



TRAUMATISME THORACIQUE : PRISE EN CHARGE EN RÉANIMATION

Christian Laplace, Laurent Martin

Département d'Anesthésie-Réanimation, CHU de Bicêtre, 78 rue du général Leclerc, 94275 Le Kremlin Bicêtre Cedex.

INTRODUCTION

Le traumatisme thoracique est à l'origine de 20 % des décès d'origine traumatique et 80 % des patients ayant un traumatisme thoracique présentent au moins une autre lésion extra-thoracique [1-5]. Les séquelles sont importantes [6]. Par ailleurs, l'extrême variété des lésions (parenchyme pulmonaire, paroi thoracique, coupole diaphragmatique, et médiastin) et leur contribution à la fois à la défaillance circulatoire et à la défaillance respiratoire font la gravité initiale. La prise en charge en réanimation d'un traumatisé thoracique comporte deux périodes distinctes, chacune ayant ses enjeux et nécessitant une attitude raisonnée pour choisir les bonnes options thérapeutiques. La période initiale de la prise en charge hospitalière, celle de la stabilisation des fonctions vitales et du bilan lésionnel nécessite une attitude standardisée, systématique. Elle impose au réanimateur en charge du patient de définir, souvent en grande urgence, une option thérapeutique optimale prenant en compte les problématiques de chacune des lésions et leurs intrications. La phase secondaire de la prise en charge nécessite une attention quotidienne visant à limiter les aggravations secondaires éventuelles induite par la ventilation mécanique, le remplissage vasculaire, l'infection, la douleur et les contraintes liées au traitement des autres lésions.

L'objet de ce chapitre n'est pas de faire une revue du traumatisme thoracique dans son ensemble, lésion par lésion, mais plutôt de mettre en avant quelques évolutions récentes dans la prise en charge des patients.

1. PÉRIODE INITIALE : LE BILAN ET LA GESTION DES ASSOCIATIONS LÉSIONNELLES

1.1. L'ÉCHOGRAPHIE PLEURO-PULMONAIRE À L'ACCUEIL DU PATIENT

Durant cette période, le premier des objectifs est d'évaluer la stabilité du patient et en cas d'instabilité, d'en déterminer l'origine et d'y apporter les moyens correctifs urgents indispensables. En dehors de la radiographie thoracique de face réalisée immédiatement à l'accueil, l'échographie pleuro-pulmonaire prend dorénavant une place primordiale [7-11]. Non invasive, elle peut être réalisée

immédiatement à l'arrivée du patient et permet rapidement de déceler la présence d'un pneumo- ou d'un hémothorax. Dans une étude récente portant sur 135 polytraumatisés, Zhang et al ont montré en 2006 que l'échographie pleuro-pulmonaire était plus sensible que la radiographie thoracique pour déceler un pneumothorax (Se 86 vs 28 %), aussi spécifique (97 vs 100 %) et avait une bonne valeur prédictive négative (96 vs 83 %) [11]. Le temps de réalisation de l'échographie à la recherche d'un pneumothorax était dans cette étude de 7 minutes au maximum. L'échographie pleuro-pulmonaire trouve donc sa place en complément de la « FAST » (Focused Assessment Sonography in Trauma) dont le rôle principal est d'évaluer la présence d'un hémopéritoine en présence d'une instabilité hémodynamique. La recherche d'un épanchement péricardique par voie sous-xyphoïdienne est systématique dans le même temps. Dans notre équipe, l'échographie initiale comprend désormais l'évaluation abdominale rapide, l'échographie pleuro-pulmonaire antérieure et postérieure bilatérale, la recherche d'un épanchement péricardique et un doppler trans-crânien bilatéral systématique. Elle est réalisée en même temps que la mise en place des accès veineux et du monitoring de la pression artérielle invasive. Elle nécessite en moyenne 14 minutes pour sa réalisation complète et apporte une somme d'informations importante pour la prise des premières décisions thérapeutiques : orientation première vers la tomodensitométrie, l'artériographie ou le bloc opératoire ou décision d'exsufflation et/ou de drainage pleural [12].

Parfois, devant une instabilité majeure chez le polytraumatisé, la première attitude à réaliser sera une thérapeutique d'hémostase chirurgicale immédiate (laparotomie d'hémostase, thoracotomie d'hémostase ou une artério-embolisation pelvienne, faciale ou rénale). Dans ce cas, en l'absence de réalisation de la tomodensitométrie initiale, les informations de l'échographie seront précieuses lors du bloc opératoire : nécessité de drainage d'un pneumothorax au cours d'une laparotomie pour splénectomie d'hémostase ou avant réalisation d'une artério-embolisation pelvienne. De la même manière, devant une indication urgente de thoracotomie d'hémostase, la reconnaissance par l'échographie de l'existence d'un hémopéritoine associé permet une meilleure prise en charge du choc hémorragique en prévoyant par exemple une splénectomie par voie transdiaphragmatique. L'échographie a donc pris une place primordiale dans l'évaluation immédiate et la recherche des différentes étiologies des défaillances respiratoire, hémodynamique et neurologique. Dans un second temps, une fois le patient stabilisé, la tomodensitométrie spiralée avec injection de produit de contraste permet d'effectuer le bilan anatomique précis et indispensable des lésions thoraciques.

1.2. LA GESTION DES ASSOCIATIONS LÉSIONNELLES

L'existence de lésions extra-thoraciques dans le bilan lésionnel est à prendre en compte et fait souvent toute la difficulté de la décision thérapeutique dans les traumatismes thoraciques. En effet, les associations entre un traumatisme aortique et des lésions à risque hémorragique, en particulier neurologique, sont fréquentes et nécessitent une prise en charge discutée au cas par cas. De même, l'association d'une atteinte pulmonaire hypoxémiant à des lésions orthopédiques multiples, périphériques ou rachidiennes continue de poser des questions sur le meilleur « timing » de la chirurgie et sur l'opportunité du concept de chirurgie en deux temps, DCO « damage control orthopedic ».

1.2.1. LES TRAUMATISMES AORTIQUES

Les traumatismes de l'aorte posent un problème particulier du fait de leur potentielle gravité à court terme avec un taux élevé de décès et de la morbidité des thérapeutiques proposées [13-15]. En particulier, les choix thérapeutiques peuvent être difficiles en présence de lésions associées comme un traumatisme crânien grave avec lésion hémorragique et/ou hypertension intracrânienne, une contusion pulmonaire sévère hypoxémiante ou des lésions hémorragiques (intra-abdominale ou rétropéritonéale).

Le diagnostic des lésions aortiques a bénéficié au cours des dernières années des progrès de l'imagerie (tomodensitométrie spiralée multibarrettes et échocardiographie par voie trans-œsophagienne). L'angiographie était le « gold standard » mais c'est une technique invasive, non dénuée de risque et qui ne doit être réalisée qu'en milieu chirurgical adapté. La tomodensitométrie avec injection et reconstructions 3D a été rapportée comme ayant une sensibilité de 100 % dans le diagnostic de lésions aortiques, avec une spécificité cependant de 83 à 95 % [16, 17]. En 2000, Goarin et al ont montré, sur une série de 209 patients traumatisés, que l'échocardiographie trans-œsophagienne était plus sensible et aussi spécifique que les techniques radiologiques, angiographie ou tomodensitométrie avec injection (Se 98 %, Sp 100 % pour l'ETO vs Se 83 %, Sp 100 % pour l'imagerie conventionnelle). Lorsque seuls les patients ayant une lésion majeure de l'aorte étaient pris en considération, l'ETO et l'angiographie étaient équivalents (Se 97 %, Sp 100 %). L'échocardiographie trans-œsophagienne permet donc le diagnostic des lésions aortiques traumatiques avec une excellente sensibilité et permet de déceler des lésions minimales qui ne sont pas vues à l'angiographie mais qui nécessitent leur prise en compte dans les options thérapeutiques et leur suivi [18]. Cinella et al confirment, dans une revue de la littérature portant sur 7 publications avec un total de 758 patients analysés, l'utilité et la fiabilité de l'ETO dans le diagnostic des lésions aortiques traumatiques [19].

L'attitude chirurgicale consistant en une réparation chirurgicale urgente rapide est grevée d'une mortalité et d'une morbidité élevée [20]. Au cours des dernières années il est apparu qu'une intervention à distance du traumatisme pouvait, particulièrement pour les patients stables qui présentaient des lésions associées sévères, représenter une alternative acceptable [21-23]. Cependant cette attitude nécessite une sélection des patients très soignée. Goarin et al ont classé les lésions aortiques en 3 grades [18]. Le grade 1 est caractérisé par un hématome intramural isolé ou un flap intimal limité. Le grade 2 est défini comme regroupant les lésions avec rupture sous adventitielle (flap médial, faux anévrisme, hémomédiastin) et perte de la géométrie normale de l'aorte. Enfin, le grade 3 correspond à la rupture aortique avec saignement actif ou obstruction de la lumière aortique avec ischémie (pseudo-coarctation). Le grade 1 correspond aux lésions mineures de l'aorte alors que les grades 2 et 3 sont des lésions majeures. Les lésions de grade 3 ne font aucun doute sur la nécessité de leur traitement chirurgical en urgence quelles que soient les lésions associées [24]. En revanche, le traitement conservateur semble adapté à la prise en charge des lésions de grade 1 [24]. Pour les lésions de grade 2, le traitement retardé peut se discuter en fonction de la présence ou non de critères de sévérité. Dans leur étude de 2005, Vignon et al préconisaient le traitement chirurgical retardé dans les lésions de grade 2, en présence de lésions associées et si la lésion sous-adventitielle était associée à un faux anévrisme modéré (ratio < 1,4 entre

le diamètre maximal au niveau de l'aorte lésée et le diamètre normal de l'aorte descendante) et à un hémomédiastin < 7,2 mm [24].

Cependant, le traitement retardé impose d'instaurer un traitement hypotenseur par β bloquants \pm vasodilatateurs afin de contrôler précisément la pression artérielle, condition indispensable au succès de cette attitude attentiste [17, 25-27]. Malheureusement, les lésions associées contre-indiquent fréquemment ce type de traitement chez les polytraumatisés. Ceci, en raison de la nécessité du maintien d'une pression de perfusion correcte dans les traumatismes crâniens et les traumatismes médullaires. Actuellement, certaines équipes françaises et internationales développent avec succès les thérapies radiologiques interventionnelles de mise en place de stents aortiques [28-36]. Initialement utilisés à distance des traumatismes pour traiter les faux anévrysmes d'apparition secondaire, la commercialisation de nouveaux dispositifs depuis les années 2000 et l'amélioration de la maîtrise technique ont permis la réalisation de traitements endovasculaires à la phase aiguë avec des résultats encourageants [29, 30, 32, 33]. Ces techniques ont l'avantage de ne pas nécessiter de thoracotomie avec un retentissement respiratoire postopératoire important, d'assistance circulatoire avec ses conséquences inflammatoires et hémostatiques, de pouvoir être réalisées sans anticoagulation [32, 36], et d'être rapides [33, 34, 36]. Par ailleurs, le taux de paraplégie postopératoire par ischémie médullaire est extrêmement faible (0 à 4 %) en comparaison de la chirurgie aortique classique (environ 20 à 25 %) [28-29, 31, 33, 34, 37].

L'attitude actuelle semble donc pouvoir être une surveillance avec traitement médical et surveillance radiologique rapprochée en cas de patient stable sans contre-indication au traitement médical. L'éventualité d'une rupture secondaire est estimée à 5 % et plus fréquente au cours des 7 à 10 premiers jours [25]. Toute modification radiologique au cours de la surveillance doit faire reconsidérer l'attitude. En cas de contre-indication au traitement médical ou de lésion à risque élevé de rupture empêchant un traitement à distance, dans un contexte de lésions associées rendant la chirurgie très à risque (hémorragie intracrânienne, contusion pulmonaire sévère), le traitement endovasculaire semble actuellement une alternative sûre et efficace [30, 32, 33]. Un suivi des patients à long terme et des études complémentaires devront confirmer ces données encourageantes. En revanche, pour les patients instables (choc hémorragique lié à la lésion aortique, hémothorax, fuite active aortique), la nécessité d'un traitement en urgence reste indispensable quelles que soient les lésions associées. La mortalité reste lourde et l'emploi de stents dans ces circonstances, lorsque c'est techniquement réalisable, est mal défini. Il ne se conçoit que dans le cadre d'une discussion et d'une parfaite collaboration entre réanimateurs, anesthésistes, chirurgiens thoraciques et vasculaires, et radiologues. Chaque attitude doit être discutée en fonction du bilan lésionnel, des moyens disponibles, de l'expérience des équipes et de la balance bénéfique/risque de chacune des méthodes.

1.2.2. L'HYPOXÉMIE SÉVÈRE ET LA CHIRURGIE ORTHOPÉDIQUE

De manière similaire, une contusion pulmonaire sévère hypoxémiante associée à d'autres lésions, particulièrement des fractures multiples, nécessite des choix thérapeutiques importants. Dans les années 80, l'option d'un traitement complet et définitif des lésions orthopédiques était préconisé (ETC : « early total care ») mais cette attitude a été remise en question car il est apparu que certains

patients ne bénéficiaient pas de cette option thérapeutique et développaient des complications avec une mortalité augmentée. Ces patients étaient les plus graves, parmi lesquels, ceux présentant un traumatisme thoracique, abdominal, crânien significatif et des scores de gravité élevés (ISS). Le concept de chirurgie en deux temps est donc apparu avec une chirurgie initiale rapide (« damage control orthopedics ») de contrôle des lésions ouvertes, des syndromes de loges et de réduction-contention des fractures. Puis, une reprise chirurgicale à distance de quelques jours pour un traitement définitif des lésions. Le problème reste de bien définir la gravité initiale du patient pour faire le meilleur choix. En effet, une chirurgie incomplète sera plus courte et aura moins de conséquences physiologiques initiales mais pose souvent des problèmes de nursing plus importants en réanimation : tractions au lieu d'un enclouage d'un os long, halo et traitement orthopédique plutôt qu'une fixation du rachis. Les traitements à visée respiratoire s'en trouvent plus difficiles en particulier pour la kinésithérapie et les traitements positionnels (position demi-assise, décubitus latéral ou ventral). La morbidité est majorée avec une durée de ventilation augmentée, des pneumopathies plus fréquentes, des complications de décubitus : thrombophlébites, lésions cutanées, œsophagites... etc. Inversement, une chirurgie longue, hémorragique, génératrice d'instabilité, d'acidose et de troubles de la coagulation peut s'avérer dramatique chez un patient sous-évalué initialement.

L'évaluation de la gravité initiale du traumatisme et en particulier thoracique doit donc retenir une attention particulière. Elle est difficile. La radiographie de face sous-estime les lésions et la tomodensitométrie permet fréquemment de mettre en évidence une contusion pulmonaire non vue sur la radiographie, ou de déceler une atteinte contralatérale à une lésion visible d'un seul coté [38]. Une des caractéristiques de l'atteinte pulmonaire est son évolutivité [4] et le fait que les heures qui suivent le traumatisme sont marquées par une aggravation des lésions pouvant atteindre les critères d'une atteinte sévère non présente initialement [39]. La tomodensitométrie est l'examen le plus sensible pour le diagnostic de contusion pulmonaire [40-43] et a été proposée pour en évaluer la gravité à partir de calculs de volume de poumon contus rapporté au volume de poumon total ou de poumon sain [43, 44]. En effet, il a été retrouvé une corrélation entre le volume de poumon contus et le degré d'hypoxémie [45] ainsi qu'entre le volume de poumon contus et le risque de survenue d'un SDRA [44]. Un volume mesuré de contusion pulmonaire ≥ 20 % du volume pulmonaire total est plus fréquemment associé à une durée de ventilation prolongée et à la survenue d'un SDRA [43, 44]. Le rapport $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ permet d'évaluer le retentissement gazométrique de l'atteinte pulmonaire. Pour Hoff et al, en analyse multivariée, chez des patients présentant une contusion pulmonaire isolée, le rapport $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 250$ à l'admission est le seul facteur indépendant significativement associé au pronostic [3]. Enfin, un score de sévérité a été développé en 2000 par Pape et al, à partir de 1495 patients polytraumatisés (ISS > 17) ayant un traumatisme thoracique (AIS thorax > 1) et validé sur 3814 patients ayant les mêmes critères. Il inclut des critères cliniques (âge), radiologiques (fractures de côtes, atteinte pleurale, contusion pulmonaire) et biologiques ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ ratio). Ce score (TTS : Thoracic Trauma Score) serait plus précis que l'AIS et l'ISS pour prédire le risque de complications respiratoires post-traumatiques. En dehors de la gravité spécifiquement respiratoire, la décision chirurgicale doit aussi prendre en compte la présence d'une instabilité hémodynamique, d'une coagulopathie,

d'une acidose, d'une hypothermie. Tous ces éléments orienteront le choix du traitement le plus adapté : en cas de lésion pulmonaire peu importante (AIS < 2, contusion < 20 %) avec peu de retentissement gazométrique et chez un patient stable par ailleurs, la chirurgie en un temps des lésions orthopédiques (ETC) semble bénéfique pour le patient. En revanche, en cas de traumatisme important (AIS thorax \geq 2, contusion > 20 %) avec une hypoxémie sévère associée, une chirurgie d'urgence, de parage, fixation et contrôle des lésions majeures doit être la règle [46, 47]. Le problème non résolu actuellement sera de définir quel sera ultérieurement le meilleur moment pour réaliser le deuxième temps chirurgical en prenant en considération l'évolution du patient, les complications infectieuses et les éventuelles séquelles fonctionnelles générées par cette attitude.

2. PHASE SECONDAIRE : LE SUIVI DE L'ÉVOLUTION

2.1. LE RÔLE PRIMORDIAL DE L'ANALGÉSIE

Durant cette phase, l'essentiel est d'assurer une évolution avec un minimum de complications secondaires. Ceci passe, entre autres, par une analgésie de qualité. En effet, le traumatisme thoracique, du fait des fractures de côtes, des volets thoraciques, des atteintes pleurales, des drains sont générateurs de douleurs très intenses ; particulièrement lors des efforts inspiratoires, de la toux et lors de la kinésithérapie. Différents types d'analgésie peuvent être proposés : analgésie morphinique contrôlée par le patient [48], perfusion continue de morphiniques [49], morphiniques inhalés [50] ou encore analgésie péridurale [51-53]. Les recommandations actuelles donnent une place prépondérante à la péridurale thoracique pour la qualité de l'analgésie obtenue [54] et la diminution des complications qui en découle [51]. En effet, elle permet une efficacité sur la douleur de fond par une perfusion continue de morphinique et un contrôle satisfaisant des douleurs aiguës de la kinésithérapie ou de la toux grâce à l'emploi associé d'anesthésiques locaux. Le problème majeur de cette technique est souvent sa faisabilité. Chez un patient présentant un traumatisme thoracique isolé, il s'agit vraisemblablement de la technique idéale d'analgésie [54]. En revanche, chez le polytraumatisé, il y a fréquemment des lésions associées qui soit gênent sa réalisation (fractures du rachis par exemple), soit nécessitent en elles-mêmes une analgésie pour laquelle la péridurale thoracique sera inefficace (fractures périphériques associées). De plus, les fréquentes perturbations de l'hémostase sont souvent une raison de l'incapacité à réaliser une technique d'analgésie péri-médullaire (thrombopénie, CIVD, anticoagulation...). Dans ces situations, les autres techniques d'analgésie, moins efficaces que la péridurale semblent toutes pouvoir être proposées. La morphine inhalée semble aussi efficace que la PCA morphine avec moins de somnolence [50] et la perfusion continue de Sufentanil ou de Rémifentanyl est une alternative qui a été proposée lors des échecs de PCA morphine avec des EVA restant supérieurs à 40 mm [49].

2.2. LA PRISE EN CHARGE VENTILATOIRE

Une prise en charge « non invasive » associant analgésie péridurale et ventilation non invasive est vraisemblablement favorable en limitant la morbidité de l'intubation trachéale. Cependant, la supériorité théorique de cette prise en charge n'a jamais été démontrée dans ce contexte particulier du traumatisme thoracique. L'efficacité de la ventilation non invasive en milieu chirurgical a été beaucoup moins étudiée qu'en milieu médical. Seules certaines études ont

démonstré sa supériorité dans la prévention des atélectasies postopératoires [55] ou dans l'insuffisance respiratoire aiguë post chirurgie thoracique [56]. Une analgésie efficace par péridurale thoracique associant une perfusion continue de morphine et de ropivacaïne, une kinésithérapie intense pluri-quotidienne et une ventilation non invasive constituent actuellement, dans notre équipe, la prise en charge optimale d'un traumatisé thoracique isolé ou d'un polytraumatisé avec traumatisme thoracique chez qui la péridurale est réalisable. De manière concomitante, la vacuité pleurale doit être assurée afin de favoriser l'expansion pulmonaire et donc la ventilation alvéolaire. Ceci afin d'éviter la constitution d'un caillottage pleural et l'apparition secondaire d'un empyème pleural. Le risque d'apparition d'un hémithorax retardé est proportionnel au nombre de côtes fracturées et à l'importance de leur déplacement. Il apparaît en moyenne au 3^{ème} jour. Son drainage peut faire appel à des drains de type « drain de Fuhrman » posés sous contrôle échographique par la méthode de Seldinger. Peu invasifs, simples à mettre en œuvre, ils pourraient être une alternative au drainage thoracique.

CONCLUSION

Les traumatisés thoraciques ont largement bénéficié ces dernières années des progrès de l'imagerie et de leur emploi accru en traumatologie : échographie pleuro-pulmonaire, échocardiographie trans-œsophagienne, tomodynamométrie multibarrettes...

L'échographie pleuro-pulmonaire est actuellement devenue incontournable dans l'évaluation rapide initiale des traumatisés thoraciques. Elle permet une orientation rapide du patient et une décision sans délai lors de la nécessité d'un geste urgent. Les options thérapeutiques en fonction des associations lésionnelles ont bénéficié de l'apport de l'échographie trans-œsophagienne dans l'évaluation des lésions aortiques, et les progrès de la radiologie interventionnelle ont apporté des alternatives intéressantes à la chirurgie aortique.

D'autre part, la prise en charge attentive des traumatisés thoraciques associant une évaluation précise de la gravité initiale, une chirurgie des lésions associées prenant en compte ce degré de gravité initial et des soins postopératoires « agressifs » associant : analgésie par péridurale thoracique, ventilation non invasive... devraient permettre d'améliorer le devenir à court et à long terme de ces traumatismes extrêmement sévères mais nécessiteront des études ultérieures sur ces différents points pour le confirmer.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Boyd AD, Glassman LR: Trauma to the lung. *Chest Surg Clin N Am* 1997, 7(2):263-284.
- [2] Gaillard M, Herve C, Mandin L, Raynaud P: Mortality prognostic factors in chest injury. *J Trauma* 1990, 30(1):93-96
- [3] Hoff SJ, Shotts SD, Eddy VA, Morris JA, Jr.: Outcome of isolated pulmonary contusion in blunt trauma patients. *Am Surg* 1994, 60(2):138-142
- [4] Keough V, Pudelek B: Blunt chest trauma: review of selected pulmonary injuries focusing on pulmonary contusion. *AACN Clin Issues* 2001, 12(2):270-281.
- [5] Richardson JD, Adams L, Flint LM: Selective management of flail chest and pulmonary contusion. *Ann Surg* 1982, 196(4):481-487.
- [6] Leone M, Charvet A, Brégeon F, Antonini F, Blasco V, Visintini P, Martin C, Albanèse J: Traumatisme thoracique: devenir à 6 mois. *Ann Fr Anesth Reanim* 2006, 25(Hors série):R169.

- [7] Dulchavsky SA, Schwarz KL, Kirkpatrick AW, Billica RD, Williams DR, Diebel LN, Campbell MR, Sargysan AE, Hamilton DR: Prospective evaluation of thoracic ultrasound in the detection of pneumothorax. *J Trauma* 2001, 50(2):201-205
- [8] Lichtenstein D, Meziere G, Biderman P, Gepner A: The «lung point»: an ultrasound sign specific to pneumothorax. *Intensive Care Med* 2000, 26(10):1434-1440.
- [9] Lichtenstein DA, Meziere G, Lascols N, Biderman P, Courret JP, Gepner A, Goldstein I, Tenoudji-Cohen M: Ultrasound diagnosis of occult pneumothorax. *Crit Care Med* 2005, 33(6):1231-1238.
- [10] Rowan KR, Kirkpatrick AW, Liu D, Forkheim KE, Mayo JR, Nicolaou S: Traumatic pneumothorax detection with thoracic US: correlation with chest radiography and CT-initial experience. *Radiology* 2002, 225(1):210-214
- [11] Zhang M, Liu ZH, Yang JX, Gan JX, Xu SW, You XD, Jiang GY: Rapid detection of pneumothorax by ultrasonography in patients with multiple trauma. *Crit Care* 2006, 10(4):R112
- [12] Laplace C, Ract C, Vigué B, Cheisson G, Leblanc P, Engrand N, Martin L, Duranteau J: Une réanimation hospitalière avant tomodensitométrie est indispensable chez les polytraumatisés. Résultats préliminaires. *Ann Fr Anesth Reanim* 2006, 25(Hors série):R515
- [13] Parmley LF, Mattingly TW, Manion WC, Jahnke EJ, Jr.: Nonpenetrating traumatic injury of the aorta. *Circulation* 1958, 17(6):1086-1101
- [14] Pretre R, Chilcott M: Blunt trauma to the heart and great vessels. *N Engl J Med* 1997, 336(9):626-632
- [15] Pretre R, Von Segesser LK: Aortic dissection. *Lancet* 1997, 349(9063):1461-1464
- [16] Demetriades D, Gomez H, Velmahos GC, Asensio JA, Murray J, Cornwell EE, 3rd, Alo K, Berne TV: Routine helical computed tomographic evaluation of the mediastinum in high-risk blunt trauma patients. *Arch Surg* 1998, 133(10):1084-1088
- [17] Fabian TC, Davis KA, Gavant ML, Croce MA, Melton SM, Patton JH, Jr., Haan CK, Weiman DS, Pate JW: Prospective study of blunt aortic injury: helical CT is diagnostic and antihypertensive therapy reduces rupture. *Ann Surg* 1998, 227(5):666-676; discussion 676-667
- [18] Goarin JP, Cluzel P, Gosgnach M, Lamine K, Coriat P, Riou B: Evaluation of transesophageal echocardiography for diagnosis of traumatic aortic injury. *Anesthesiology* 2000, 93(6):1373-1377.
- [19] Cinnella G, Dambrosio M, Brienza N, Tullo L, Fiore T: Transesophageal echocardiography for diagnosis of traumatic aortic injury: an appraisal of the evidence. *J Trauma* 2004, 57(6):1246-1255.
- [20] von Oppell UO, Dunne TT, De Groot MK, Zilla P: Traumatic aortic rupture: twenty-year meta-analysis of mortality and risk of paraplegia. *Ann Thorac Surg* 1994, 58(2):585-593
- [21] Nzewi O, Slight RD, Zamvar V: Management of blunt thoracic aortic injury. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2006, 31(1):18-27
- [22] Pate JW, Fabian TC, Walker W: Traumatic rupture of the aortic isthmus: an emergency? *World J Surg* 1995, 19(1):119-125
- [23] Symbas PN, Sherman AJ, Silver JM, Symbas JD, Lackey JJ: Traumatic rupture of the aorta: immediate or delayed repair? *Ann Surg* 2002, 235(6):796-802.
- [24] Vignon P, Martaille JF, Francois B, Rambaud G, Gastinne H: Transesophageal echocardiography and therapeutic management of patients sustaining blunt aortic injuries. *J Trauma* 2005, 58(6):1150-1158.
- [25] Holmes JH, Bloch RD, Hall RA, Carter YM, Karmy-Jones RC: Natural history of traumatic rupture of the thoracic aorta managed nonoperatively: a longitudinal analysis. *Ann Thorac Surg* 2002, 73(4):1149-1154
- [26] Kepros J, Angood P, Jaffe CC, Rabinovici R: Aortic intimal injuries from blunt trauma: resolution profile in nonoperative management. *J Trauma* 2002, 52(3):475-478
- [27] Mattox KL, Wall MJ, Jr.: Historical review of blunt injury to the thoracic aorta. *Chest Surg Clin N Am* 2000, 10(1):167-182.
- [28] Amabile P, Collart F, Gariboldi V, Rollet G, Bartoli JM, Piquet P: Surgical versus endovascular treatment of traumatic thoracic aortic rupture. *J Vasc Surg* 2004, 40(5):873-879
- [29] Andrassy J, Weidenhagen R, Meimarakis G, Lauterjung L, Jauch KW, Kopp R: Stent versus open surgery for acute and chronic traumatic injury of the thoracic aorta: a single-center experience. *J Trauma* 2006, 60(4):765-771
- [30] Cook J, Salerno C, Krishnadasan B, Nicholls S, Meissner M, Karmy-Jones R: The effect of changing presentation and management on the outcome of blunt rupture of the thoracic aorta. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2006, 131(3):594-600

- [31] Dunham MB, Zygun D, Petrusek P, Kortbeek JB, Karmy-Jones R, Moore RD: Endovascular stent grafts for acute blunt aortic injury. *J Trauma* 2004, 56(6):1173-1178
- [32] Hoorweg LL, Dinkelman MK, Goslings JC, Reekers JA, Verhagen HJ, Verhoeven EL, Schurink GW, Balm R: Endovascular management of traumatic ruptures of the thoracic aorta: a retrospective multicenter analysis of 28 cases in The Netherlands. *J Vasc Surg* 2006, 43(6):1096-1102
- [33] Marcheix B, Dambrin C, Bolduc JP, Arnaud C, Hollington L, Cron C, Mugniot A, Soula P, Ben-naceur M, Chabbert V et al: Endovascular repair of traumatic rupture of the aortic isthmus: midterm results. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2006, 132(5):1037-1041
- [34] Meites G, Conil C, Rousseau H, Chabbert V, Cron C, Dambrin C, Samii K, Virenque C: [Indication of endovascular stent grafts for traumatic rupture of the thoracic aorta]. *Ann Fr Anesth Reanim* 2004, 23(7):700-703
- [35] Onitsuka S, Tanaka A, Akashi H, Akaiwa K, Otsuka H, Yokokura H, Aoyagi S: Initial and midterm results for repair of aortic diseases with handmade stent grafts. *Circ J* 2006, 70(6):726-732
- [36] Richeux L, Dambrin C, Marcheix B, Chabbert V, Meites G, Mazerolles M, Mugniot A, Mas-sabuau P, Rousseau H: [Towards a new management of acute traumatic aortic ruptures]. *J Radiol* 2004, 85(2 Pt 1):101-106
- [37] Czermak BV, Mallouhi A, Perkmann R, Steingruber IE, Waldenberger P, Neuhauser B, Fraedrich G, Jung T, Jaschke WR: Serial CT volume and thrombus length measurements after endovascular repair of Stanford type B aortic dissection. *J Endovasc Ther* 2004, 11(1):1-12
- [38] Trupka A, Waydhas C, Halfeldt KK, Nast-Kolb D, Pfeifer KJ, Schweiberer L: Value of thoracic computed tomography in the first assessment of severely injured patients with blunt chest trauma: results of a prospective study. *J Trauma* 1997, 43(3):405-411
- [39] Tyburski JG, Collinge JD, Wilson RF, Eachempati SR: Pulmonary contusions: quantifying the lesions on chest X-ray films and the factors affecting prognosis. *J Trauma* 1999, 46(5):833-838
- [40] De Wever W, Bogaert J, Verschakelen J: Radiology of lung trauma. *Jbr-Btr* 2000, 83(4):167-173.
- [41] Klein Y, Cohn SM, Proctor KG: Lung contusion: pathophysiology and management. *Curr Opin Anaesthesiol* 2002, 15(1):65-68
- [42] Schild HH, Strunk H, Weber W, Stoerckel S, Doll G, Hein K, Weitz M: Pulmonary contusion: CT vs plain radiograms. *J Comput Assist Tomogr* 1989, 13(3):417-420
- [43] Wagner RB, Jamieson PM: Pulmonary contusion. Evaluation and classification by computed tomography. *Surg Clin North Am* 1989, 69(1):31-40
- [44] Miller PR, Croce MA, Bee TK, Qaisi WG, Smith CP, Collins GL, Fabian TC: ARDS after pulmonary contusion: accurate measurement of contusion volume identifies high-risk patients. *J Trauma* 2001, 51(2):223-228; discussion 229-230
- [45] Mizushima Y, Hiraide A, Shimazu T, Yoshioka T, Sugimoto H: Changes in contused lung volume and oxygenation in patients with pulmonary parenchymal injury after blunt chest trauma. *Am J Emerg Med* 2000, 18(4):385-389
- [46] Hildebrand F, Giannoudis P, Krettek C, Pape HC: Damage control: extremities. *Injury* 2004, 35(7):678-689
- [47] Pape HC, Giannoudis P, Krettek C: The timing of fracture treatment in polytrauma patients: relevance of damage control orthopedic surgery. *Am J Surg* 2002, 183(6):622-629
- [48] Dill-Russell PC, Ng L, Ravalia A: Use of a remifentanyl PCA for a patient with multiple rib fractures. *Can J Anaesth* 2002, 49(7):757
- [49] Visintini P, Leone M, Blasco V, Tourret M, Antonini F, Albanese J, Martin C: Analgésie des traumatisés thoraciques: rémifentanyl versus sufentanil en objectif de concentration. *Réanimation* 2007, 16(Suppl. 1):SP103
- [50] Fulda GJ, Giberson F, Fagraeus L: A prospective randomized trial of nebulized morphine compared with patient-controlled analgesia morphine in the management of acute thoracic pain. *J Trauma* 2005, 59(2):383-388; discussion 389-390
- [51] Bulger EM, Edwards T, Klotz P, Jurkovich GJ: Epidural analgesia improves outcome after multiple rib fractures. *Surgery* 2004, 136(2):426-430
- [52] Moon MR, Luchette FA, Gibson SW, Crews J, Sudarshan G, Hurst JM, Davis K, Jr., Johannigman JA, Frame SB, Fischer JE: Prospective, randomized comparison of epidural versus parenteral opioid analgesia in thoracic trauma. *Ann Surg* 1999, 229(5):684-691

- [53] Wu CL, Jani ND, Perkins FM, Barquist E: Thoracic epidural analgesia versus intravenous patient-controlled analgesia for the treatment of rib fracture pain after motor vehicle crash. *J Trauma* 1999, 47(3):564-567
- [54] Simon BJ, Cushman J, Barraco R, Lane V, Luchette FA, Miglietta M, Roccaforte DJ, Spector R: Pain management guidelines for blunt thoracic trauma. *J Trauma* 2005, 59(5):1256-1267.
- [55] Squadrone V, Coia M, Cerutti E, Schellino MM, Biolino P, Occella P, Belloni G, Viliaris G, Fiore G, Cavallo F et al: Continuous positive airway pressure for treatment of postoperative hypoxemia: a randomized controlled trial. *Jama* 2005, 293(5):589-595
- [56] Auriant I, Jallot A, Herve P, Cerrina J, Le Roy Ladurie F, Fournier JL, Lescot B, Parquin F: Noninvasive ventilation reduces mortality in acute respiratory failure following lung resection. *Am J Respir Crit Care Med* 2001, 164(7):1231-1235