale par laparotomie, le massage cardiaque peut se faire par voie transdiaphragmatique. Les chirurgiens

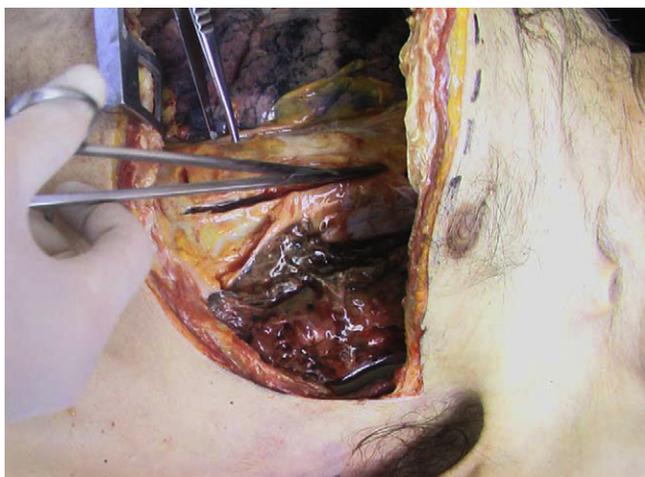


Fig. 7. Le péricarde est incisé de bas en haut au moyen des ciseaux de Mayo.

sont souvent réticents à effectuer ce geste par manque d'habitude mais, correctement réalisé et de façon précoce, le massage cardiaque interne améliore les chances de succès [1]. Chez le cochon, des mesures de pression invasives ont permis d'établir qu'en cas de massage cardiaque interne, le débit cardiaque, les pressions de perfusion systémique et pulmonaire sont significativement plus élevées qu'en cas de MCE [7,19]. Chez le chien, la pression de perfusion coronaire passe de 20 à 50 % de la normale selon la méthode, respectivement MCE et massage cardiaque interne [7,27]. Toujours chez le chien en arrêt cardiaque, en cas de massage cardiaque interne, la pression de perfusion coronaire est meilleure et corrélée à une meilleure survie, les consommations d'adrénaline sont significativement moindres, le taux de survie après 24 heures et après sept jours dans le cas de massage cardiaque interne est plus important et les lésions cérébrales sont significativement moindres [7,19,27]. La supériorité mécanique et physiologique du massage cardiaque interne sur le MCE a été démontrée dans de nombreuses études expérimentales sur des modèles animaux et des études chez l'homme [6,7,19,26,27]. Son utilisation est d'ailleurs désormais recommandée par la conférence d'experts français en cas d'arrêt cardiaque per- ou postopératoire de chirurgie cardiothoracique [1].

La technique du massage cardiaque interne peut s'envisager de deux façons : massage bimanuel et technique à une seule main. Pour effectuer un massage cardiaque interne, il faut avoir préalablement incisé et ouvert le péricarde, pour avoir ainsi un accès direct au cœur.

La technique du massage bimanuel générerait un meilleur débit cardiaque et un moindre risque de perforation cardiaque que le massage à une main [19,27]. Elle se réalise plus facilement lors d'une thoracotomie transverse mais peut être aussi réalisée lors d'une thoracotomie antérieure gauche. La main gauche de l'opérateur vient coiffer le ventricule droit, tandis que les doigts de la main droite viennent s'appliquer contre le ventricule gauche. Les compressions sont réalisées entre les deux mains tout en faisant attention à laisser le cœur dans son plan anatomique, sans le soulever (Fig. 8). En effet, un déplacement antérieur du cœur peut constituer une réelle luxation avec compression des veines caves, diminution du retour veineux et rapidement un effondrement de l'état hémodynamique.

La technique à une main peut se concevoir de deux façons différentes. La première consiste à passer une main (les doigts de la main droite) sous le cœur (contre le ventricule gauche) et à le comprimer à intervalles réguliers contre la face postérieure du sternum [7]. Cette technique ne peut être réalisée que lors d'une thoracotomie antérieure gauche. D'ailleurs le plus faible espace de travail laissé à l'opérateur au cours de cet abord en fait une indication privilégiée, puisqu'une seule main est insérée dans la cavité thoracique. La seconde technique à une main consiste à placer le pouce sur le ventricule gauche, les doigts autour du ventricule droit et la paume au niveau de l'apex [7,19]. Le massage est alors obtenu par un mouvement d'opposition du pouce aux autres doigts. Ces différentes techniques permettent chez le chien d'obtenir de meilleurs débits cardiaque et carotidien qu'avec des manœuvres externes [7]. Ces résultats

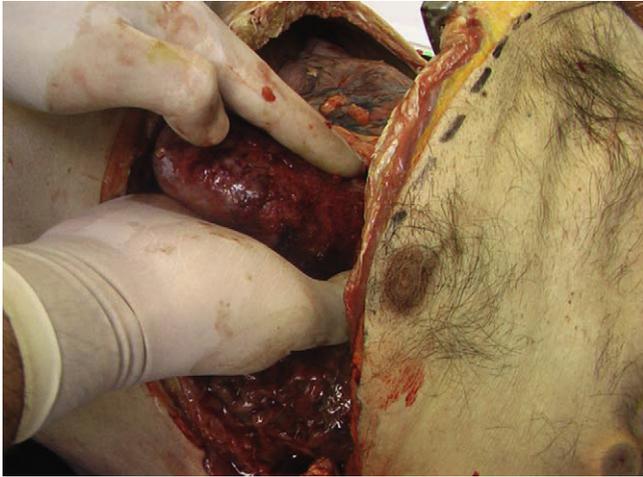


Fig. 8. La main droite est placée derrière le cœur, au contact du ventricule gauche. La main gauche est placée sur la face antérieure du cœur, au contact du ventricule droit. Le massage cardiaque est alors réalisé en appuyant la main gauche contre la main droite comme pour applaudir.

sont cependant moins bons avec la technique du massage à une main (pouce s'opposant aux autres doigts) [19]. Le massage cardiaque interne peut être associé à un clampage aortique afin de privilégier la circulation cérébrale et coronaire.

6.8. Suture d'une plaie cardiaque

La suture de plaie cardiaque ne peut se faire qu'après avoir ouvert le péricarde, débarrassé celui-ci des caillots et du sang qu'il contient et identifié la lésion. La stratégie de réparation dépend de la taille de la plaie [10]. Une plaie de moins d'1 cm peut être contenue par le doigt ou une compresse. Pour des plaies plus importantes, une sonde urinaire de type sonde de Foley (14 ou 16 Fr) est insérée dans la plaie, puis le ballonnet de la sonde est gonflé avec un petit volume de sérum physiologique (de 5 à 10 ml) afin de ne pas trop réduire la cavité cardiaque concernée. Une fois le ballonnet gonflé, la sonde est doucement retirée jusqu'à colmater correctement la plaie. La traction doit être prudente car si elle est excessive elle peut conduire à une extension de la plaie par déchirement. L'extrémité de la sonde doit être clampée (pour limiter les pertes sanguines par cet orifice). Un remplissage vasculaire à haut débit peut être réalisé le cas échéant par la sonde de Foley, en raccordant à celle-ci une tubulure de perfusion. Si le saignement ne peut pas être contrôlé par tous ces moyens (doigt, compresse, sonde de Foley), il devient alors nécessaire de réaliser une suture de la plaie cardiaque. Ce geste est à haut risque d'occlusion d'une artère coronaire et ne doit donc être effectué qu'en dernier recours. Les sutures cardiaques doivent être réalisées au moyen de fil non résorbable de taille 0/0 ou 1/0, monofilament ou tressé. Des patchs peuvent être mis en place sur ces points afin d'éviter de déchirer le myocarde en berge de la plaie. Une plaie atriale peut être temporairement stabilisée par la mise en place d'un clamp de Satinsky. Des agrafes, plus rapides à mettre en place, peuvent remplacer les points de sutures, avec des résultats mécaniques superposables sur des

modèles de plaies cardiaques porcines [33]. Cependant, étant donné le manque de recul sur leurs effets à long terme sur l'épicaire, les sutures restent la référence [34]. Ces techniques ne constituent que des solutions d'attente de l'intervention au bloc opératoire visant à une réparation plus pérenne par des chirurgiens cardiaques.

6.9. Clampage aortique

Le clampage de l'aorte se conçoit dans deux optiques. La première est de juguler un saignement thoracique à point de départ aortique direct, un saignement abdominal, ou des membres inférieurs. La seconde est de privilégier la circulation de la partie supérieure du corps, en particulier les artères coronaires et les artères à destinée céphalique, rendant ainsi le massage cardiaque interne encore plus efficace sur le cœur et l'encéphale. L'aorte thoracique doit être clampée dans sa partie descendante. Le poumon gauche doit être récliné vers le haut (vers la paroi thoracique antérieure) après section du ligament triangulaire, afin d'obtenir une bonne vision de l'aorte qui s'engouffre dans le hiatus aortique. À cet endroit, peut être mis en place un clamp de Satinsky en prêtant une attention toute particulière à ne pas emporter dans cette pince l'œsophage qui constitue un rapport direct de cette portion de l'aorte. Une sonde nasogastrique préalablement mise en place permet de différencier l'œsophage de l'aorte thoracique possiblement exsangue et donc facilement dépressible [9]. Le clampage aortique a été identifié comme un facteur prédictif de mauvais pronostic, probablement du fait des détériorations hémodynamiques nécessitant ce geste [35].

6.10. Autres MRTO

6.10.1. Défibrillation cardiaque

L'idéal est de pratiquer une défibrillation interne si le matériel est disponible (palettes spéciales, avec énergie initiale de 10 à 50 J). Si le matériel n'est pas disponible, la défibrillation sera effectuée plus traditionnellement au moyen des palettes externes apposées sur le thorax rabattu provisoirement [10].

6.10.2. Traitement d'une hypovolémie aiguë

La mise en place d'un gros cathéter est possible dans l'auricule droit et permet la perfusion rapide de sang et de solutés de remplissage réchauffés [6]. Un remplissage rapide peut aussi être effectué par l'intermédiaire d'une sonde de Foley mise en place dans une cavité cardiaque, à des fins de colmatage d'une plaie [10].

6.10.3. Traitement d'une plaie d'un hile pulmonaire

Une compression digitale première de la plaie permet de gagner le temps nécessaire à un clampage en masse du hile au moyen d'un clamp de Satinsky [6]. Moins de 20 % des patients qui bénéficient d'une thoracotomie de ressuscitation suite à un traumatisme thoracique nécessitent une résection pulmonaire d'hémostase [36].

Pour ce qui est du syndrome d'embolie gazeuse systémique suite à une plaie pulmonaire, son traitement de première

intention fait appel à l'intubation bronchique sélective et la ventilation unipulmonaire du poumon sain. En seconde intention, le clampage d'un hile pulmonaire peut être réalisé [11].

6.10.4. Traitement d'une plaie pariétale thoracique

Des hémorragies en particulier des artères thoraciques internes ou des artères intercostales (suite à l'incision de l'espace intercostal) peuvent être observées, témoins d'une reprise de la fonction circulatoire. L'hémostase peut être obtenue par ligatures ou clampage au moyen de petites pinces hémostatiques [6,10].

7. Résultats

Il faut différencier les résultats des thorotomies réalisées dans des indications traumatiques et non traumatiques. Les résultats des principales études pertinentes sont réunis dans le **Tableau 1**.

7.1. Indications traumatiques

Les traumatismes pénétrants représentent les meilleures indications de MRTO [16–18]. Cependant, quelle que soit l'étiologie, le facteur le plus important est le temps qui s'est écoulé entre l'arrêt circulatoire et la réalisation de la thorotomie. En effet, l'état du patient au moment où la thorotomie est effectuée : signes vitaux (réactivité pupillaire, respiration spontanée, mouvements spontanés, pouls centraux) semble être le critère pronostique le plus fiable. Certains auteurs proposent aussi des MRTO en cas de traumatisme fermé [8,14,17,19,22,29,31–33,37–46].

7.2. Indications non traumatiques

La littérature donne des résultats variables mais toujours fonction de la précocité de la prise en charge.

Un massage cardiaque interne entrepris après 15 minutes de MCE permet d'obtenir un taux de survie de 75 % [27]. Ce taux passe à 38 % après 20 minutes et à 0 % après 25 minutes de MCE. Cette étude animale complète un travail clinique portant sur 52 patients victimes d'arrêt cardiaque au service des urgences et comparant une prise en charge MRTO versus ACLS [27]. Trois patients de chaque groupe furent réanimés avec un succès immédiat mais il n'y eut en définitive aucun survivant. Cependant, le délai moyen de pratique du massage cardiaque interne était de plus de 25 minutes.

Selon le lieu de survenue de l'arrêt cardiaque, le taux de survie passe de 0 % sur le lieu de survenue extrahospitalier à 4 % dans l'ambulance et 19 % dans le service des urgences [47].

Dans une autre étude, après 25 minutes en moyenne de MCE/ACLS puis conversion en MRTO, on observe un taux de récupération d'activité cardiaque spontanée de 40 à 58 % [28]. Malgré cela une mortalité secondaire de 75 % (arrêts cardiaques itératifs aux urgences ou en réanimation) est à déplorer. Cependant, 15 % des patients peuvent survivre avec un score neurologique normal [7].

Les résultats observés sont donc relativement encourageants, que ce soit pour les étiologies traumatiques ou non traumatiques, compte tenu de l'âge souvent jeune de ces patients.

8. Complications

L'incidence des infections après MRTO est décrite dans la littérature comme s'étendant de 0 à 9,1 % [7]. Les patients

Tableau 1
Principales études publiées.

Auteur	Type d'étude	n	Survie (%)		
			Trauma pénétrant	Trauma fermé	Non trauma
Coats et al. [29]	Rétrospective	39	10	–	–
Rhee et al. [37]	Méta-analyse	4620	8,80	1,40	–
Branney et al. [38]	Rétrospective	868	7	2	–
Aihara et al. [17]	Rétrospective	49	0 à 48	–	–
Asensio et al [46]	Prospective	37	16	–	–
Cothren et Moore [41]	Rétrospective	4388	10 à 16	1,40	–
Asensio et al. [33]	Prospective	71	14	–	–
Bleetman et al. [39]	Rétrospective	25	32	–	–
Tanaka et al. [40]	Rétrospective	19	89	40	–
Fialka et al. [19]	Rétrospective	38	–	10,50	–
Cook et Gupta [42]	Cas clinique	1	Oui	–	–
Tyburnski et al. [47]	Rétrospective	302	41	–	–
Takino et Okada [28]	Prospective	26	–	–	58
Hachimi-Idrissi et al. [5]	Rétrospective	33	–	–	6
Keogh et Wilson [32]	Cas clinique	1	Oui	–	–
Wright et al. [12]	Cas clinique	1	Oui	–	–
Craig et al. [31]	Cas clinique	1	Oui	–	–
Alanezi et al. [48]	Rétrospective	27	56	18	–
Karmy-Jones et al. [45]	Rétrospective	218	57	–	–
Karmy-Jones et al. [22]	Rétrospective	157	83	33	–
Athanasios et al. [8]	Rétrospective	53	15	3,70	–

bénéficiant de ces techniques sont hospitalisés en moyenne 15 jours à un mois en réanimation et sont donc exposés aux complications infectieuses inhérentes à la réanimation (ventilation invasive, accès veineux, troubles trophiques de décubitus...). Il devient alors difficile de différencier ces infections de celles directement imputables au geste de réanimation à thorax ouvert, même si celui-ci a été réalisé sans grande précaution d'asepsie.

Des lésions iatrogènes, dont l'incidence globale varie de 0 à 1,4 %, sont également possibles et décrites lors de la réalisation de MRTO : contusions myocardiques, lésions coronaires directes [7].

9. Coûts

9.1. Coût en personnel de soins

Une thoracotomie de ressuscitation expose le personnel de soins (médecins, infirmières, aides-soignants, ambulanciers) à plusieurs périls :

- le risque d'accident de la route pour les personnels des ambulances qui transportent des patients pouvant être déclarés morts ;
- l'exposition des équipes hospitalières à des liquides biologiques de patients à haut risque de contamination par le virus de l'immunodéficience humaine (VIH) et du virus de l'hépatite. Compte tenu du type d'agents vulnérants (agressions par armes à feu, coups de couteaux) rencontrés au cours des traumatismes pénétrants, et par extrapolation du type de population concernée, la séroprévalence pour le VIH est de 1,4 à 19 % dans les services d'urgence urbains aux États-Unis, mais moins d'1 % pour les pays nordiques [12,49]. Les virus des hépatites B et C sont des menaces encore plus importantes puisque le risque d'infection après une seule blessure percutanée est évaluée à 30 % pour une séroprévalence de 7,7 à 18 % pour les patients admis aux urgences [12,49]. Chaque année environ 250 acteurs de soins décèdent de l'hépatite B [12,49]. Appliqué aux MRTO réalisées aux urgences il n'y a pas de différence quant à l'indication de traumatisme pénétrant ou fermé.

9.2. Coût médico-légal

Persévérer « inutilement » dans la réanimation d'un patient victime d'un crime peut perturber l'enquête en modifiant la scène du crime : la position du corps, les vêtements qui peuvent contenir des indices, les empreintes digitales... C'est un facteur certes mineur dans la décision de réanimer ou non, mais qui fait partie des conséquences de ce type d'action thérapeutique, étant donné le profil des patients et des traumatismes mis en cause [12].

9.3. Coût financier

Le coût financier est de 13 674 à 140 000 US dollars par survivant pour une thoracotomie de ressuscitation. Cela tient

compte de l'hospitalisation, des jours de réanimation, qui englobe les coûts de fonctionnement (personnels soignants) [49].

9.4. Coût émotionnel et psychologique

Le vécu et le ressenti des familles et des proches de patients bénéficiant parfois sous leurs yeux, d'une MRTO n'ont été évalués que par une étude japonaise. Dans cette culture, ces gestes invasifs sont relativement bien acceptés (80 %) par les familles de ces patients, en particulier les éléments jeunes de ces familles qui ont conscience des efforts de réanimation effectués pour leurs proches, surtout après avoir été informés (a posteriori) des techniques par les équipes qui les réalisent [50]. Ces données ne sont pas forcément applicables à la population française d'une culture différente en de nombreux points.

10. Discussion

Les MRTO ont fait la preuve de leur efficacité dans certaines situations. Pour diffuser la pratique de ces techniques dans le système de soins français, il convient de bien définir le cadre tant spatial (préhospitalier ou intrahospitalier) que temporel (à quel moment ?) ainsi que la population visée.

10.1. Organisation des secours

Aux États-Unis, les soins préhospitaliers, basés sur l'adage du « *scoop and run* », sont dispensés par des équipes de *paramedics* qui arrivent sur les lieux, assurent les premiers soins et mettent en place le monitoring du patient, sécurisent le cas échéant les voies aériennes [51] (intubation si besoin mais avec un succès variable et ventilation manuelle) et le ramènent, toutes sirènes hurlantes, à l'hôpital le plus proche. En cas d'arrêt cardiaque, ces *paramedics* ne peuvent pratiquer que les manœuvres de BLS. Dès son arrivée au service des urgences, le patient est immédiatement pris en charge par des équipes de déchoquage (chirurgiens, anesthésistes et urgentistes) qui réalisent des manœuvres d'ATLS ou d'ultra-ATLS si besoin avant son orientation vers le bloc opératoire.

En Grande-Bretagne, le système de soin préhospitalier est construit sur le même principe d'équipes de *paramedics*, mais qui bénéficient de renfort médical en fonction des consignes du régulateur des appels urgents. Ainsi s'est développé le Helicopter Emergency Medical Service (HEMS) du Royal London Hospital qui permet d'envoyer rapidement sur le lieu d'intervention une équipe menée par un médecin (urgentiste, anesthésiste ou chirurgien) formé et à même de pouvoir pratiquer des MRTO sur les lieux ou pendant le transport du patient vers l'hôpital. L'adage n'est plus « *scoop and run* » mais devient alors « *stay and play* » [8] : le patient est stabilisé avant transport vers un bloc opératoire.

En France, les équipes du service mobile d'urgence et de réanimation (Smur) sont médicalisées. Pourtant, dans ce système de soins préhospitaliers, qui s'y prête pourtant très bien, les MRTO ne font pas partie actuellement de l'arsenal thérapeutique. De même, dans les salles d'accueil des urgences

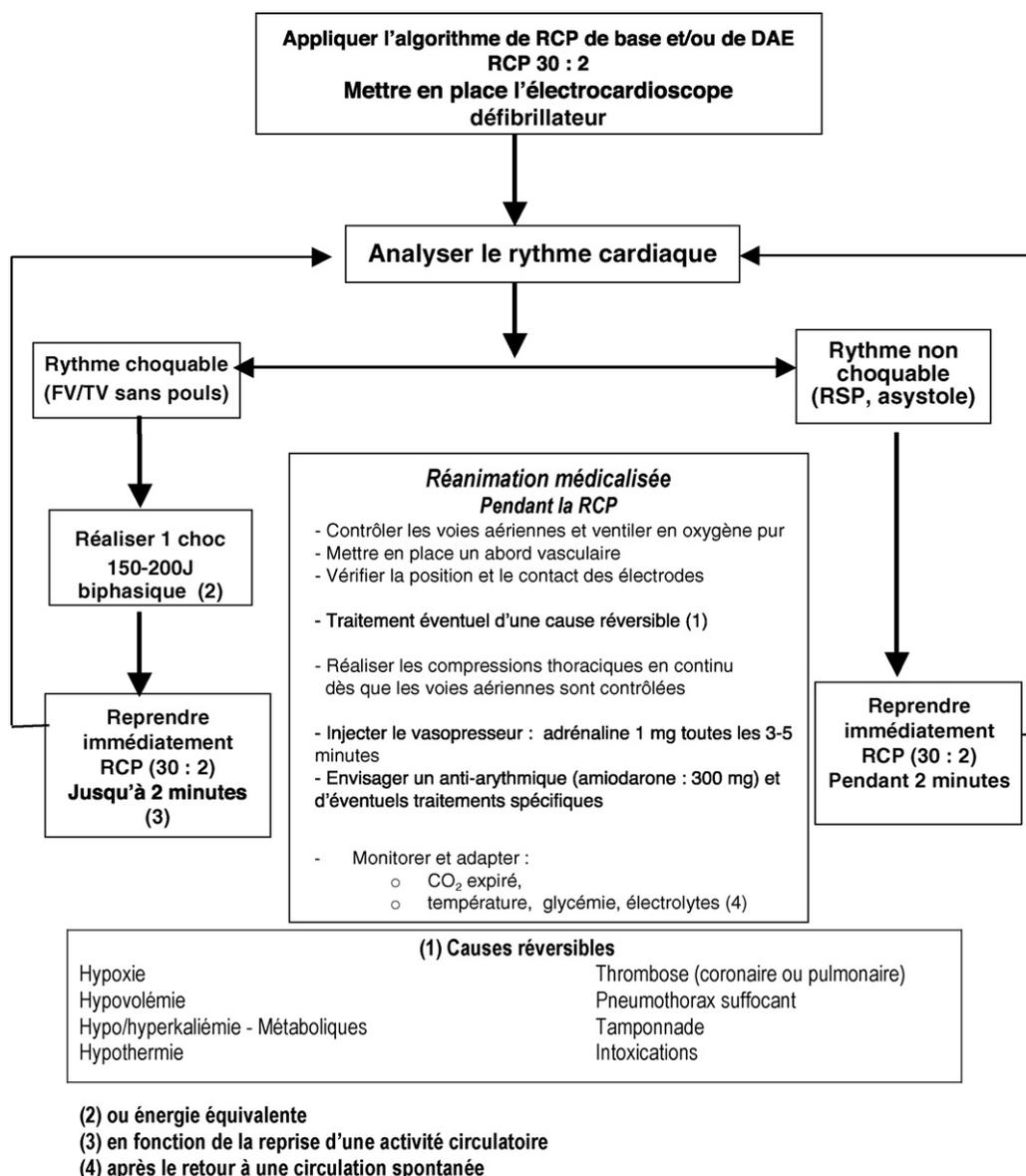
vitales (SAUV), les thorcotomies de ressuscitation restent tout à fait exceptionnelles. Pourquoi ?

Plusieurs raisons peuvent être évoquées :

- les conflits de territorialité entre spécialistes : « une thorcotomie ne peut et ne doit être réalisée que par un chirurgien », « une intubation trachéale ne peut et ne doit être réalisée que par un anesthésiste », « une trachéotomie ne peut et ne doit être réalisée que par un chirurgien ORL »... En cas d'urgence ne faut-il pas savoir faire face et déborder de sa propre spécialité pour le bénéfice du patient ?
- les jeunes chirurgiens, actuellement surspécialisés ne sont objectivement plus beaucoup formés aux gestes et à la chirurgie d'extrême urgence ou chirurgie de guerre, mais

seulement à la chirurgie programmée. Si les gestes ne sont plus enseignés, ils ne peuvent guère être entrepris. . .

- en Europe, contrairement à certains pays comme l'Afrique du Sud ou les États-Unis, les traumatismes pénétrants (surtout le fait de crimes et de violences) sont moins fréquents que les traumatismes fermés après les accidents de la circulation à haute énergie cinétique ;
- il y a peut-être aussi des réticences à réanimer à tout prix des patients dont les lésions cérébrales dues à l'hypoxie seraient pourvoyeuses d'états végétatifs chroniques ;
- de nos jours, la crainte des recours médico-légaux décourage les médecins de réaliser ces gestes très invasifs. Avec la croissante et pesante menace de l'obligation de moyens, il faudra néanmoins s'y employer. Devant des lésions graves et



Algorithme 1. Réanimation médicalisée. D'après les RFE sur l'AC, 2007.

Cet algorithme est réalisé dès l'arrivée d'une équipe médicalisée de réanimation préhospitalière (déclenchée par le 15) ou hospitalière. Un rythme choquable signifie : « pour lequel le choc électrique est indiqué ». Les indications des médicaments sont précisées dans le texte. Les interruptions des compressions thoraciques doivent être les plus courtes possibles. Si la défibrillation permet le retour à une circulation spontanée efficace le médecin peut abréger la séquence suivante de deux minutes de RCP. Cet algorithme peut être modifié devant un AC en situation particulière.

mortelles, il peut sembler parfois plus raisonnable de prononcer le décès que de persévérer dans la réalisation de MRTO dont l'acceptation par les proches est souvent ignorée ;

- enfin, pour ceux qui ne reculent pas devant ces notions, il existe une limite technique : il faut aussi que le matériel adéquat soit disponible au bon endroit et au bon moment.

La plupart des pays qui réalisent des MRTO le font au service des urgences (Emergency Department Thoracotomy), ce qui permet de penser que ces techniques seront facilement transposables à la SAUV des hôpitaux français.

De plus, le modèle anglais nous incite à penser que les MRTO peuvent être réalisées en contexte préhospitalier, et par des non-chirurgiens, ce qui est encourageant pour la pratique française de médicalisation préhospitalière des patients graves.

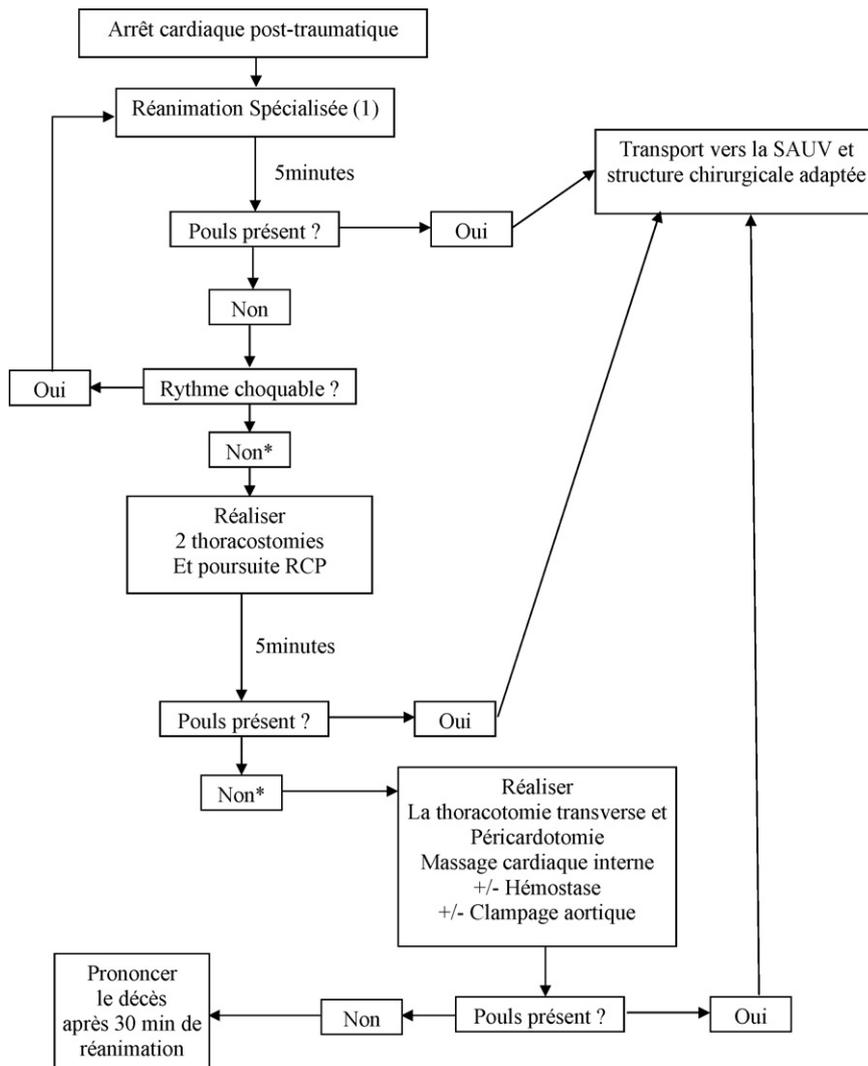
10.2. Indications

Toujours dans l'optique d'une application des MRTO en France, les indications nécessitent d'être bien clarifiées, ce qui

nécessite d'analyser les facteurs de bon pronostic. L'intérêt des MRTO n'étant pas clairement établi dans l'arrêt cardiaque non traumatique, nous ne développerons que les indications suite à un traumatisme. Plusieurs facteurs semblent conditionner le pronostic vital des patients qui requièrent une thoracotomie avec MRTO.

Le facteur temps (entre le moment de l'indication et de la réalisation) et l'état du patient au moment où la thoracotomie est entreprise semblent être les plus importants. Aux États-Unis, un transport préhospitalier le plus rapide possible, constitue un facteur de meilleur pronostic, mais en tenant compte de la non-médicalisation de ce système [52].

Le type d'indication joue aussi un rôle fondamental avec des résultats qui apparaissent comme meilleurs lorsqu'il s'agit d'un traumatisme pénétrant par opposition aux traumatismes fermés. Il faut cependant pondérer ces résultats avec le type de prise en charge préhospitalière. En effet, la majorité des résultats sont issus d'études américaines (avec les mêmes réserves déjà évoquées). Ainsi, certains patients qui nécessiteraient des MRTO sur le terrain n'en bénéficieraient qu'à l'arrivée au service



Algorithme 2. Proposition d'algorithme pour la réalisation de MRTO en cas d'arrêt cardiaque post-traumatique pénétrant ou fermé. (1) : appliquer l'algorithme proposé par la RFE 2007 (voir algorithme 1) ; * : absence d'éléments d'orientation en faveur d'une étiologie extrathoracique de l'arrêt cardiaque.

des urgences de l'hôpital. L'échographie préhospitalière pourrait permettre de préciser avec certitude le diagnostic et d'affiner les indications de thoracotomie de ressuscitation [53]. Dans ces conditions, et d'une manière générale avec la médicalisation préhospitalière, il faudrait s'attendre à des résultats en termes de survie, probablement différents des études américaines. Ces différences se manifesteront surtout dans les indications où précisément la perte de temps initiale aggravait le pronostic. En effet, la faiblesse du système de soins préhospitaliers américain majore la perte de chance chez les patients particulièrement graves qui d'emblée ne présentent pas de signes de vie ou qui les perdent pendant le transport à l'hôpital. Ces patients pourraient donc voir leur pronostic modifié par une pratique plus agressive sur le terrain.

10.3. Moyens nécessaires

Cela implique qu'une formation théorique et pratique soit dispensée aux médecins acteurs de l'urgence préhospitalière et hospitalière : urgentistes, anesthésistes-réanimateurs et... chirurgiens. Plusieurs types de formations existent et ont été évaluées : sur patients (apprentissage des gestes au cours de MRTO sur patients réels), sur des modèles animaux [54] mais aussi sur cadavres. Bien sûr, la bonne connaissance anatomique, nécessaire et préalable à la réalisation des MRTO, implique que celle-ci soit actualisée au cours de la formation théorique.

Enfin, le matériel nécessaire à la pratique des MRTO peut être réuni dans un kit complet et restérilisable qui représente un coût d'environ 1000 euros.

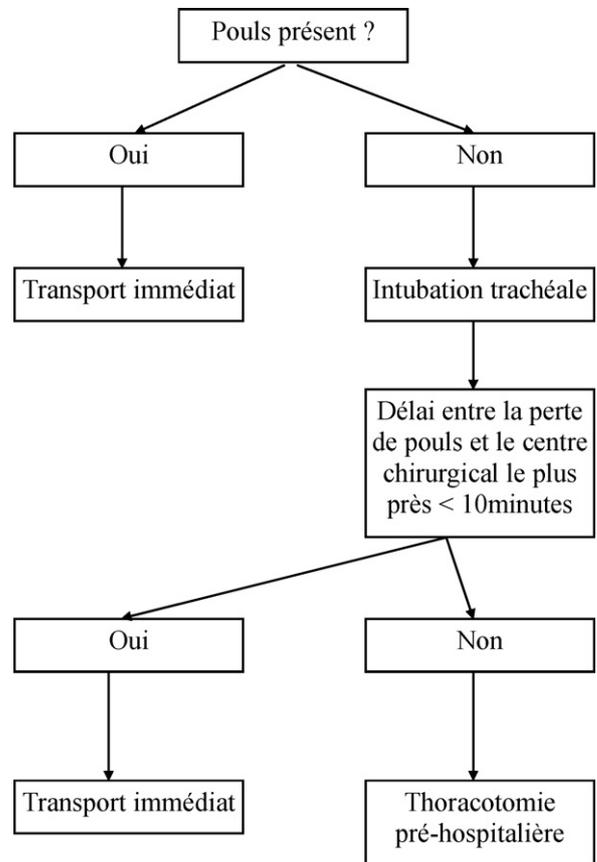
10.4. Algorithmes

Les algorithmes décisionnels sont indispensables afin d'uniformiser les pratiques et de rationaliser la pratique des MRTO. L'algorithme 1 est utilisé par les équipes du London HEMS pour la gestion des arrêts cardiaques post-traumatismes pénétrants, les deux facteurs pris en compte sont : la présence ou l'absence d'un pouls palpable et le délai jusqu'à la thoracotomie hospitalière.

Comme le préconise la dernière conférence formalisée d'experts français de 2007 [1], la réanimation d'un arrêt cardiaque d'origine traumatique doit en premier lieu suivre les mêmes recommandations que celles en vigueur pour la réanimation des arrêts cardiaques (AC) d'origine « médicale ». Cette même conférence évoque la possibilité de pratiquer une thoracotomie de sauvetage aux urgences si le délai de transport est inférieur à 15 minutes.

L'arbre décisionnel pour les MRTO que nous proposons (algorithme 2), commence donc par l'application de l'algorithme de la conférence d'experts sur la réanimation spécialisée de l'arrêt cardiaque (algorithme 3).

Lorsque la situation est celle d'une absence de pouls palpable avec un rythme non choquable à l'analyse du tracé sur le cardioscope, il faut alors entrer dans l'algorithme des MRTO. Il s'agit d'entreprendre le traitement d'une cause curable (épanchement pleural compressif, tamponnade...) comme évoqué dans l'algorithme 1.



Algorithme 3. Utilisé par les équipes du London HEMS pour la réalisation de MRTO dans les cas d'arrêts cardiaques faisant suite à un traumatisme pénétrant (d'après Athanasiou et al. [8]).

L'algorithme que nous proposons pourrait s'appliquer aux cas de traumatismes pénétrants ou fermés, en situation préhospitalière. Les éléments principaux à rechercher de façon répétée sont la présence ou l'absence d'un pouls palpable et d'un rythme cardiaque non choquable. Ce sont ces signes qui vont permettre d'évaluer l'efficacité de la circulation sanguine et déclencher la procédure de MRTO.

Dans un premier temps, une thoracostomie est réalisée sur chaque hémithorax, puis les deux seront réunies par la thoracotomie transverse dans un second temps. Un délai de cinq minutes est proposé entre chacune des étapes afin de ne pas perdre trop de temps avant de réaliser la MRTO et d'offrir une chance maximale au patient.

Cet algorithme pourrait aussi s'appliquer tout ou partie en situation intrahospitalière (à la SAUV). Dans ces conditions il faut bien sûr discuter en fonction de l'établissement et de l'expérience de chacun des intervenants, qui fera la MRTO, le chirurgien, l'anesthésiste ou l'urgentiste...

11. Conclusion

Les nombreux travaux, essentiellement anglo-saxons, portant sur les MRTO, ont montré une certaine efficacité de ces manœuvres lorsque les indications sont bien choisies et le délai de réalisation bref. Il semble intéressant en France d'inclure les MRTO dans le système de soins préhospitaliers

(Smur) pour réduire encore le délai de réalisation quand l'indication est justifiée. Le développement des MRTO en France suppose deux préalables :

D'une part, l'élaboration d'un algorithme décisionnel concernant la thérapeutique des arrêts cardiaques post-traumatiques et, d'autre part, une formation des médecins, théorique et pratique, la plus réaliste possible.

Références

- [1] Recommandations formalisées d'experts. Prise en charge de l'arrêt cardiaque. *Ann Fr Anesth Reanim* 2007;26:1008–19.
- [2] David JS, Gueugniaud PY. Pourquoi la réanimation cardiopulmonaire a-t-elle changée récemment ? *Ann Fr Anesth Reanim* 2007;26:1045–55.
- [3] David JS, Gueugniaud PY, Riou B, Pham E, Dubien PY, Goldstein P, et al. Does the prognosis of cardiac arrest differ in trauma patients? *Crit Care Med* 2007;35:2251–5.
- [4] Resuscitation ILCOR. Advanced life support. *Resuscitation* 2005;67:213–47.
- [5] Nolan J, Deakin C, Soar J, Böttiger B, Smith G. European Resuscitation Council guidelines for resuscitation 2005. Section 4. Adult advanced life support. *Resuscitation* 2005;67:S39–86.
- [6] Voiglio EJ, Coats TJ, Baudoin YP, Davies GD, Wilson AW. Thoracotomie transverse de réanimation. *Ann Chir* 2003;128:728–33.
- [7] Hachimi-Idrissi S, Leeman J, Hubloue Y, Huyghens L, Corne L. Open chest cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 1997;35:151–6.
- [8] Athanasiou T, Krasopoulos G, Nambiar P, Coats T, Petrou M, Magee P, et al. Emergency thoracotomy in the prehospital setting: a procedure requiring clarification. *Eur J Cardiothorac Surg* 2004;26:377–86.
- [9] Asensio JA, Soto SN, Forno W, Roldan G, Petrone P, Salim A, et al. Penetrating cardiac injuries: a complex challenge. *Injury* 2001;32:533–43.
- [10] Wise D, Davies G, Coats T, Lockey D, Hyde J, Good A. Emergency thoracotomy: "how to do it". *Emerg Med J* 2005;22:22–4.
- [11] Ho AM. Is emergency thoracotomy always the most appropriate immediate intervention for systemic air embolism after lung trauma? *Chest* 1999;116:234–7.
- [12] Eckstein M. Termination of resuscitative efforts: medical futility for the trauma patient. *Curr Opin Crit Care* 2001;7:450–4.
- [13] Nolke L, Naughton P, Shaw C, Hurley J, Wood AE. Accidental nail gun injuries to the heart: diagnostic, treatment, and epidemiological considerations. *J Trauma* 2005;58:172–4.
- [14] Wright KD, Murphy K. Cardiac tamponade: a case of kitchen floor thoracotomy. *Emerg Med J* 2002;19:587–8.
- [15] Wilhelm T, Zieren HU, Muller JM, Pichlmaier H. Requirement for thoracotomy in thoracic trauma. *Ann Chir* 1993;47:426–32.
- [16] van Wijngaarden MH, Karmy-Jones R, Talwar MK, Simonetti V. Blunt cardiac injury: a 10-year institutional review. *Injury* 1997;28:51–5.
- [17] Aihara R, Millham FH, Blansfield J, Hirsch EF. Emergency room thoracotomy for penetrating chest injury: effect of an institutional protocol. *J Trauma* 2001;50:1027–30.
- [18] Battistella FD, Nugent W, Owings JT, Anderson JT. Field triage of the pulseless trauma patient. *Arch Surg* 1999;134:742–5.
- [19] Fialka C, Sebok C, Kemetzhofer P, Kwasny O, Sterz F, Vecsei V. Open chest cardiopulmonary resuscitation after cardiac arrest in cases of blunt chest or abdominal trauma: a consecutive series of 38 cases. *J Trauma* 2004;57:809–14.
- [20] Saadia R, Degiannis E, Levy RD. Management of combined penetrating cardiac and abdominal trauma. *Injury* 1997;28:343–7.
- [21] Garrison RN, Richardson JD, Fry DE. Diagnostic transdiaphragmatic pericardiectomy in thoracoabdominal trauma. *J Trauma* 1982;22:147–9.
- [22] Karmy-Jones R, Jurkovich GJ, Nathens AB, Shatz DV, Brundage S, Wall Jr MJ, et al. Timing of urgent thoracotomy for hemorrhage after trauma: a multicenter study. *Arch Surg* 2001;136:513–8.
- [23] Schweitzer J, Nirula R, Romero J, Vogel J, Waxman K. Successful emergent thoracotomy for pericardial tamponade caused by late constrictive pericarditis after trauma. *J Trauma* 2001;50:945–8.
- [24] Ootaki Y, Okada M, Yamashita C, Sugimoto T, Wakiyama H. Tension hemothorax caused by a ruptured aneurysm of the descending thoracic aorta: report of a case. *Surg Today* 2000;30:558–60.
- [25] Plaisier BR. Thoracic lavage in accidental hypothermia with cardiac arrest: report of a case and review of the literature. *Resuscitation* 2005;66:99–104.
- [26] Brunette DD, McVane K. Hypothermic cardiac arrest: an 11-year review of ED management and outcome. *Am J Emerg Med* 2000;18:418–22.
- [27] Sanders AB, Kern KB, Ewy GA. Time limitations for open chest cardiopulmonary resuscitation from cardiac arrest. *Crit Care Med* 1985;13:897–8.
- [28] Takino M, Okada Y. The optimum timing of resuscitative thoracotomy for nontraumatic out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 1993;26:69–74.
- [29] Coats TJ, Keogh S, Clark H, Neal M. Prehospital resuscitative thoracotomy for cardiac arrest after penetrating trauma: rationale and case series. *J Trauma* 2001;50:670–3.
- [30] Cantineau JP, Tazarourte K, Merckx P, Martin L, Reynaud P, Berson C, et al. Intubation trachéale en réanimation préhospitalière : intérêt de l'induction anesthésique à séquence rapide. *Ann Fr Anesth Reanim* 1997;16:878–84.
- [31] Craig R, Clarke K, Coats TJ. On scene thoracotomy: a case report. *Resuscitation* 1999;40:45–7.
- [32] Keogh SP, Wilson AW. Survival following prehospital arrest with on-scene thoracotomy for a stabbed heart. *Injury* 1996;27:525–7.
- [33] Asensio JA, Berne JD, Demetriades D, Chan L, Murray J, Falabella A, et al. One hundred five penetrating cardiac injuries: a 2-year prospective evaluation. *J Trauma* 1998;44:1073–82.
- [34] Mayrose J, Jehle DV, Moscati R, Lerner EB, Abrams BJ. Comparison of staples versus sutures in the repair of penetrating cardiac wounds. *J Trauma* 1999;46:441–3.
- [35] Hunt PA, Greaves I, Owens WA. Emergency thoracotomy in thoracic trauma: a review. *Injury* 2006;37:1–19.
- [36] Rotondo MF, Bard MR. Damage control surgery for thoracic injuries. *Injury* 2004;35:649–54.
- [37] Rhee PM, Acosta J, Bridgeman A, Wang D, Jordan M, Rich N. Survival after emergency department thoracotomy: review of published data from the past 25 years. *J Am Coll Surg* 2000;190:288–98.
- [38] Branney SW, Moore EE, Feldhaus KM, Wolfe RE. Critical analysis of two decades of experience with postinjury emergency department thoracotomy in a regional trauma center. *J Trauma* 1998;45:87–94.
- [39] Bleetman A, Kasem H, Crawford R. Review of emergency thoracotomy for chest injuries in patients attending a UK accident and emergency department. *Injury* 1996;27:129–32.
- [40] Tanaka H, Fujita T, Endoh Y, Kobayashi K. Pericardial tamponade type injury: a 17-year study in an urban trauma center in Japan. *Surg Today* 1999;29:1017–23.
- [41] Cothren CC, Moore EE. Emergency department thoracotomy for the critically injured patient: Objectives, indications, and outcomes. *World J Emerg Surg* 2006;1:4.
- [42] Cook TM, Gupta K. Emergency thoracotomy after cardiac arrest from blunt trauma is not always futile. *Resuscitation* 2007;74:187–90.
- [43] Powell DW, Moore EE, Cothren CC, Ciesla DJ, Burch JM, Moore JB, et al. Is emergency department resuscitative thoracotomy futile care for the critically injured patient requiring prehospital cardiopulmonary resuscitation? *J Am Coll Surg* 2004;199:211–5.
- [44] Macho JR, Markison RE, Schechter WP. Cardiac stapling in the management of penetrating injuries of the heart: rapid control of hemorrhage and decreased risk of personal contamination. *J Trauma* 1993;34:711–5.
- [45] Karmy-Jones R, Nathens A, Jurkovich GJ, Shatz DV, Brundage S, Wall Jr MJ, et al. Urgent and emergent thoracotomy for penetrating chest trauma. *J Trauma* 2004;56:664–8.
- [46] Asensio JA, Murray J, Demetriades D, Berne J, Cornwell E, Velmahos G, et al. Penetrating cardiac injuries: a prospective study of variables predicting outcomes. *J Am Coll Surg* 1998;186:24–34.

- [47] Tyburski JG, Astra L, Wilson RF, Dente C, Steffes C. Factors affecting prognosis with penetrating wounds of the heart. *J Trauma* 2000;48: 587–90.
- [48] Alanezi K, Milencoff GS, Baillie FG, Lamy A, Urschel JD. Outcome of major cardiac injuries at a Canadian trauma center. *BMC Surg* 2002;10: 2–4.
- [49] Sikka R, Millham FH, Feldman JA. Analysis of occupational exposures associated with emergency department thoracotomy. *J Trauma* 2004;56: 867–72.
- [50] Sakamoto T, Saitoh D, Kaneko N, Kawakami M, Okada Y. Is emergency open chest cardiopulmonary resuscitation accepted by patients' families? *Resuscitation* 2000;47:281–6.
- [51] Jones JH, Murphy MP, Dickson RL, Somerville GG, Brizendine EJ. Emergency physician-verified out-of-hospital intubation: miss rates by paramedics. *Acad Emerg Med* 2004;11:707–9.
- [52] Seamon MJ, Fisher CA, Gaughan J, Lloyd M, Bradley KM, Santora TA, et al. Prehospital procedures before emergency department thoracotomy: “scoop and run” saves lives. *J Trauma* 2007;63:113–20.
- [53] Lapostolle F, Petrovic T, Lenoir G, Catoireau J, Galinski M, Metzger J, et al. Usefulness of hand-held ultrasound devices in out-of-hospital diagnosis performed by emergency physicians. *Am J Emerg Med* 2006;24:237–42.
- [54] Chapman DM, Rhee KJ, Marx JA, Honigman B, Panacek EA, Martinez D, et al. Open thoracotomy procedural competency: validity study of teaching and assessment modalities. *Ann Emerg Med* 1996;28:641–7.