

Arrêt cardiaque traumatique

J.-S. DAVID¹, B. VIVIEN², É. WIEL³

Points essentiels

- Dans le contexte d'un traumatisme, le pneumothorax compressif et le désamorçage hypovolémique doivent être rapidement identifiés car leur traitement peut permettre de restaurer une activité cardiaque spontanée efficace.
- Même si les chances de survie après un arrêt cardiaque d'origine traumatique sont extrêmement faibles (environ 2 %), en l'absence de lésions incompatibles avec la survie, une réanimation doit toujours être tentée.
- La réanimation d'un arrêt cardiaque d'origine traumatique doit suivre les mêmes recommandations que celles en vigueur pour la réanimation des arrêts cardiaques d'origine « médicale » et doit associer la prise en charge des lésions traumatiques.
- La fibrillation ventriculaire survenant dans le cadre d'une « commotio cordis » se traite comme une fibrillation ventriculaire d'origine médicale par un choc électrique externe.
- Le pronostic après un arrêt cardiaque traumatique est meilleur après un traumatisme pénétrant qu'après un traumatisme fermé, en particulier si le

1. Service d'Anesthésie-Réanimation-Urgence, Centre Hospitalier Lyon Sud, Hospices Civils de Lyon, Pierre Bénite.

2. SAMU-SMUR, CHU Necker, Assistance Publique des Hôpitaux de Paris, Paris.

3. Pôle Urgence, SAMU régional de Lille, CHRU de Lille.

Correspondance : P^r Jean-Stéphane David : Service d'Anesthésie-Réanimation-Urgence, Centre Hospitalier Lyon-Sud, Chemin du Grand Revoyet, 69495 Pierre Bénite cedex, France. E-mail : jean-stephane.david@chu-lyon.fr

traumatisme est thoracique et isolé en raison de la possibilité de réaliser une thoracotomie de sauvetage.

- Cette thoracotomie est en général réalisée aux urgences de l'hôpital si le délai de transport est inférieur à 15 minutes ou en préhospitalier en cas de délai de transport plus long, à condition toutefois de disposer de la formation et de l'expérience nécessaires.
- En préhospitalier comme au déchocage, une thoracostomie est à réaliser systématiquement au-delà de 10 minutes d'arrêt cardiaque réfractaire.

1. Introduction

Le pronostic d'un arrêt cardiaque survenant dans les suites d'un traumatisme est habituellement considéré comme très péjoratif, avec un taux de survie moyen de l'ordre de 2 % et fréquemment de lourdes séquelles neurologiques (1-3).

C'est en raison de ce pronostic très défavorable de l'arrêt cardiaque traumatique qu'il est apparu dans la littérature, essentiellement nord-américaine, une controverse sur le bien-fondé de réanimer ou non les patients victimes d'un arrêt cardiaque d'origine traumatique. Certains auteurs « extrémistes » ont déconseillé toute réanimation de ces patients, faisant valoir d'une part, le risque élevé et « inutile » couru par les personnels soignants (risques d'accidents liés à la prise en charge préhospitalière, risques de contamination infectieuse...), d'autre part, l'importance des coûts engendrés par cette réanimation en comparaison avec les infimes chances de survie du patient (4-6). À l'extrême, cette réanimation a été jugée « futile » même lorsqu'il s'agissait de préserver les organes en vue d'une éventuelle transplantation.

Cependant, certains travaux récents tendent à remettre en cause la « futilité » de cette réanimation, en raison d'une part, du fait que le pronostic de patients victimes d'un arrêt cardiaque d'origine traumatique, est le même que celui de patients victimes d'un arrêt cardiaque d'origine médicale et d'autre part, du fait que de nombreux cas de survie « inespérée » de patients qui n'auraient théoriquement pas dû être réanimés ont été rapportés (1). Enfin, dans la mesure où les patients victimes d'un arrêt cardiaque d'origine traumatique sont exclus de manière quasi systématique des grandes études prospectives randomisées sur la prise en charge de l'arrêt cardiaque, l'essentiel de la littérature sur ce sujet est constitué d'études rétrospectives et de cas cliniques.

2. Mécanismes des arrêts cardiaques traumatiques

De nombreuses lésions peuvent être responsables d'un arrêt cardiaque dans les suites d'un traumatisme (Tableau 1). Certaines d'entre elles doivent être connues car elles vont nécessiter la mise en œuvre de stratégies thérapeutiques très

pénétrants du thorax, 77 % des décès immédiats sont dus à une plaie du cœur ou des gros vaisseaux. En cas de traumatisme thoracique fermé, sur des séries autopsiques, des lésions cardiaque ou de l'aorte sont fréquemment observées (cœur : 10 à 76 % des cas ; aorte : 15 à 40 % des cas). La mortalité immédiate des ruptures aortiques est estimée à 80-90 %, et survient essentiellement sur les lieux de l'accident, bien avant l'arrivée à l'hôpital. Enfin, il faut souligner que l'autopsie de patients décédés dans un service d'urgence, infirme la cause supposée du décès dans 15 % des cas. Ceci confirme la difficulté d'établir avec certitude l'origine de l'arrêt cardiaque chez un patient traumatisé.

3. Pronostic

Le pronostic d'un arrêt cardiaque post traumatique est mauvais puisque la survie est voisine de 2 % avec souvent de lourdes séquelles cérébrales (1). Dans une série française récemment publiée, la survie sur un petit collectif de 129 patients était de 0,9 % à un an. Plus de 94 % de ces patients avaient été victimes d'un traumatisme fermé et aucun d'entre eux n'avait bénéficié de thoracostomie décompressive (2). Une revue de la littérature effectuée en 2005, lors de l'élaboration des recommandations de l'*European Resuscitation Council*, établissait la survie globale après un arrêt cardiaque traumatique à 2,2 % (extrêmes 0,3-7 %), avec des séquelles neurologiques présentes chez plus de 99 % des patients survivants (1). Il faut souligner qu'une distinction était effectuée entre traumatismes fermés et traumatismes pénétrants. Ainsi, sur les 1 242 patients victimes d'un arrêt cardiaque après traumatisme fermé, seuls 19 patients (1,5 %) avaient survécu, dont 2 (0,16 %) sans séquelle neurologique majeure. Sur les 839 patients victimes d'un arrêt cardiaque après traumatisme pénétrant, seuls 16 patients (1,9 %) avaient survécu, dont 12 (1,4%) sans séquelle neurologique majeure. Si dans ces différents travaux, le pronostic était particulièrement mauvais, il existe également des travaux qui rapportent des survies de plus de 60 % dans certains sous-groupes de patients sélectionnés. Ces différences sont essentiellement liées au type de traumatisme étudié (trauma pénétrant vs. trauma fermé), aux critères d'inclusion (arrêt cardiaque en pré ou en intrahospitalier), mais également à l'organisation du système de prise en charge de la traumatologie.

3.1. Facteurs pronostiques

À partir des nombreuses études rétrospectives effectuées sur la prise en charge préhospitalière et hospitalière des arrêts cardiaques traumatiques, il est possible d'individualiser certains facteurs plutôt de bon pronostic et d'autres au contraire plutôt de mauvais pronostic. Certains de ces facteurs sont communs aux arrêts cardiaques non traumatiques (âge, présence de témoin, RCP par un témoin, délai de prise en charge médicale).

3.1.1. Facteurs de bon pronostic

- Survenue d'un arrêt cardiaque dans les suites d'un traumatisme pénétrant en comparaison avec un traumatisme fermé (7).
- En cas de traumatisme pénétrant : localisation thoracique (*a fortiori* lorsqu'elle est isolée), lésion cardiaque unique, existence d'une tamponnade, plaie par arme blanche vs. par arme à feu.
- Persistance d'une activité pupillaire, de mouvements spontanés, d'une activité ECG encore organisée avec une fréquence cardiaque > 40 b/ min (8).
- Survenue de l'arrêt cardiaque en présence d'un médecin expérimenté (8).
- Survenue de l'arrêt cardiaque en intrahospitalier plutôt qu'en préhospitalier (8).
- Diagnostic et traitement rapide des causes curables à l'origine de l'arrêt cardiaque : exsufflation d'un pneumothorax compressif, péricardotomie en cas de tamponnade (3, 9, 10).

3.1.2. Facteurs de mauvais pronostic

- Arrêt cardiaque de plus de 10 min.
- Survenue successive de plusieurs arrêts cardiaques.
- Manœuvres de réanimation prolongées sans reprise d'une activité circulatoire efficace spontanée, supérieures à 5 min en cas de traumatisme fermé et à 15 min en cas de traumatisme pénétrant.
- Absence de tout signe de vie, en particulier après un traumatisme fermé.
- Temps de transfert hospitalier prolongé (> 10 min), sans reprise d'une activité circulatoire efficace spontanée.
- En cas de traumatisme pénétrant, présence d'un choc hémorragique.
- Présence d'un traumatisme crânien grave.
- Association de lésions multiples.

4. Prise en charge spécifique des arrêts cardiaques traumatiques

Les *Recommandations Formalisées d'Experts* (www.sfar.org) publiées en 2006, reprennent en grande partie les diverses recommandations publiées sur l'arrêt cardiaque (*American College of Surgeon Committee on Trauma*, 2003 ; *European Resuscitation Council*, 2005 ; *American Heart Association*, 2005) et les adaptent à la pratique médicale française. Toutes ces recommandations insistent sur le fait que d'une part, la prise en charge d'un arrêt cardiaque d'origine traumatique est identique à celle effectuée pour tout arrêt cardiaque d'origine « médicale », avec une attention particulière portée sur les voies aériennes, la ventilation et la circulation, et d'autre part, sur la nécessité de connaître et

dépister les étiologies réversibles pouvant être à l'origine d'un arrêt cardiaque après un traumatisme (fibrillation ventriculaire, pneumothorax compressif, tamponnade, hypovolémie et hypothermie).

4.1. Intubation

Chez des patients en arrêt cardiaque après un traumatisme pénétrant, la réalisation d'une intubation trachéale préhospitalière permet de prolonger le temps maximal pour lequel une survie peut être observée après thoracotomie : 9,4 min avec intubation versus 4,2 min sans intubation. Il faut souligner le risque plus élevé d'échec et de non tentative d'intubation trachéale chez les patients victimes d'un arrêt cardiaque traumatique, en comparaison avec ceux victimes d'un arrêt cardiaque non traumatique. La difficulté de l'intubation oro-trachéale est liée aux conséquences du traumatisme (présence de sang, sécrétions, vomissements et/ou divers débris, modifications anatomiques...), ainsi qu'aux conditions environnementales (position du patient parfois incarcéré). En revanche, le maintien théoriquement nécessaire du respect de l'axe du rachis cervical pendant la procédure risque de majorer les difficultés d'intubation, sans que le bénéfice d'une telle attitude ne soit prouvé chez un patient en arrêt cardiaque post-traumatique.

4.2. Thoracotomie

Le meilleur pronostic de l'arrêt cardiaque est observé chez les patients victimes d'un traumatisme thoracique pénétrant isolé, et plus spécifiquement chez ceux présentant une lésion cardiaque unique. Ceci est essentiellement lié à la possibilité de réaliser rapidement une thoracotomie d'hémostase (4, 9-17). Ainsi, chez les patients en arrêt cardiaque après un traumatisme cardiaque pénétrant, mais présentant encore des signes de vie (activité ECG et/ou pupillaire), une thoracotomie peut permettre d'espérer un taux de survie au-delà de 30 % à condition toutefois que les temps de prise en charge préhospitalier soient courts. Lorsque l'arrêt cardiaque survient en salle de déchocage, la thoracotomie peut même permettre d'atteindre un taux de survie de 64 % (18). Il existe plusieurs travaux réalisés en préhospitalier et décrivant la réalisation d'une thoracotomie pour des arrêts cardiaques réfractaires compliquant des traumatismes pénétrants. Ainsi, sur une série de 39 patients, une survie voisine de 10 % a été observée (10). On trouve également dans la littérature des cas cliniques avec des survies inespérées (Angleterre, Espagne) (12, 13).

À l'opposé, chez les patients qui présentent un traumatisme fermé, les résultats ne sont pas aussi bons et sur une série très récente de thoracotomie préhospitalière, une survie de 3,2 % a été observée (9). Au déchocage, les résultats sont les mêmes avec des taux de survie très faibles. Il est ainsi proposé de réserver les indications de thoracotomies de sauvetage au déchocage aux seuls patients présentant un arrêt cardiaque préhospitalier de moins de 5 min (versus 15 min après un traumatisme pénétrant), ou un arrêt cardiaque survenant après l'arrivée à l'hôpital (8, 11). Cependant, Fialka *et al.* ont récemment rapporté 4 cas de survie

parmi 39 patients en arrêt cardiaque depuis moins de 20 min après un traumatisme fermé abdominal et/ou thoracique, et chez lesquels une thoracotomie avait été réalisée en salle d'urgence ou au bloc opératoire (14).

4.3. Causes curables à l'origine d'un arrêt cardiaque traumatique

Lors de la prise en charge d'un patient en arrêt cardiaque après un traumatisme, il est impératif de vérifier qu'une étiologie facilement curable n'est pas à l'origine de l'arrêt cardiaque.

4.3.1. Obstruction des VAS

Une obstruction des voies aériennes peut être à l'origine d'un arrêt cardiaque hypoxique, pour lequel l'intubation et la ventilation mécanique peuvent rapidement permettre de restaurer une activité cardiaque. En cas de traumatisme laryngé, une intubation oro-trachéale voire une crico-thyroïdotomie permet d'assurer une ventilation efficace jusqu'à l'arrivée à l'hôpital. Une asphyxie ou une compression thoracique peuvent également être à l'origine d'un arrêt cardiaque hypoxique.

4.3.2. Épanchement pleural compressif

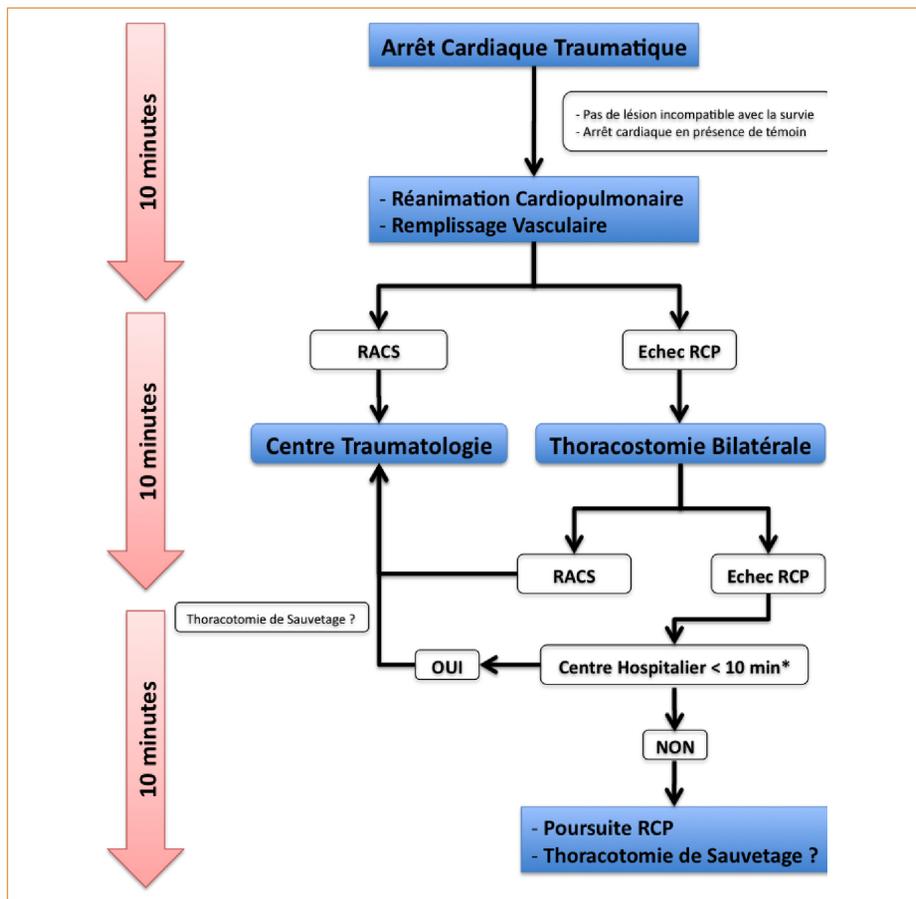
Un pneumothorax ou un hémithorax compressif peuvent être responsables d'un arrêt cardiaque en créant une véritable tamponnade gazeuse ou liquidienne, qui va nécessiter une évacuation rapide par exsufflation à l'aiguille ou thoracotomie, suivie éventuellement par la mise en place d'un drain thoracique (19, 20). Chez un patient victime d'un traumatisme thoracique, la survenue d'un arrêt cardiaque, peu de temps après l'intubation trachéale et l'instauration de la ventilation mécanique, doit en priorité faire suspecter la survenue d'un pneumothorax compressif (21, 22).

Il est actuellement fortement suggéré de réaliser systématiquement une thoracostomie bilatérale en cas d'arrêt cardiaque réfractaire dans les suites d'un traumatisme fermé, au-delà de 10 minutes de réanimation cardio-pulmonaire inefficace (Figure 1). Cette attitude est justifiée par la possibilité assez fréquente de retrouver un pneumothorax compressif. Dans un travail récemment publié, 20 % de pneumothorax compressifs étaient ainsi observés (23). De plus, il a également été montré, sur une série de 757 patients, que le fait de mettre en place un drain thoracique (équivalent à une thoracostomie) était associé, chez le patient en arrêt cardiaque réfractaire, à une augmentation de la probabilité de survie (3).

4.3.3. Épanchement péricardique compressif (tamponnade)

Un hémopéricarde ou un épanchement péricardique, accompagné ou non d'une tamponnade, peut survenir après toute lésion cardiaque traumatique, en particulier après un traumatisme thoracique pénétrant. Il s'observe de manière exceptionnelle en cas de traumatisme fermé (24). À l'inverse, en cas de plaie du cœur, si un épanchement péricardique s'observe fréquemment, l'absence d'épanche-

Figure 1.



* Dans l'hypothèse de réaliser une thoracotomie de sauvetage.

ment péricardique n'exclut en aucun cas une plaie du cœur car si la plaie est importante, le péricarde étant constamment traversé, le sang se déverse alors dans la plèvre (30 % des cas). En cas de traumatisme pénétrant, un hémithorax important doit ainsi faire systématiquement évoquer une plaie cardiaque.

La mortalité immédiate de ces traumatismes cardiaques majeurs est habituellement élevée en raison d'arrêts cardiaques immédiats, mais il a été rapporté des cas d'arrêt cardiaque plus tardifs, par exemple liés à une rupture péricardique de révélation secondaire. En effet, la présence de l'enveloppe péricardique permet de retarder une hémorragie massive au prix d'une compression réalisant une tamponnade (25). Ce phénomène de tamponnade peut parfois permettre au blessé d'arriver vivant à l'hôpital, et a même été récemment individualisé en tant que facteur de survie (10). Chez le patient traumatisé hypovolémique, un hémopéricarde modéré ou localisé en regard d'une seule cavité cardiaque peut avoir

Une entité physiopathologique particulière à l'origine de fibrillations ventriculaires post-traumatiques a été individualisée depuis plusieurs années : le « commotio cordis » (27, 28). Dans la majorité des cas, les patients sont victimes d'un choc thoracique « à basse énergie » lors de la pratique d'un sport collectif (balle de base-ball, sports de contacts ou de combats...), mais il est aussi probable que ce type d'arrêt cardiaque puisse survenir à l'occasion d'autres types de traumatismes dans lesquels survient un impact thoracique : rixes, accidents de la voie publique ou chutes... Le mécanisme à l'origine de ce trouble du rythme a été décrit expérimentalement et il a été montré que l'impact d'un projectile assimilable à une balle de base-ball projetée à près de 50 km/h sur l'aire précordiale 30 à 15 ms avant le sommet de l'onde T était susceptible de déclencher une fibrillation ventriculaire (28). On observe également que bien que les victimes soient généralement des sujets jeunes et sportifs en bonne santé, le pronostic de ces arrêts cardiaques traumatiques est mauvais avec un taux de survie voisin de 15 % (27).

4.3.6. Hypothermie

Chez le patient traumatisé, l'hypothermie accidentelle est très fréquente et d'origine multifactorielle (prise en charge tardive et/ou en période hivernale, intoxications alcoolique et/ou médicamenteuse associées, déshabillage du blessé, remplissage vasculaire massif et/ou transfusion de produits sanguins insuffisamment réchauffés, anesthésie...). Elle peut le plus souvent être évitée ou limitée par une stratégie de prévention lors de la phase préhospitalière (29). Elle est à combattre impérativement en raison des troubles de la coagulation sanguine qui apparaissent dès que la température s'abaisse en dessous de 34 °C. De même, une hypothermie en dessous de 28 °C est susceptible d'entraîner un arrêt cardiaque avec un état de mort apparente. En l'absence de traumatisme sévère associé et d'hypoxie responsable de l'arrêt cardiaque, cette hypothermie, quand elle conduit à une bradycardie extrême ou à un arrêt cardiaque, en plus d'une réanimation cardio-pulmonaire, est alors susceptible de bénéficier d'un réchauffement par circulation extracorporelle dans certaines conditions (30).

5. Proposer des pistes pour améliorer la survie

5.1. Hypothermie profonde induite (« Suspended Animation »)

Lorsque l'arrêt cardiaque est dû à une hémorragie non contrôlée ou lorsqu'il n'est pas possible de contrôler le processus hémorragique, l'objectif de l'induction d'une hypothermie profonde (avec arrêt cardiaque si celui-ci n'est pas présent initialement) serait de prolonger la durée de tolérance de l'organisme vis-à-vis de l'arrêt cardiaque pour réaliser une hémostase chirurgicale (31). Ce concept appelé « suspended animation », que l'on peut traduire par « hibernation » a donné lieu à plusieurs études expérimentales dont les plus récentes montrent qu'après un arrêt cardiaque par choc hémorragique chez le chien ou le cochon,

Une réanimation doit toujours être tentée, car la littérature fait état de nombreux cas de survies inespérées chez des patients qui n'auraient théoriquement pas dû être réanimés si les recommandations de « non-réanimation » en vigueur avaient été effectivement appliquées. En particulier, il est indispensable d'identifier rapidement certaines causes curables, tels le pneumothorax compressif, le désamorçage hypovolémique et la *commotio cordis*, car leur traitement spécifique peut permettre de restaurer une activité cardiaque spontanée efficace, et ainsi améliorer le pronostic de survie de ces patients.

Références

1. 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.
2. Faucher A, Savary D, Jund J, Carpentier F, Payen JF, Danel V. [Optimize the resuscitation of prehospital cardiac arrest in trauma patients: a prospective register's experience]. Ann Fr Anesth Reanim 2009 ; 28 : 442-7.
3. Huber-Wagner S, Lefering R, Qvick M, Kay MV, Paffrath T, Mutschler W et al. Outcome in 757 severely injured patients with traumatic cardiorespiratory arrest. Resuscitation 2007 ; 75 : 276-85.
4. 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.
5. Hopson LR, Hirsch E, Delgado J et al. Guidelines for withholding or termination of resuscitation in prehospital traumatic cardiopulmonary arrest: Joint Position Statement of the National Association of EMS Physicians and the American College of Surgeons Committee on Trauma. J Am Coll Surg 2003 ; 196 : 106.
6. Martin SK, Shatney CH, Sherck JP, Ho CC, Homan JS, Neff J. Blunt Trauma Patients with Prehospital Pulseless Electrical Activity (PEA): Poor Ending Assured. J Trauma 2002 ; 53 : 876-81.
7. Anonymous. International guidelines conference on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science. Part 10.7: Cardiac arrest associated with trauma. Circulation 2005 ; 112 : IV-67-IV-77.
8. Lockey D, Crewdson K, Davies G. Traumatic cardiac arrest: who are the survivors? Ann Emerg Med 2006 ; 48 : 240-4.
9. Matsumoto H, Mashiko K, Hara Y, Kutsukata N, Sakamoto Y et al. Role of resuscitative emergency field thoracotomy in the Japanese helicopter emergency medical service system. Resuscitation 2009 ; 80 : 1270-4.
10. 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.
11. Benkhadra M, Honnard D, Lenfant F, Trouilloud P, Girard C, Freysz M. Open chest cardiopulmonary resuscitation: is there an interest in France? Ann Fr Anesth Reanim 2008 ; 27 : 920-33.
12. Deakin CD. From agonal to output: An ECG history of a successful pre-hospital thoracotomy. Resuscitation 2007 ; 75 : 525-9.
13. Corral E, Silva J, Suarez RM, Nunez J, Cuesta C. A successful emergency thoracotomy performed in the field. Resuscitation 2007 ; 75 : 530-3.

14. Fialka C, Sebok C, Kemetzhofer P et al. 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.
15. Buckman RF, Badellino MM, Eynon CA, Mauro LH, Aldridge SC, al. e. Open-chest cardiac massage without major thoracotomy: metabolic indicators of coronary and cerebral perfusion. *Resuscitation* 1997 ; 34 : 247-53.
16. Hoyt DB, Shackford SR, Davis JW. Thoracotomy during trauma resuscitation. An appraisal by board-certified general surgeons. *J Trauma* 1989 ; 29 : 1318-21.
17. Shimazu S, Shatney CH. Outcomes of trauma patients with no vital signs on hospital admission. *J Trauma* 1983 ; 23 : 213-6.
18. Lorenz HP, Steinmetz B, Lieberman J, Schecoter WP, Macho JR. Emergency thoracotomy: survival correlates with physiologic status. *J Trauma* 1992 ; 32 : 780-5.
19. Massarutti D, Trillo G, Berlot G, Tomasini A et al. Simple thoracostomy in prehospital trauma management is safe and effective: a 2-year experience by helicopter emergency medical crew. *Eur J Emerg Med* 2006 ; 13 : 276-80.
20. Waydhas C, Sauerland S. Pre-hospital pleural decompression and chest tube placement after blunt trauma: A systematic review. *Resuscitation* 2007 ; 72 : 11-25.
21. Riou B, Barriot P. Prise en charge pré-hospitalière du polytraumatisé. In : Urgences médico-chirurgicales de l'adulte. Paris : Arnette ; 1992.
22. Vivien B, Olive F, Riou B. Arrêt cardiaque traumatique. In: JEPU, editor. Paris, 2002.
23. Mistry N, Bleetman A, Roberts KJ. Chest decompression during the resuscitation of patients in prehospital traumatic cardiac arrest. *Emerg Med J* 2009 ; 26 : 738-40.
24. Teixeira PG, Inaba K, Oncel D, DuBose J, Chan L et al. Blunt cardiac rupture: a 5-year NTDB analysis. *J Trauma* 2009 ; 67 : 788-91.
25. Yao ST, Vanecko RM, Printen K, Shoemaker WC. Penetrating wounds of the heart: a review of 80 cases. *Ann Surg* 1968 ; 168 : 67-78.
26. Luna GK, Pavlin EG, Kirkman T, Copass MK, Rice CL. Hemodynamic effects of external cardiac massage in trauma shock. *J Trauma* 1989 ; 29 : 1430-3.
27. Maron BJ, Gohman TE, Kyle SB, Estes NAr, Link MS. Clinical profile and spectrum of commotio cordis. *JAMA* 2002 ; 287 : 1142-6.
28. Link MS, Wang PJ, Pandian NG, Bharati S, Udelson JE et al. An experimental model of sudden death due to low-energy chest-wall impact (commotio cordis). *N Engl J Med* 1998 ; 338 : 1805-11.
29. Tisherman SA. Hypothermia and injury. *Curr Opin Crit Care* 2004 ; 10 : 512-9.
30. David JS, Peguet O, Gueugniaud PY. Hypothermie accidentelle. *Urgences*. Paris, 2006.
31. Bellamy R, Safar P, Tisherman SA et al. Suspended animation for delayed resuscitation. *Crit Care Med* 1996 ; 24 : S24-S47.
32. Nozari A, Safar P, Wu X et al. Suspended animation can allow survival without brain damage after traumatic exsanguination cardiac arrest of 60 minutes in dogs. *J Trauma* 2004 ; 57 : 1266-75.
33. Chughtai TS, Gilardino MS, Fleischer DM, Evans DC, Brown RA, Mulder DS. An expanding role for cardiopulmonary bypass in trauma. *Can J Surg* 2002 ; 45 : 95-103.
34. Dauphine C, McKay C, De Virgilio C, Omari B. Selective use of cardiopulmonary bypass in trauma patients. *Am Surg* 2005 ; 71 : 46-50.
35. David JS, Gergelé L, Fontaine O, Levrat A. Exsufflation, Drainage, thoracotomie. *Urgence*. Paris, 2009.
36. Aylwin CJ, Brohi K, Davies GD, Walsh MS. Pre-hospital and in-hospital thoracotomy: indications and complications. *Ann R Coll Surg Engl* 2008 ; 90 : 54-7.

