



Traumatisme thoracique : prise en charge des 48 premières heures

Société française d'anesthésie et de réanimation¹, Société française de médecine d'urgence²

Disponible sur internet le :
23 mai 2015

1. 74, rue Raynouard, 75016 Paris, France
2. 103, boulevard Magenta, 75010 Paris, France

Correspondance :

Société française d'anesthésie et de réanimation, 74, rue Raynouard, 75016 Paris, France.
pierre.michelet@ap-hm.fr

Chest trauma: Strategy of care in the first 48 hours

■ Résumé

Le traumatisme du thorax (TT) reste une problématique de santé tant dans le cadre de la traumatologie sévère que de la traumatologie dite « bénigne ». Dans le cadre de la traumatologie sévère, le traumatisme du thorax est fréquent et reste un facteur de mortalité importante avec une implication dans près de 25 % de la mortalité. Les traumatismes du thorax dont la gravité initiale ne relève pas de la traumatologie sévère sont quant à eux associés à une morbidité significative notamment dans des populations à risque. Quel que soit le niveau de gravité du traumatisme thoracique, il semble donc essentiel qu'une stratégie précoce soit adoptée. Il n'existe à ce jour aucune recommandation issue du travail d'analyse d'une société savante. L'objectif de cette recommandation formalisée d'experts a donc été d'établir des recommandations pour la prise en charge préhospitalière et intrahospitalière pour les 48 premières heures. La Société française d'anesthésie et de réanimation (Sfar) et la Société française de médecine d'urgence (SFMU) se sont associées pour étudier 7 problématiques pour la prise en charge des traumatismes thoraciques : la définition des critères de gravité et de l'orientation des TT en fonction de ces critères ; définition d'une stratégie diagnostique en pré- et en intrahospitalier ; la question des indications et des modalités du support ventilatoire ; définition des stratégies analgésiques pour le traumatisme thoracique ; la question des indications et des modalités du drainage pleural ; la définition des indications chirurgicales et de radiologie interventionnelle pour le TT fermé ; la définition des spécificités médicales et chirurgicales d'un TT pénétrant. Pour chacune des questions, des critères de jugement classés « cruciaux » et, pour certains, doublés de critères « importants », ont été choisis a priori afin d'évaluer le niveau de preuve des propositions de recommandation. Après synthèse du travail des experts et application de la méthode GRADE®, 60 recommandations ont été formalisées par le comité d'organisation. Après deux tours de cotations type Delphi, un accord fort a été obtenu pour 50 (90 %) recommandations et un accord faible pour 10 recommandations.

Comité d'organisation

Sfar : Société française d'anesthésie et de réanimation.

SFMU : Société française de médecine d'urgence.

SFCTCV : Société française de chirurgie thoracique et cardiovasculaire.

SFR : Société française de radiologie.

SSA : Service de santé des armées.

Président : Pierre Michelet (Marseille) – Sfar.

Secrétaire : Laurent Ducros (Toulon) – SFMU.

Comité des référentiels : Sébastien Pierre (Toulouse), Marc Léone (Marseille) – Sfar, Didier Honnart (Dijon) – SFMU.

Référents bibliographiques : Mathieu Biais (Bordeaux) – Sfar, Fanny Vardon (Toulouse) – SFMU.

Groupe d'experts

Comment orienter un traumatisme thoracique en fonction de ses critères de gravité ?

Marc Freysz (Dijon) – Sfar, Karim Tazarourte (Lyon) – SFMU.

Définir une stratégie diagnostique incluant le préhospitalier.

Pierre Bouzat (Grenoble) – Sfar, Dominique Savary (Annecy) – SFMU.

Quelles sont les modalités du support ventilatoire ?

Fatima Rayeh-Pelardy (Poitiers) – SFMU, Mathieu Raux (Paris) – Sfar.

Quelles sont les indications et modalités du drainage pleural ?
Thibault Desmettre (Besançon) – SFMU, Christian Laplace (Paris) – Sfar.

Quelles sont les stratégies analgésiques du traumatisme thoracique ?

Raphaëlle Duponq (Marseille) – Sfar, Michel Galinski (Bobigny) – SFMU.

Quelles sont les indications chirurgicales et de radiologie interventionnelle pour le TT fermé ?

Delphine Garrigue (Lille) – Sfar, Valérie Monnin Bares (Montpellier) – SFR, Xavier Benoît D'Journo (Marseille) – SFCTCV.

Quelles sont les spécificités médicales et chirurgicales d'un TT pénétrant ?

Jean Stéphane David (Lyon) – Sfar, Guillaume Boddaert (Clamart) – SSA, Mathieu Boutonnet (Clamart) – SSA.

Préambule

Présentation de la problématique de la recommandation

Connaissance sur le sujet

Le traumatisme du thorax représente une entité particulière au sein de la traumatologie sévère comme pour le reste de la traumatologie. En effet, les conséquences de la dysfonction respiratoire qui accompagne le traumatisme du thorax sont susceptibles d'engager le pronostic vital et/ou d'aggraver des lésions associées. De plus, les risques de surinfection du parenchyme pulmonaire représentent une complication morbide quel

que soit le niveau d'atteinte initiale. La rapidité de l'installation de l'hypoxémie comme des processus inflammatoires justifie une réponse rapide avec l'adoption de stratégies thérapeutiques complètes associant une évaluation de la gravité, une orientation adaptée, une prise en charge symptomatique (oxygénothérapie, analgésie) et étiologique.

Si la littérature portant sur la traumatologie thoracique est importante en nombre, il s'avère qu'elle reste très inhomogène en qualité avec de nombreux travaux souffrant de faiblesses méthodologiques (non prospective, non randomisée, effectifs souvent faibles, pas ou peu de méta-analyse).

La complexité de cette prise en charge et l'absence de recommandation française ont motivé la réalisation de ces recommandations formalisées d'experts.

Rationnel de la RFE

Il n'existe à ce jour aucune recommandation pour la prise en charge spécifique du traumatisme thoracique établie selon une méthodologie clairement définie et soutenue par l'expertise de société savante. Par ailleurs, la prise en charge du traumatisme thoracique implique différentes spécialités (urgentistes, anesthésistes réanimateurs, radiologues, chirurgiens) avec une phase pré- et intrahospitalière. Afin de répondre de la façon la plus complète à l'objectif de définition de stratégies, cette RFE a associé la Sfar à la SFMU. De plus, des experts ont été mandatés par la Société française de chirurgie thoracique et cardiovasculaire (SFCTCV) et la Société française de radiologie (SFR).

Le traumatisme du thorax implique potentiellement plusieurs structures (cage thoracique, poumons, cœur, gros vaisseaux, diaphragme). Il est donc apparu essentiel de définir le périmètre de ces recommandations :

- nous nous sommes intéressés à tout traumatisme thoracique a priori bénin comme sévère d'emblée qu'il soit isolé ou inclus dans le cadre d'un traumatisé sévère comprenant d'autres lésions extra thoraciques ;
- afin de limiter le champ d'investigation, nous avons choisi de nous intéresser aux lésions thoraciques avec exclusion des atteintes cardiaques et diaphragmatiques ;
- les lésions thoraciques étant susceptibles d'évoluer dans le temps et complexifiant ainsi l'analyse, nous avons limité l'analyse aux premières 48 heures de prise en charge.

Préambule méthodologique

Introduction générale sur la méthode GRADE

La méthode de travail utilisée pour l'élaboration des recommandations est la méthode GRADE®. Cette méthode permet, après une analyse quantitative de la littérature, de déterminer séparément la qualité des preuves, et donc de donner une estimation de la confiance que l'on peut avoir de leur analyse quantitative et un niveau de recommandation. La qualité des preuves est répartie en quatre catégories :

- haute : les recherches futures ne changeront très probablement pas la confiance dans l'estimation de l'effet ;

- modérée : les recherches futures changeront probablement la confiance dans l'estimation de l'effet et pourraient modifier l'estimation de l'effet lui-même ;
- basse : les recherches futures auront très probablement un impact sur la confiance dans l'estimation de l'effet et modifieront probablement l'estimation de l'effet lui-même ;
- très basse : l'estimation de l'effet est très incertaine.

L'analyse de la qualité des preuves est réalisée pour chaque critère de jugement puis un niveau global de preuve est défini à partir de la qualité des preuves des critères cruciaux.

La formulation finale des recommandations est toujours binaire : soit positive soit négative et soit forte soit faible :

- forte : il faut faire ou ne pas faire (GRADE 1+ ou 1–) ;
- faible : il est possible de faire ou de ne pas faire (GRADE 2+ ou 2–).

La force de la recommandation est déterminée en fonction de quatre facteurs clés et validée par les experts après un vote, en utilisant la méthode GRADE Grid :

- estimation de l'effet ;
- le niveau global de preuve : plus il est élevé, plus probablement la recommandation sera forte ;
- la balance entre effets désirables et indésirables : plus celle-ci est favorable, plus probablement la recommandation sera forte ;
- les valeurs et les préférences : en cas d'incertitudes ou de grande variabilité, plus probablement la recommandation sera faible ; ces valeurs et préférences doivent être obtenues au mieux directement auprès des personnes concernées (patient, médecin, décideur) ;
- coûts : plus les coûts ou l'utilisation des ressources sont élevés, plus probablement la recommandation sera faible.

Avis d'experts

Si les experts ne disposent pas d'études traitant précisément du sujet, ou si aucune donnée sur les critères principaux n'existe, aucune recommandation ne sera émise. Un avis d'expert pourra être donné tout en le différenciant clairement des recommandations.

Formulation des questions

Le groupe d'experts a défini sept questions qui apparaissent à ce jour importantes dans la prise en charge des traumatismes du thorax que ce soit pour la phase préhospitalière ou la phase hospitalière. En raison de l'étendue des questions définies, il a été nécessaire de définir un certain nombre de sous-questions auxquelles répondent les recommandations finales.

Chaque recommandation est ensuite soumise à une méthode de cotations par tous les experts selon la technique DELPHI : chaque expert cote la recommandation entre 1 « pas du tout d'accord » et 9 « complètement d'accord ». Après élimination d'une valeur extrême inférieure et d'une valeur extrême supérieure sur l'ensemble des évaluations, trois zones sont définies en fonction de la place de la médiane, ce qui permet d'obtenir : un accord fort si l'intervalle se situe à l'intérieur d'une zone bornée [1 à 3] ou

[4 à 6] ou [7 à 9], ou un accord faible si l'intervalle empiète sur l'une de ces bornes. L'objectif final est d'obtenir un accord fort entre tous les experts avec une cotation entre 7 et 9.

Analyse de la littérature

La littérature concernant le traumatisme du thorax est importante en nombre, mais très inhomogène en qualité. Certaines des problématiques abordées dans les questions bénéficiaient de méta-analyses récentes permettant l'application de critères méthodologiques robustes. Nous n'avons pas retenu seulement les essais randomisés contrôlés afin de ne pas exclure des données cliniques pertinentes bien que méthodologiquement critiquable. Les publications étudiées étaient pour une majorité parues durant la dernière décennie, mais aucune date limite n'avait été imposée afin de bénéficier d'un champ d'exploration maximum pour ces premières RFE sur ce sujet. La littérature analysée se rapportait le plus souvent au traumatisme thoracique seul, mais certaines des questions (stratégie analgésique par exemple) nous ont amenés à considérer une littérature ne s'intéressant pas directement au traumatisme du thorax, mais dont les conclusions sont susceptibles de s'étendre à celui-ci.

La question 7 s'est intéressée aux spécificités du traumatisme thoracique pénétrant. Dans ce cadre les experts considèrent que ceux-ci ne présentent pas de particularité par rapport aux patients qui présentent un traumatisme fermé. Ces patients doivent donc être pris en charge de la même manière en préhospitalier en gardant toutefois à l'esprit qu'ils nécessitent probablement plus souvent que lors d'un traumatisme fermé une exploration chirurgicale.

Définition des critères de jugement

Le groupe d'expert a choisi les critères de jugement les plus pertinents pour chacune des sous-questions posées. Compte tenu de l'étendue du champ de recherche il n'a pas été possible de retenir un ou deux critères de jugement identiques pour l'ensemble des RFE. La mortalité a néanmoins été le critère retenu le plus souvent possible.

Recommandations

Question 1. Quels sont les critères de gravité et comment orienter un traumatisé thoracique en fonction de ces critères ?

1.A. Existe-t-il des éléments prédisant la gravité du traumatisme thoracique ?

Proposition 1A

Les experts recommandent de considérer comme éléments de gravité potentielle les antécédents du patient : un âge de plus de 65 ans, une pathologie pulmonaire ou cardiovasculaire chronique, un trouble de la coagulation congénital ou acquis (traitement anticoagulant ou antiagrégant), les circonstances de survenue

telles qu'un traumatisme de forte cinétique et/ou un traumatisme pénétrant (G1+).

Argumentaire

L'existence d'antécédents pulmonaires sévères (BPCO, IRCO) ou cardiovasculaires (coronaropathie, insuffisance cardiaque), ou d'un âge > 65 ans, majorent le risque de décès par 2 ou 3 lors de la survenue d'un traumatisme thoracique (RR = 1,98 IC₉₅ [1,86-2,11]) [1]. La constatation d'un traumatisme pénétrant augmente la mortalité par 2,6 (IC₉₅ [2,42-2,85]) [2].

1.B. Quels sont les éléments de gravité dans le bilan d'un traumatisme thoracique ?

Proposition 1B

Les experts recommandent de considérer comme critères de gravité lors d'un traumatisme thoracique, l'existence de plus de 2 fractures de côtes, surtout chez un patient âgé de plus de 65 ans, la constatation d'une détresse respiratoire clinique avec une FR > 25/min et/ou une hypoxémie (SpO₂ < 90 % sous AA ou < 95 % malgré une oxygénothérapie), d'une détresse circulatoire (chute de PAS > 30 % ou PAS < 110 mmHg) (G1+).

Les experts proposent l'utilisation du score de MGAP afin de trier les patients ne présentant pas de critère de gravité initiale (G2+).

Argumentaire

L'existence d'une détresse vitale, circulatoire ou ventilatoire est un critère évident de gravité. Toutefois, à la phase initiale, l'examen clinique peut être faussement rassurant. Une SpO₂ inférieure à 95 % sous O₂ à haute concentration est un critère dynamique de gravité. Une pression artérielle systolique < 110 mmHg [3] ou inférieure de 30 % aux valeurs habituelles d'un patient hypertendu, est le reflet d'une défaillance circulatoire possible et prédit le risque d'une intervention thérapeutique urgente à l'admission hospitalière [4]. La prise en compte de l'âge, de la valeur du Glasgow Coma Scale, de la pression artérielle et du caractère pénétrant ou non, au sein du score MGAP, permet de trier les patients à faible risque de mortalité [5].

1.C. Quelles doivent être l'orientation et les conditions de prise en charge d'un patient présentant des facteurs de gravité ?

Proposition 1C

Les experts recommandent un transport médicalisé pour tout patient présentant des critères potentiels de gravité ou des signes de détresse vitale. L'orientation se fera vers un centre de

référence dès l'existence de signes de détresse respiratoire et/ou circulatoire (G1+).

Les experts proposent que tout patient présentant un terrain à risque bénéficie d'un avis spécialisé, si nécessaire par téléphone ou télétransmission. Ces patients doivent pouvoir être surveillés pendant 24 heures. Les experts proposent de mettre en place des conventions entre établissements pour organiser les conditions de réalisation des avis spécialisés (Avis d'experts).

Argumentaire

L'admission des patients avec des signes de détresse vitale en centre spécialisé réduit de façon significative la mortalité (RR = 0,88 IC₉₅ [0,6-0,88]) [6,7]. L'admission directe en centre spécialisé doit être préférée car une admission préalable dans un centre non spécialisée (hôpital de proximité) s'accompagne d'une augmentation significative de la mortalité (RR = 2,70 IC₉₅ [1,31-5,6]) [8].

Question 2. Quelle est la stratégie diagnostique à la prise en charge d'un traumatisme thoracique ?

2.A. Quelle stratégie diagnostique chez le patient en instabilité hémodynamique et/ou respiratoire ?

Proposition 2A

En complément de l'examen clinique, les experts suggèrent que l'échographie pleuropulmonaire soit associée à la FAST échographie en préhospitalier à la recherche d'un épanchement gazeux ou liquidien associée à une évaluation péricardique. Cet examen doit être réalisé par un praticien expérimenté et ne doit pas retarder la prise en charge (G2+).

Au déchocage, les experts recommandent l'échographie pleuropulmonaire associée à la FAST écho- et la radiographie du thorax en première intention (G1+).

Argumentaire

En traumatologie, l'échographie pleurale a montré sa supériorité à la radiographie thoracique pour le diagnostic des épanchements intrathoraciques liquidiens ou gazeux au déchocage [9]. La sensibilité et la spécificité de l'échographie pleurale pour le diagnostic de pneumothorax sont notamment supérieures à la radiographie thoracique avec une sensibilité de 78,6 % (IC₉₅ [68,1-98,1]) et une spécificité de 98,4 % (IC₉₅ [97,3-99,5]) [10]. La radiographie thoracique au lit du patient reste obligatoire en tant qu'examen radiologique initial des patients traumatisés graves instables [11]. Concernant le préhospitalier, l'utilisation des ultrasons en traumatologie thoracique reste peu décrite dans la littérature, essentiellement par des études de faible niveau de preuve reportant l'utilisation de la FAST échographie

dans des situations cliniques diverses. Cependant, l'utilisation des ultrasons en préhospitalier est réalisable et très fiable pour la détection des hémopéricardes post-traumatiques [12].

2.B. Quelle stratégie diagnostique chez le patient stable ou stabilisé ?

Propositions 2B

Chez les patients avec critères de gravité, les experts recommandent la réalisation systématique d'une tomodensitométrie thoracique avec injection en tant qu'élément de la tomodensitométrie corps entier (G1+).

Les experts suggèrent de faire une échographie pleuropulmonaire et de ne pas réaliser de radiographies du thorax si l'examen clinique de la victime ne met en évidence qu'une lésion pariétale bénigne isolée sans critère de gravité (G2+).

En cas de lésion thoracique, autre que pariétale suspectée par l'examen clinique ou révélée par l'échographie pleuropulmonaire ou une radiographie du thorax, les experts recommandent la réalisation d'une tomodensitométrie thoracique injectée (G1+).

Argumentaire

La TDM thoracique avec injection de produit contraste est l'examen de référence pour le diagnostic exhaustif des lésions thoraciques post-traumatiques [13]. Dans le cadre d'un traumatisme grave, la tomodensitométrie thoracique s'intègre dans la réalisation d'une tomodensitométrie corps entier, cet examen ayant montré une réduction relative de la mortalité intrahospitalière observée de 25 % (IC₉₅ [14-37]) par rapport à la mortalité prédite par le score TRISS (Trauma and Injury Severity Score) et de 13 % (IC₉₅ [4-23]) par le score RISC (Revised Injury Severity Classification) [14]. Chez les patients stables sans critères de gravité, l'échographie pleuropulmonaire permet le diagnostic des fractures sternales ou costales suspectées ignorées par la radiographie de thorax. Elle peut faire le diagnostic d'un hémithorax ou d'un pneumothorax non visible sur le cliché thoracique de face [15,16]. La radiographie de thorax est inutile chez les patients conscients, sans douleur thoracique, victimes d'un traumatisme du thorax fermé avec un examen clinique normal [17,18].

Question 3. Quelles sont les indications et modalités du support ventilatoire du patient traumatisé thoracique ?

3.A. Quelle est la place de la ventilation non invasive chez le patient traumatisé thoracique ?

Propositions 3.A.1

En milieu intrahospitalier, face à une hypoxémie, les experts recommandent de délivrer une ventilation non invasive de type

ventilation spontanée avec aide inspiratoire et pression expiratoire positive (VSAI-PEP) après réalisation d'une tomodensitométrie et du drainage d'un pneumothorax lorsqu'il est indiqué, en l'absence de contre-indication à la VNI et dans un environnement disposant d'une surveillance continue (G1+).

Argumentaire

L'évaluation du bénéfice de la ventilation non invasive sur la morbidité et la mortalité des patients traumatisés thoraciques hypoxémiques a fait l'objet de cinq études [19-23] et d'une méta-analyse [24]. Chez les patients hypoxémiques (définis par un rapport PaO₂/FiO₂ < 200 mmHg), la ventilation non invasive permet de réduire le recours à l'intubation (RR = 0,32 IC₉₅ [0,12 ; 0,86]). Elle est associée à une diminution de l'incidence de pneumopathies (RR = 0,34 IC₉₅ [0,2 ; 0,58]), et contribue par ce biais à réduire la durée de séjour hospitalier en moyenne de 4 jours. La ventilation non invasive est associée à une diminution de la mortalité (OR = 0,26 IC₉₅ [0,09 ; 0,71]).

Propositions 3.A.2

La ventilation mécanique après intubation en induction séquence rapide est recommandée en l'absence d'amélioration clinique ou gazométrique à une heure (G1+).

Argumentaire

Dans une étude épidémiologique prospective multicentrique conduite chez des patients en détresse respiratoire aiguë hypoxémique, incluant 25 % de patients traumatisés du thorax, Antonelli et al. [25] ont montré qu'un rapport PaO₂/FiO₂ inférieur à 146 mmHg après une heure de ventilation non invasive était associé de manière indépendante à la nécessité de recourir à l'intubation (OR = 2,51 IC₉₅ [1,45 ; 4,35]).

Le patient traumatisé du thorax est un patient réputé à estomac plein en raison du contexte d'urgence et d'administration de morphine à visée antalgique. Cette qualification justifie une induction en séquence rapide lorsque l'intubation est décidée [26].

3.B. Quelles sont les modalités de la ventilation mécanique chez le patient traumatisé du thorax intubé ?

Proposition 3.B.1

Les experts recommandent que le volume courant soit réglé entre 6 et 8 mL/kg de poids idéal en raison du caractère non homogène du poumon traumatisé. La pression plateau doit être maintenue < 30 cmH₂O (G1+).

Argumentaire

Plusieurs études interventionnelles ont démontré le bénéfice sur la mortalité (réduction de 20 à 40 % selon les études) d'une ventilation dont le volume courant était compris entre 6 et 8 mL/kg de poids idéal [27-33] pour des patients présentant un syndrome de détresse respiratoire aiguë.

Ces études ne comportaient qu'une faible proportion de patients traumatisés. Toutefois, les poumons des patients traumatisés thoraciques ne sont pas assimilables à des poumons sains. Ils ont subi un traumatisme représentant une première agression. Les experts considèrent que la ventilation mécanique représente une seconde agression. À ce titre, ils considèrent que les conclusions de ces études sont applicables aux patients traumatisés thoraciques requérant une intubation, par conséquent que le volume courant de ces derniers doit être compris entre 6 et 8 mL/kg de poids idéal.

Proposition 3.B.2

Chez le patient hypoxémique, les experts proposent d'adapter la PEP afin de maintenir une $FiO_2 < 60\%$ et une $SpO_2 > 92\%$ si la tolérance hémodynamique et ventilatoire le permet. La PEP doit être au moins égale à 5 cmH₂O (G2+).

Argumentaire

Plusieurs études interventionnelles ont démontré le bénéfice sur la mortalité d'une ventilation protectrice comportant une pression expiratoire (≥ 5 cmH₂O) [28-33] chez des patients présentant un syndrome de détresse respiratoire aiguë.

Dans une méta-analyse colligeant les données des études ALVEOLI [34], LOVS [30] et EXPRESS [35], Briel et al. [36] ont montré, chez des patients hypoxémiques (rapport $PaO_2/FiO_2 < 200$ mmHg), que l'augmentation du niveau de PEP était associée à une diminution de la mortalité hospitalière (OR = 0,90 IC₉₅ [0,81 ; 1,00]), de la mortalité en réanimation (OR = 0,85 IC₉₅ [0,76 ; 0,95]), et permettait d'augmenter de 7 à 12 le nombre de jours sans ventilation mécanique au cours des quatre premières semaines. Les hauts niveaux de PEP (> 10 cmH₂O) étaient sans effet sur l'incidence des pneumothorax pas plus que sur le recours aux vasopresseurs. Notons toutefois que ces trois études ne comportaient que 6 % de patients traumatisés. Les experts considèrent que les conclusions de ces études sont applicables aux patients traumatisés thoraciques. Néanmoins la balance bénéfice/risque reste encore à préciser et le niveau de preuve global est plus faible que pour les études sur la réduction du volume courant, expliquant un niveau de recommandation inférieur. L'évaluation de la tolérance s'appliquera à rechercher une instabilité hémodynamique, des asynchronies, des fuites et un inconfort ventilatoire du patient.

Question 4. Quelles sont les stratégies analgésiques pour les traumatismes thoraciques ?**4.A.1. Quelles sont les modalités et les objectifs de l'analgésie en préhospitalier ?****Proposition 4.A.1**

Lors d'un traumatisme thoracique, le contrôle de la douleur est une urgence. Les experts recommandent une évaluation systématique de l'intensité de la douleur en utilisant une échelle numérique (EN) de première intention, sinon une échelle verbale simple (EVS). La mesure de l'intensité doit se faire au repos, mais aussi lors de la toux et de l'inspiration profonde (G2+).

Argumentaire

Il n'existe pas d'étude préhospitalière démontrant spécifiquement l'intérêt d'un contrôle urgent de la douleur dans ce contexte. Cependant, plusieurs études ont démontré l'importance d'une analgésie de qualité sur certains paramètres ventilatoires ainsi que sur le risque de complications pulmonaires [37-40]. La balance bénéfice/risque est donc nettement en faveur de cette recommandation. Par ailleurs, les recommandations formalisées d'experts sur la sédation et l'analgésie en situation d'urgence de 2010 ont estimé que la prise en charge de la douleur devait être la plus précoce possible [41]. L'échelle numérique (EN) a été validée en médecine d'urgence [42]. Elle est fortement corrélée à l'échelle visuelle analogique et est utilisable dans 96 % des cas, dans ce contexte [43].

Proposition 4.A.2

En présence d'une douleur intense une titration par morphine est recommandée avec pour objectif le soulagement défini par une $EN \leq 3$ ou $EVS < 2$ (G1+).

Argumentaire

Il est clairement démontré que la morphine est efficace sur les douleurs aiguës. Il y a une corrélation modérée mais positive entre la dose de morphine nécessaire pour obtenir un soulagement et l'intensité douloureuse initiale en postopératoire immédiat [44]. Il existe surtout une très grande variabilité de dose de morphine nécessaire pour être soulagé entre les patients, ce qui impose de fait la titration [44]. Aux urgences, l'efficacité sur la douleur d'une titration de morphine bien conduite a été démontrée par Lvovschi [45] sur 82 % des 621 patients traités pour douleur sévère. Les protocoles de titration sont fixés par les Recommandations formalisées

d'experts sur l'analgésie et sédation en médecine d'urgence de 2010 [41].

Proposition 4.A.3

Pour la mobilisation du patient, après une titration morphinique bien conduite mais insuffisante, les experts recommandent l'utilisation de la kétamine (Avis d'experts).
Si un geste invasif s'avère nécessaire, il doit se faire avec une analgésie sédation efficace (Avis d'experts).

Argumentaire

Lors de la mobilisation d'un patient traumatisé une sédation est souvent nécessaire. En médecine d'urgence, 3 molécules ont été évaluées, le midazolam, le propofol et la kétamine. L'intérêt de la kétamine dans la sédation analgésie procédurale a été bien démontrée permettant une sédation adaptée avec un taux élevé de satisfaction des patients [46,47]. Par rapport au propofol, la kétamine est associée à un taux d'apnée ou d'hypoxémie inférieur ou égal à celui du propofol, en fonction des études [48]. Le midazolam est associé à des apnées ou des hypoxémies et à un retard de réveil. Il s'agit d'une sédation en ventilation spontanée sans protection des voies aériennes et la balance bénéfique/risque doit être bien mesurée pour chaque patient [41].

4.B. Quelles sont les objectifs et les modalités de l'analgésie en intrahospitalier ?

Proposition 4.B.1.

Les experts suggèrent d'évaluer la douleur spontanée de repos et d'effort (toux efficace et inspiration profonde) grâce aux échelles numérique (EN) ou verbale simple (EVS). Les experts suggèrent que l'objectif cible soit une EN inférieure ou égale à 3 ou une EVS inférieure ou égale à 2 (G2+).

Argumentaire

L'auto-évaluation de la douleur est nécessaire car elle permet d'adapter correctement le traitement et est moins subjective que celle faite par le personnel soignant [49]. L'échelle numérique (EN) est simple et facile d'utilisation, comparable à l'EVS [50]. Cette évaluation doit être effectuée au repos et lors des mouvements stimulant la cage thoracique (notamment la toux et la kinésithérapie respiratoire).

Proposition 4.B.2.

L'anesthésie locorégionale (ALR) doit pouvoir être proposée chez le patient à risque ainsi que chez le patient présentant une douleur non contrôlée dans les 12 heures (G1+).

Il faut probablement préférer le bloc para vertébral à l'analgésie péridurale lors de lésions costales unilatérales et si possible sous contrôle échographique pour la mise en place d'un cathéter (G2+). Lors de lésions complexes (multi-étagées) ou bilatérales, les experts recommandent que l'analgésie péridurale soit proposée, le geste devant être alors réalisé par un anesthésiste réanimateur (G1+).

Argumentaire

Les patients présentant des lésions costales sont susceptibles de développer des complications, notamment respiratoires par défaut de toux en rapport avec des douleurs. Celles-ci sont reliées avec le nombre de fractures de côtes. De même, les sujets âgés sont plus à risque de développer des complications respiratoires [51]. L'intérêt d'une analgésie par technique loco-régionale est rapporté depuis longtemps. En 2004, Bulger montrait dans une étude prospective randomisée bien contrôlée la supériorité de l'APD sur la PCA sur le risque développement de pneumonies (RR = 6 IC₉₅ [1-35]) [37]. De même, Moon et al. [38] ont mis en évidence une augmentation du volume courant de 45 % entre j1 et j3 après un traumatisme thoracique dans le groupe traité avec une péridurale thoracique alors qu'il diminuait de 56 % dans le groupe traité avec morphine systémique. L'intérêt pour cette technique en traumatologie thoracique est justifié par les données de chirurgie thoracique où la technique a montré depuis longtemps une supériorité sur l'analgésie systémique en termes d'efficacité (recours à d'autres analgésiques), de complications (moins de sédation, nausées et vomissements) et surtout de complications respiratoires [37,52,53]. Concernant la comparaison des techniques analgésiques entre elles, une méta-analyse récente rapporte la supériorité du bloc para vertébral notamment en termes de réduction des complications hypotensives (RR = 0,11 IC₉₅ [0,05-0,25]) et de fréquence des échecs de pose (RR = 0,51 IC₉₅ [0,30-0,86]) en comparaison avec l'analgésie péridurale [54]. Cependant, du fait même de la technique, le bloc paravertébral ne peut être proposé que des fractures de côtes unilatérales et peu étendues [55].

Proposition 4.B.3.

Les experts recommandent que l'analgésie soit multimodale (dans le respect des contre-indications) en privilégiant la morphine avec une administration par mode PCA (analgésie contrôlée par le patient). Cette technique peut compléter efficacement un bloc paravertébral (G1+).

Les experts suggèrent de ne pas utiliser le mode PCA pour la morphine en systémique en présence d'une analgésie péridurale (G2-).

Argumentaire

L'analgésie systémique a toute sa place dans le traitement de la douleur après traumatisme thoracique en tenant compte des lésions extrathoraciques présentées par le patient. Même si les analgésiques de palier 1 et 2 de l'OMS peuvent être administrés isolément ou en association dans le cadre de l'analgésie multimodale, la morphine est l'opiacé de référence des douleurs aiguës sévères. Après titration efficace, une analgésie autocontrôlée par le patient peut être envisagée. Cette technique fréquemment utilisée en postopératoire de chirurgie thoracique [56,57], peut être envisagée dans le cadre de la prise en charge de la douleur du traumatisme thoracique. Cela nécessite une surveillance régulière pour détecter les éventuels effets secondaires [58]. Mais elle complète correctement les effets de l'anesthésie locorégionale telle que le bloc para vertébral. Cependant, il n'est pas recommandé de l'associer à la péridurale, puisque des opioïdes sont fréquemment utilisés dans cette technique.

Question 5. Quelles sont les indications et les modalités du drainage pleural dans les traumatismes thoraciques ?

5.A. Quelles sont les indications de décompression en urgence pré- et intrahospitalière ?

Proposition 5.A.

Les experts recommandent une décompression en urgence en cas de détresse respiratoire aiguë ou hémodynamique avec forte suspicion de tamponnade gazeuse (G1+).

Les experts suggèrent une thoracostomie par voie axillaire en cas d'arrêt cardiaque et/ou en cas d'échec de l'exsufflation (G2+).

Argumentaire

En cas d'arrêt cardiaque traumatique il faut procéder, lors de la phase initiale de prise en charge, à la réalisation immédiate d'une décompression pleurale dans l'hypothèse d'un épanchement compressif. Un geste de décompression pleural immédiat est également indiqué en cas de menace vitale, c'est-à-dire en cas d'instabilité hémodynamique et/ou respiratoire associée à un pneumothorax, un hémithorax ou un hémopneumothorax compressifs [59-61]. En dehors de ces situations et en l'absence de certitude diagnostique, une surveillance et un monitoring du patient sont nécessaires, jusqu'à réalisation des explorations d'imagerie qui permettront d'affirmer l'épanchement et de le caractériser (siège, importance, caractère isolé ou non) [62,63].

5.B. Quand faut-il réaliser un drainage thoracique ?

Proposition 5.B

Les experts recommandent de drainer sans délai tout pneumothorax complet, tout épanchement liquidien ou aérien

responsable d'un retentissement respiratoire et/ou hémodynamique (G1+).

Les experts suggèrent de drainer un hémithorax évalué à plus de 500 mL (critère échographique et/ou radio TDM) (G2+).

En cas de pneumothorax minime, unilatéral et sans retentissement clinique le drainage n'est pas systématique.

Dans ces situations les experts recommandent une surveillance simple avec réalisation d'une nouvelle radiographie thoracique de contrôle à 12 h. En cas de nécessité d'une ventilation mécanique invasive, les experts suggèrent que le drainage thoracique ne soit pas systématique. En cas de bilatéralité du pneumothorax, s'ils sont minimes, les experts suggèrent que le drainage thoracique ne soit pas systématique mais discuté au cas par cas selon le caractère de l'épanchement gazeux (Avis d'experts).

Argumentaire

En préhospitalier, les indications de décompression thoracique (exsufflation, drainage voire thoracostomie) sont limitées aux épanchements (pneumothorax et/ou hémithorax) compressifs mettant en jeu le pronostic vital immédiat. En intrahospitalier, l'indication du drainage est fonction du retentissement ventilatoire et/ou circulatoire, du caractère gazeux, liquidien ou mixte de l'épanchement, de son uni ou bilatéralité [62,64-66]. En cas d'intubation et de ventilation mécanique en prévision d'une intervention chirurgicale, l'indication du drainage d'un pneumothorax doit être discutée au cas par cas, car il n'existe pas de données définitives quant à l'augmentation de la taille et du caractère symptomatique [67-69].

Le diagnostic d'épanchement pleural est habituellement posé sur la radiographie thoracique standard. Des faux négatifs sont possibles en cas d'épanchements modéré ou antérieur, ils sont appelés pneumothorax occultes. Plusieurs classifications existent afin de quantifier l'importance de l'épanchement. Un décollement inférieur ou égal à 2 cm à l'apex est habituellement défini comme un pneumothorax minime. L'échographie pleurale peut permettre le diagnostic, mais la technique de référence reste le scanner thoracique, qui permet de quantifier et de préciser la topographie, l'abondance de l'épanchement ainsi que le diagnostic du mécanisme et des lésions associées.

En cas de pneumothorax minime ou occulte sans retentissement, la surveillance et une abstention thérapeutique semblent préférables en l'absence de preuves formelles dans la littérature sur le bénéfice du drainage thoracique ou de l'exsufflation dans ces situations [67-69].

5.C. Quelles sont les modalités du drainage pleural ?

5.C.1. Voie d'abord

Proposition 5.C.1

Les experts suggèrent que le drainage ou la décompression soit réalisé par voie axillaire au 4^e ou 5^e EIC sur la ligne axillaire moyenne plutôt que par voie antérieure. Les experts suggèrent la mise en place de drains non traumatisants à bout mousse, en évitant l'usage d'un trocart court et/ou à bout tranchant (G2+).

Argumentaire

Une étude prospective sur un collectif de 75 patients a retrouvé un taux de malposition des drains de 30 %. L'emploi d'un trocart court est retrouvé comme étant un facteur favorisant ces malpositions en comparaison de la thoracostomie au doigt sans qu'un autre type de drain n'ait été comparé [70]. La voie d'abord axillaire était utilisée dans plus de 90 % des cas et son utilisation n'était pas associée à plus de malpositions, sachant que la majorité des patients présentaient des épanchements liquidiens [70]. Dans un travail s'intéressant au drainage des pneumothorax, la voie axillaire a pu être associée à plus de malpositions des drains par rapport à l'abord antérieur (25 % vs 9,5 %). Cependant, l'efficacité du drainage en urgence n'était affectée que dans moins de 5,9 % des cas [71]. Par ailleurs, ici encore, la voie axillaire était la voie choisie dans plus de 80 % des cas. En dehors des cas de pneumothorax apicaux non évacués par un drainage latéral correct, la balance bénéfice/risque ainsi que les pratiques usuelles et maîtrisées ne conduisent pas les experts à recommander un drainage par voie antérieure. L'intégralité des recommandations d'experts parues à ce jour s'accorde sur un abord préférentiel dans le triangle de sécurité axillaire même s'il n'existe pas d'étude randomisée sur le sujet. Une enquête récente sur les pratiques de 58 hôpitaux universitaires français retrouve un taux d'abord antérieur thoracique pour le drainage de seulement 16 % [72].

5.C.2. Type de drains

Proposition 5.C.2.

Les experts proposent l'emploi de drains de faible calibre (18 à 24 F) pour le drainage des pneumothorax isolés. Dans les situations mettant en évidence un hémithorax, les experts proposent d'utiliser des drains de gros calibre (28 à 36 F). L'emploi de drains de petit calibre de type « queue de cochon » est considéré par les experts comme une alternative possible dans le drainage des pneumothorax isolés, sans épanchement hémithorax associé (G2+).

Argumentaire

Pour le drainage d'un pneumothorax exclusif, un drain de type cathéter veineux central posé selon la technique de Seldinger semble suffisant. En effet, une étude comparant l'efficacité de ces cathéters (5 F) avec des drains de taille supérieure (14 ou 20 F) pour le drainage de pneumothorax spontanés ou iatrogènes retrouve une même efficacité. Le taux d'échec de drainage est respectivement de 18 % vs 21 % ($p < 0,6$). Par ailleurs, la durée de drainage est diminuée et la durée d'hospitalisation moindre avec les cathéters [73]. Lors de la présence d'un hémithorax traumatique, l'emploi de drains de petit calibre expose au risque d'obstruction avec des caillots et donc au drainage incomplet de la plèvre. L'emploi de drains de gros calibre est nécessaire pour éviter un hémithorax résiduel qui est corrélé à une plus forte incidence des complications précoces à type d'empyème pleural ou tardive sous forme d'atélectasies et de fibrose [74].

Les drains de type queue de cochon (10 à 14 F) ont un taux de succès identique aux drains standards de plus grande taille (20 à 28 F) pour le drainage de pneumothorax spontanés [75] (3). Dans les hémithorax traumatiques, une étude récente rapporte un taux de succès de drainage identique avec les drains de type « queue de cochon », en comparaison avec les drains classiques de gros calibre. Cependant, cette étude n'est pas randomisée, le groupe des patients drainés avec de petits drains a plus de traumatismes fermés que le groupe drainé par de gros drains. Et le drainage réalisé avec de petits drains est réalisé plus tardivement (médiane = 1 jour après le traumatisme, de 0 à 3 jours) vs avec des gros drains (drainage initial dans tous les cas [médiane = 0 jour, de 0 à 0]). Cette étude ne permet pas de considérer ces petits drains pour le drainage d'un hémithorax à la phase aiguë [76].

5.C.3. Antibiotrophylaxie

Proposition 5.C.3

Les experts ne proposent pas de recourir à une antibiotrophylaxie avant drainage thoracique dans le cas des traumatismes thoraciques fermés (G2-).

Argumentaire

Une méta-analyse récente portant sur 11 études retrouve un effet bénéfique de l'antibiotrophylaxie sur le risque de survenue d'une complication infectieuse et particulièrement d'un empyème après un drainage thoracique pour des lésions traumatiques thoraciques. Les études incluses portent majoritairement sur des traumatismes pénétrants (70 %). L'analyse en fonction du type de traumatisme retrouve un risque diminué d'infection après drainage thoracique dans les traumatismes pénétrants (OR 0,28 ; 0,14 à 0,57) alors qu'aucune différence

n'est mise en évidence dans les traumatismes fermés [77]. Une autre méta-analyse plus ancienne portant sur 5 études retrouvait aussi un effet de l'antibiothérapie sur la fréquence des empyèmes et des pneumopathies dans les traumatismes thoraciques isolés nécessitant la pose d'un drain thoracique. Cependant, les études incluses portent elles aussi sur un collectif de traumatismes fermés et pénétrants. Par ailleurs, les durées de traitement par antibiotiques dépassent la simple injection d'antibioprophylaxie simple, allant de 24 h à plus de 24 h [78]. Il est à noter que la prescription d'antibiotiques dans les cas de traumatismes pénétrants est instituée de manière indépendante de la pose d'un drain thoracique, pour la couverture antibiotique de l'exploration chirurgicale ou le traitement d'une contamination par la plaie souillée, pour des durées plus longues qu'une antibioprophylaxie simple. Ceci implique un biais majeur dans les résultats des études lorsque l'on mélange les deux mécanismes lésionnels (fermé et pénétrant).

Question 6. Quelles sont les indications chirurgicales et de radiologie interventionnelle pour le traumatisme thoracique fermé ?

6.A. Quelle est la place de la radiologie interventionnelle pour les lésions des gros vaisseaux ?

6.A.1 Lésions traumatiques de l'isthme aortique

Proposition 6.A.1

Les experts recommandent un traitement endovasculaire des lésions traumatiques de l'isthme aortique en première intention (G1+).

En l'absence de rupture complète, les experts proposent que la prise en charge d'une autre urgence vitale prime sur la mise en place de l'endoprothèse. Les experts proposent que les lésions aortiques minimales (rupture intimo-médiale) bénéficient d'un avis spécialisé (Avis d'experts).

Argumentaire

En présence d'une rupture traumatique de l'isthme aortique, un traitement endovasculaire par endoprothèse couverte doit être réalisé en première intention [79]. Bien qu'il n'existe aucune série randomisée dans ce contexte, les études montrent une supériorité de ce traitement par rapport à la chirurgie ouverte ou une surveillance médicale simple en termes de mortalité (9 % versus 19 % et 46 %) mais également un risque moindre de complication ischémique médullaire, d'insuffisance rénale et de complication infectieuse systémique ou prothétique [80]. Ce traitement doit être réalisé dans les 24 h, en l'absence de lésions extra-aortiques engageant le pronostic vital qui devront être traitées prioritairement. Les ruptures de grade IV (rupture complète) restent une urgence chirurgicale absolue.

Les lésions aortiques minimales type rupture intimo-médiale (grade I) pourront bénéficier d'une surveillance tomodensitométrique car ces lésions cicatrisent spontanément la plupart du temps. En cas d'évolution défavorable clinique et/ou radiologique, un traitement endovasculaire pourra être décidé dans un second temps.

6.A.2 Lésions traumatiques axillaires ou sous-clavières

Proposition 6.A.2

Les experts proposent le traitement endovasculaire des lésions traumatiques axillaires ou sous-clavières comme une alternative possible à la chirurgie (G2+).

Argumentaire

Le traitement par endoprothèse couverte des ruptures traumatiques des artères axillaires ou sous-clavières est mal documenté dans la littérature, se résumant à des études de cas de faible effectif. Une revue exhaustive de la littérature, publiée par une équipe américaine en 2012, synthétise ces données et ouvre des perspectives intéressantes pour ce type de prise en charge avec un taux de succès global évalué à 96,9 % [81]. Bien que la comparaison directe avec une chirurgie ouverte reste extrêmement limitée par le faible effectif des séries et l'absence d'étude randomisée, le temps de procédure semblerait significativement plus court et les pertes sanguines moins importantes pour les procédures endovasculaires. Aucun cas de décès n'a été rapporté après traitement endovasculaire, avec seulement un cas de déficit neurologique. La prise en charge endovasculaire de ces lésions représente donc une alternative thérapeutique intéressante bien qu'aucune recommandation formelle ne puisse être proposée à ce sujet à l'heure actuelle.

6.B. Quelle est la place de la chirurgie de sauvetage en urgence ?

6.B.1. Thoracotomie de ressuscitation

Proposition 6.B.1

Les experts ne recommandent pas la réalisation d'une thoracotomie de ressuscitation en préhospitalier pour le traumatisme thoracique fermé (G1-).

En intrahospitalier, les experts suggèrent de ne pas réaliser de thoracotomie de ressuscitation en cas d'arrêt cardiaque après traumatisme thoracique fermé, si la durée de réanimation cardiopulmonaire dépasse 10 min sans récupération d'une activité circulatoire, et/ou lors d'une asystolie initiale en l'absence de tamponnade (G2-).

Argumentaire

Le taux de survie de la thoracotomie de ressuscitation ou *Emergency Department Thoracotomy* (EDT) est de 8,8 % en cas de traumatisme thoracique pénétrant contre seulement 1,4 % pour les traumatismes thoraciques fermés sur une série de plus de 4600 patients [82]. L'EDT dans le traumatisme fermé du thorax a été spécifiquement évalué par Morikawi [83]. La survie globale dans cette indication était de 3 % dont la grande majorité de survivants était dans un état neurovégétatif. L'analyse globale de la littérature existante indique que l'EDT apparaît comme « futile » lorsque la réanimation cardiopulmonaire préhospitalière excède 10 minutes sans réponse après un traumatisme fermé du thorax et/ou lors d'une asystolie initiale en l'absence de tamponnade [84-86].

6.B.2. Thoracotomie d'hémostase**Proposition 6.B.2**

Les experts proposent qu'une thoracotomie d'hémostase soit réalisée (Avis d'Experts) :

- en cas d'instabilité hémodynamique et de saignement intrathoracique actif dans le drain thoracique, en l'absence d'autre cause de saignement ;
- en cas de stabilité hémodynamique si le débit du drain thoracique est :
 - supérieur à 1500 mL d'emblée avec une poursuite du débit du drainage supérieur à 200 mL/h dès la première heure,
 - inférieur à 1500 mL avec poursuite du débit du drainage supérieur à 200 mL/h pendant 3 heures.

Argumentaire

On entend par thoracotomie d'hémostase la prise en charge rapide au bloc opératoire en dehors des situations de thoracotomie de ressuscitation (*damage control*) [87]. En cas de traumatisme fermé du thorax, la thoracotomie d'hémostase doit être envisagée en cas de saignement persistant associé à une instabilité hémodynamique. Il semble que l'indication d'une thoracotomie d'hémostase ne repose essentiellement que sur le débit du drain thoracique qui reste un prérequis avant toute décision en cas de stabilité hémodynamique. Les recommandations américaines prévoient une thoracotomie d'hémostase dès lors que le drain thoracique permet d'extérioriser 1500 mL ou si le débit du drain excède 200 mL/h sur trois heures consécutives [88]. Le taux de mortalité croît d'ailleurs de manière linéaire avec la quantité et le débit du drain [89]. Néanmoins, ces indications doivent être nuancées en fonction du mécanisme lésionnel (fermé/pénétrant) [90].

6.B.3. Thoracoscopie chirurgicale**Proposition 6.B.3**

Les experts recommandent la réalisation d'une thoracoscopie chirurgicale pour les hémithorax résiduels malgré un premier drainage thoracique bien conduit (G1+).

Argumentaire

Il existe deux études randomisées de faible effectif qui permettent de considérer la thoracoscopie chirurgicale comme bénéfique pour les hémithorax résiduels après échec d'un drainage thoracique dans les traumatismes fermés [91,92]. Meyer et Cobanoglu ont comparé la thoracoscopie chirurgicale par rapport à un deuxième drainage thoracique [91,92]. Les patients du groupe thoracoscopie avaient une réduction de la moyenne de la durée du drainage thoracique, une réduction de la durée d'hospitalisation après la randomisation, une réduction de la durée d'hospitalisation globale et enfin les coûts hospitaliers étaient réduits. À l'inverse, le deuxième drainage thoracique était lié à un fort taux d'échec et conduisait à un traitement chirurgical secondaire dans près de 40 % des cas. Les bénéfices de la thoracoscopie sont liés au délai de l'intervention. Il serait préférable de réaliser cette thoracoscopie entre 48 h et 5 jours [92-94].

6.B.4. Ostéosynthèse pariétale**Proposition 6.B.4**

Les experts recommandent une fixation chirurgicale chez le patient présentant un volet thoracique et ventilé mécaniquement, si l'état respiratoire ne permet pas un sevrage de la ventilation mécanique dans les 36 heures suivant leur admission (G1+).

Les experts proposent que tout fracas costal déplacé ou complexe bénéficie d'un avis spécialisé (Avis d'experts).

Argumentaire

Il existe trois études prospectives randomisées et une méta-analyse comparant la prise en charge médicale et chirurgicale dans les volets thoraciques [95-98]. Dans l'étude de Tanaka et al. (stabilisation chirurgicale versus ventilation mécanique [VM]) [95], tous les patients étaient sous VM depuis 5 jours au moment de la randomisation et présentaient au moins 6 fractures de côtes. Il existait des différences significatives en faveur du traitement chirurgical sur le nombre de jours de VM, le nombre de jours en réanimation et le taux de pneumopathies acquises. Le taux de retour au travail à 6 mois et le coût total des dépenses de santé étaient en faveur de la prise en charge

chirurgicale. Dans l'étude prospective randomisée de Granetzny et al. [96] (stabilisation chirurgicale versus stabilisation externe), il existait des différences significatives en faveur du traitement chirurgical en termes de durée de VM, de nombre de jours de réanimation et du taux de pneumopathies acquises. L'indication chirurgicale était posée face à un échec de sevrage dans les 36 heures suivant l'admission. Enfin, les principaux résultats de la méta-analyse de Slobogean et de l'étude de Marasco sont en faveur d'une ostéosynthèse précoce en mettant en avant une réduction de la durée de ventilation et de l'incidence de pneumopathie [97,98]. En dehors des patients sous VM, les indications d'ostéosynthèse costale retenues sont : les volets costaux douloureux ou invalidants, les déformations majeures de la paroi thoracique, les défauts pariétaux, les menaces de plaies parenchymateuses, la pseudarthrose symptomatique, l'ostéosynthèse de rencontre et les fractures ouvertes.

Question 7. Quelles sont les spécificités médicales et chirurgicales d'un traumatisme thoracique pénétrant ?

7.A. Quels sont les critères pour orienter directement un patient dans une structure avec plateau technique chirurgical spécialisé ?

Proposition 7.A

Les experts suggèrent d'orienter directement sur un centre disposant d'un plateau technique spécialisé, les patients qui présentent un traumatisme pénétrant de l'aire cardiaque (stable ou instable) ou du thorax avec état circulatoire ou respiratoire instable ou stabilisé (G1+).

Les experts suggèrent d'orienter sur le centre chirurgical de proximité les patients dont l'état hémodynamique ne permet pas le transport vers un centre spécialisé. Pour les patients stables, les experts suggèrent le transfert secondaire si des lésions intrathoraciques sont objectivées sur le bilan (G2+).

Argumentaire

Plusieurs travaux ont montré que le pronostic des traumatisés les plus graves était amélioré s'ils étaient pris en charge dans des centres experts [99,100]. Cela est vérifié pour les patients qui présentent les traumatismes les plus sévères, en particulier en cas d'état de choc et/ou de coma [99-101]. Il existe un grand nombre d'études sur la prise en charge en urgence des traumatismes pénétrants du thorax. La plupart sont néanmoins rétrospectives et monocentriques. Dans une étude rétrospective, Mollberg s'est récemment intéressé à l'impact de la présence en salle opératoire d'un chirurgien cardio-thoracique sur la mortalité des victimes de traumatisme pénétrant du thorax

[102]. Sur la période 2003-2011, 1569 patients avaient été pris en charge dans les suites d'un traumatisme pénétrant du thorax, 413 avaient une indication chirurgicale, dont 191 (46 %) étaient décédés au cours d'une thoracotomie de ressuscitation ou avant l'arrivée au bloc. L'analyse a été conduite sur les 222 patients opérés et sortis vivants du bloc opératoire. Les deux tiers avaient été opérés en urgence ou en extrême urgence et 35 % en urgence différée. La mortalité globale de ces patients était de 18 %. En analyse multivariée, la présence d'un chirurgien thoracique lors de la chirurgie était associée de manière indépendante à la survie (RR = 4,70 IC₉₅ [1,29-17,13]).

Le facteur temps est un élément crucial de la prise en charge préhospitalière des victimes de traumatisme pénétrant du thorax. Ainsi, dans un travail rétrospectif, il a été montré, sur un collectif de 908 patients que le temps de transport préhospitalier était indépendamment associé à la mortalité des patients hypotendus à la prise en charge [103].

7.B. Quelle est la place de la thoracotomie de ressuscitation à l'hôpital ?

Proposition 7.B

Les experts suggèrent la réalisation d'une thoracotomie de ressuscitation en cas d'arrêt cardiaque après traumatisme thoracique pénétrant après avoir éliminé un pneumothorax compressif et en cas de détresse circulatoire majeure chez les patients échappant aux mesures réanimatoires (G2+).

En intrahospitalier les experts suggèrent de ne pas réaliser de thoracotomie de ressuscitation en cas d'arrêt cardiaque après traumatisme thoracique pénétrant, si la durée de réanimation cardiopulmonaire dépasse 15 min sans signe de vie, et lors d'une asystolie initiale en l'absence de tamponnade (G2-).

Argumentaire

Le terme ressuscitation qualifie une thoracotomie réalisée sans délai sur un patient *in extremis*. Ses objectifs sont au nombre de cinq : lever une tamponnade péricardique, contrôler une hémorragie d'origine cardiaque ou vasculaire, faire l'aérostase par un clampage du hile pulmonaire, clamper l'aorte thoracique descendante et le cas échéant, réaliser un massage cardiaque interne. Les facteurs qui le plus souvent influencent la survie sont le type d'agent vulnérant (arme à feu vs arme blanche), la localisation anatomique de la lésion, enfin, la présence de signes de vie (SDV) : activité électrique cardiaque, ventilation spontanée ou agonique et réponse pupillaire. Cependant, il n'y a pas d'étude prospective randomisée. Deux méta-analyses nord-américaines font référence [82,104]. La première recense 4620 thoracotomies de ressuscitation à partir de 24 séries

publiées entre 1974 et 1998. En cas de traumatisme pénétrant, la survie globale était de 8,8 % (IC₉₅ [7,8-9,8]) versus 1,4 % (IC₉₅ [0,7-2,1]) en cas de traumatisme fermé. Parmi ces traumatismes pénétrants, la survie était de 16,8 % (IC₉₅ [14,4-19,1]) en cas de plaie par arme blanche et de 4,3 % (IC₉₅ [3,3-5,5]) en cas de plaie par arme à feu. Parmi l'ensemble des blessures du tronc, celles qui étaient à prédominance cardiaque étaient associées à la survie la plus élevée 19,4 % (IC₉₅ [17,0-21,8]) vs 10,7 % (IC₉₅ [9,1-12,3]) en cas de plaie thoracique. On note également qu'en présence de SDV à l'admission, la survie est de 11,5 % (IC₉₅ [9,6-13,4]) vs 2,6 % (IC₉₅ [1,4-3,8]). La seconde méta-analyse, reprenant en partie la précédente, rapporte 4482 TDR pour traumatisme pénétrant avec une survie globale de 11,2 % (IC₉₅ [10,3-12,1]). La survie était de 31,1 % en cas de plaie cardiaque (IC₉₅ [28,4-33,8]). Ces dernières années, plusieurs travaux ont tenté de mieux définir, outre les indications, les limites de la thoracotomie de ressuscitation. Deux séries prospectives, recensent respectivement les données de 56 et 62 patients ayant survécu après une TDR [85,86]. En cas de traumatisme pénétrant, cette dernière est jugée « futile » en cas de réanimation cardiopulmonaire préhospitalière de plus de 15 minutes avec absence de signe de vie, mais également en cas d'asystolie initiale en l'absence de tamponnade, aucun patient n'ayant survécu au-delà de ces limites.

7.C. Quelles sont les modalités de réalisation de l'exploration d'une plaie de l'aire cardiaque ?

Proposition 7.C

Les experts suggèrent l'abord chirurgical du thorax (thoracotomie antéro-latérale gauche, transverse ou sternotomie) en urgence en cas d'instabilité hémodynamique et/ou d'épanchement péricardique compressif à l'échographie (G2+).

Les experts suggèrent une surveillance simple, en milieu spécialisé, en l'absence d'épanchement péricardique, d'hémithorax et de stabilité hémodynamique stricte après bilan tomodynamométrique (G2+).

Argumentaire

On entend par aire cardiaque la zone comprise entre les 2 clavicules et la fourchette sternale, en haut, les deux lignes

médio-claviculaires, latéralement, et l'auvent costal, en bas. Sont incluses également les plaies transmédiastinales. Il existe un nombre important d'études sur les plaies de l'aire cardiaque. La majorité de ces études est rétrospective uni- ou multicentrique, parfois prospective, mais aucune, à notre connaissance, randomisée. L'échographie a maintenant supplanté la fenêtre péricardique pour le diagnostic des épanchements péricardiques post-traumatiques. Dans une série prospective de 261 patients, Rozycki et al. [105] rapportent une sensibilité de 100 % (IC₉₅ [88,1-100]), une spécificité de 97 % (IC₉₅ [93,9-98,8]), une valeur prédictive positive (VPP) de 80,6 % (IC₉₅ [64-91,8]) et une valeur prédictive négative (VPN) de 100 % (IC₉₅ [98,4-100]). Récemment, Ball et al. [106], dans une étude rétrospective concernant 228 patients avec plaie cardiaque, rapportent 5 cas de faux négatifs, tous associés à un hémithorax gauche. De manière similaire, Meyer et al. [107], dans une série prospective de 105 patients, rapportent 4 cas de faux négatifs, tous présentant un épanchement pleural, avec une sensibilité de l'échographie chutant à 55,6 % (IC₉₅ [21,2-86,3]). Deux mécanismes sont avancés pour expliquer ce fait : la décompression du péricarde dans la plèvre en cas de brèche importante ou la gêne liée à l'hémithorax, empêchant la bonne visualisation du sac péricardique. En l'absence d'hémithorax, les auteurs concluent néanmoins à l'équivalence de l'échographie et de la fenêtre péricardique par voie sous-xiphoïdienne. L'ensemble des données de la littérature plaide pour une exploration chirurgicale systématique en urgence en cas d'épanchement péricardique mais ne permet pas de proposer de recommandation quant à la voie d'abord.

7.D. Quelles sont les modalités de l'antibioprofylaxie au décours d'un traumatisme pénétrant du thorax ?

Proposition 7.D

Les experts suggèrent de réaliser une antibioprofylaxie en cas de traumatisme pénétrant du thorax (G2+). Par exemple, l'association amoxicilline + acide clavulanique et en cas d'allergie à la pénicilline, l'association clindamycine + aminoside, pendant 24 à 48 h, en fonction de la nature et de l'importance de la plaie.

Argumentaire

Argumentaire développé en Section 5.C.3 Antibio-profylaxie.

Références

- [1] Battle CE, Hutchings H, Evans PA. Risk factors that predict mortality in patients with blunt chest wall trauma: a systematic review and meta-analysis. *Injury* 2012;43:8-17.
- [2] Ottochian M, Salim A, DuBose J, Teixeira PG, Chan LS, Margulies DR. Does age matter? The relationship between age and mortality in penetrating trauma. *Injury* 2009;40:354-7.
- [3] Hasler RM, Nüesch E, Jüni P, Bouamra O, Exadaktylos AK, Lecky F. Systolic blood pressure below 110 mmHg is associated with increased mortality in penetrating major trauma patients: multicentre cohort study. *Resuscitation* 2012;83:476-81.
- [4] Raux M, Sartorius D, Le Manach Y, David JS, Riou B, Vivien B. What do prehospital trauma scores predict besides mortality? *J Trauma* 2011;71:754-9.
- [5] Sartorius D, Le Manach Y, David JS, Rancurel E, Smail N, Thicoipé M, et al. Mechanism, glasgow coma scale, age, and arterial pressure (MGAP): a new simple prehospital triage score to predict mortality in trauma patients. *Crit Care Med* 2010;38:831-7.
- [6] MacKenzie EJ, Rivara FD, Jurkovich GJ, Nathens AB, Frey KP, Egleston BL, et al. A national evaluation on the effect on trauma-center care mortality. *N Engl J Med* 2006;354:366-78.
- [7] Yeguiayan JM, Garrigue D, Binquet C, Jacquot C, Duranteau J, Martin C, et al. Medical pre-hospital management reduces mortality in severe blunt trauma: a prospective epidemiological study. *Crit Care* 2011;15:R34.
- [8] Garwe T, Cowan LD, Neas BR, Sacra JC, Albrecht RM. Directness of Transport of Major Trauma Patients to a Level I Trauma Center: A Propensity-Adjusted Survival Analysis of the Impact on Short-Term Mortality. *J Trauma* 2011;70:1118-27.
- [9] Hyacinthe AC, Broux C, Francony G, Genty C, Bouzat P, Jacquot C, et al. Diagnostic accuracy of ultrasonography in the acute assessment of common thoracic lesions after trauma. *Chest* 2012;141:1177-83.
- [10] Alrajab S, Youssef AM, Akkus NI, Caldito G. Pleural ultrasonography versus chest radiography for the diagnosis of pneumothorax: review of the literature and meta-analysis. *Crit Care* 2013;17:R208.
- [11] Peytel E, Menegaux F, Cluzel P, Langeron O, Coriat P, Riou B. Initial imaging of severe blunt trauma. *Intensive Care Med* 2001;27:1756-61.
- [12] Jørgensen H, Jensen CH, Dirks J. Does pre-hospital ultrasound improve treatment of the trauma patient? A systematic review. *Eur J Emerg Med* 2010;17:249-53.
- [13] Scaglione M, Pinto A, Pedrosa I, Sparano A, Romano L. Multi-detector row computed tomography and blunt chest trauma. *Eur J Radiol* 2008;65:377-88.
- [14] Huber-Wagner S, Lefering R, Quick LM, Körner M, Kay MV, Pfeifer KJ, et al. Effect of whole-body CT during trauma resuscitation on survival: a retrospective, multicentre study. *Lancet* 2009;373:1455-61.
- [15] Brooks A, Davies B, Smethurst M, Connolly J. Emergency ultrasound in the acute assessment of haemothorax. *Emerg Med J* 2004;21:44-6.
- [16] Ma OJ, Mateer JR. Trauma ultrasound examination versus chest radiography in the detection of hemothorax. *Ann Emerg Med* 1997;29:312-5.
- [17] Bokhari F, Brakenridge S, Nagy K, Roberts R, Smith R, Joseph K, et al. Prospective evaluation of the sensitivity of physical examination in chest trauma. *J Trauma* 2003;54:1255-6.
- [18] Rainer TH, Griffith JF, Lam E, Lam PK, Metreweli C. Comparison of thoracic ultrasound, clinical acumen, and radiography in patients with minor chest injury. *J Trauma* 2004;56:1211-3.
- [19] Antonelli M, Conti G, Rocco M, Bui M, De Blasi RA, Vivino G, et al. A comparison of noninvasive positive-pressure ventilation and conventional mechanical ventilation in patients with acute respiratory failure. *N Engl J Med* 1998;339:429-35.
- [20] Bolliger CT, Van Eeden SF. Treatment of multiple rib fractures. Randomized controlled trial comparing ventilatory with nonventilatory management. *Chest* 1990;97:943-8.
- [21] Gunduz M. A comparative study of continuous positive airway pressure (CPAP) and intermittent positive pressure ventilation (IPPV) in patients with flail chest. *Emerg Med J* 2005;22:325-9.
- [22] Hernandez G, Fernandez R, Lopez-Reina P, Cuena R, Pedrosa A, Ortiz R, et al. Non-invasive Ventilation Reduces Intubation in Chest Trauma-Related Hypoxemia: A Randomized Clinical Trial. *Chest* 2010;137:74-80.
- [23] Ferrer M. Noninvasive ventilation in severe hypoxemic respiratory failure: a randomized clinical trial. *Am J Respir Crit Care Med* 2003;168:1438-44.
- [24] Duggal A, Perez P, Golan E, Tremblay L, Sinuff T. The safety and efficacy of noninvasive ventilation in patients with blunt chest trauma: a systematic review. *Crit Care* 2013;17:R142.
- [25] Antonelli M, Conti G, Moro ML, Esquinas A, Gonzalez-Diaz G, Confalonieri M, et al. Predictors of failure of noninvasive positive pressure ventilation in patients with acute hypoxemic respiratory failure: a multi-center study. *Intensive Care Med* 2001;27:1718-28.
- [26] de La Coussaye JE, Adnet F. Sédation et analgésie en structure d'urgence. Quelles sont les modalités de la réalisation d'une sédation et/ou d'une analgésie pour l'intubation trachéale? *Ann Fr Anesth Reanim* 2012;31:313-21.
- [27] Schultz MJ, Haitsma JJ, Slutsky AS, Gajic O. What tidal volumes should be used in patients without acute lung injury? *Anesthesiology* 2007;106:1226-31.
- [28] Villar J, Kacmarek RM, Pérez-Méndez L, Aguirre-Jaime A. A high positive end-expiratory pressure, low tidal volume ventilatory strategy improves outcome in persistent acute respiratory distress syndrome: a randomized, controlled trial. *Crit Care Med* 2006;34:1311-8.
- [29] The ARDS Network. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. The Acute Respiratory Distress Syndrome Network. *N Engl J Med* 2000;342:1301-8.
- [30] Amato MB, Barbas CS, Medeiros DM, Magaldi RB, Schettino GP, Lorenzi-Filho G, et al. Effect of a protective-ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 1998;338:347-54.
- [31] Meade MO, Cook DJ, Guyatt GH, Slutsky AS, Arabi YM, Cooper DJ, et al. Ventilation strategy using low tidal volumes, recruitment maneuvers, and high positive end-expiratory pressure for acute lung injury and acute respiratory distress syndrome: a randomized controlled trial. *JAMA* 2008;299:637-45.
- [32] Stewart TE, Meade MO, Cook DJ, Granton JT, Hodder RV, Lapinsky SE, et al. Evaluation of a ventilation strategy to prevent barotrauma in patients at high risk for acute respiratory distress syndrome. Pressure- and Volume-Limited Ventilation Strategy Group. *N Engl J Med* 1998;338:355-61.
- [33] Brochard L, Roudot-Thoraval F, Roupie E, Delclaux C, Chastre J, Fernandez-Mondéjar E, et al. Tidal volume reduction for prevention of ventilator-induced lung injury in acute respiratory distress syndrome. The Multicenter Trial Group on Tidal Volume reduction in ARDS. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;158:1831-8.
- [34] Brower RG, Lanken PN, MacIntyre N, Matthay MA, Morris A, Ancukiewicz M, et al. Higher versus lower positive end-expiratory pressures in patients with acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 2004;351:327-36.
- [35] Mercat A, Richard J-CM, Vielle B, Jaber S, Osman D, Diehl JL, et al. Positive end-expiratory pressure setting in adults with acute lung injury and acute respiratory distress syndrome: a randomized controlled trial. *JAMA* 2008;299:646-55.
- [36] Briel M, Meade M, Mercat A, Brower RG, Talmor D, Walter SD, et al. Higher vs lower positive end-expiratory pressure in patients with acute lung injury and acute respiratory distress syndrome: systematic review and meta-analysis. *JAMA* 2010;303:865-73.

- [37] Bulger EM, Edwards T, Klotz P, Jurkovich GJ. Epidural analgesia improves outcome after multiple rib fractures. *Surgery* 2004;136:426-30.
- [38] Moon MR, Luchette FA, Gibson SW, Crews J, Sudarshan G, Hurst JM, et al. Prospective randomised comparison of epidural versus parenteral opioid analgesia in thoracic trauma. *Ann Surg* 1999;229:684-91.
- [39] Mackersie RC, Karagianes TG, Hoyt DB, Davis JW. Prospective evaluation of epidural and intravenous administration of fentanyl for pain control and restoration of ventilatory function following multiple rib fractures. *J Trauma* 1991;31:443-9.
- [40] Ullman DA, Fortune JB, Greenhouse BB, Wimpy RE, Kenedy TM. The treatment of patients with multiple rib fractures using continuous thoracic epidural narcotic infusion. *Reg Anesth* 1989;14:43-7.
- [41] Vivien B, Adnet F, Boune V, Cheron G, Combes X, David JS, et al. Recommandations formalisées d'experts 2010 : sédation et analgésie en structure d'urgence (réactualisation de la conférence d'experts de la SFAR de 1999). *Ann Fr Med Urg* 2011;1:57-71.
- [42] Berthier F, Potel G, Leconte P, Touze MD, Baron D. Comparative study of methods of measuring acute pain intensity in an ED. *Am J Emerg Med* 1998;16:132-6.
- [43] Bijur PE, Latimer CT, Gallagher EJ. Validation of a verbally administered numerical rating scale of acute pain for use in the emergency department. *Acad Emerg Med* 2003;10:390-2.
- [44] Aubrun F, Langeron O, Quesnel C, Coriat P, Riou B. Relationships between measurement of pain using visual analog score and Morphine requirements during postoperative intravenous titration. *Anesthesiology* 2003;98:1415-21.
- [45] Lvovschi V, Aubrun F, Bonnet P, Bouchara A, Bendahou M, Humbert B, et al. Intravenous morphine titration to treat severe pain in ED. *Am J Emerg Med* 2008;26:676-82.
- [46] Sih K, Campbell SG, Magee K, Zed PJ. Ketamine in adult emergency medicine: controversies and recent advances. *Ann Pharmacother* 2011;45:1525-34.
- [47] Vardy JM, Dignon N, Mukherjee N, Sami DM, Balachandran G, Taylor S. Audit of the safety and effectiveness of ketamine for procedural sedation in the emergency department. *Emerg Med J* 2008;25:579-82.
- [48] Miner JR, Gray RO, Bahr J, Patel R, McGill JW. Randomized clinical trial of propofol versus ketamine for procedural sedation in the emergency department. *Acad Emerg Med* 2010;17:604-11.
- [49] Benhamou D. Évaluation de la douleur post-opératoire. *Ann Fr Anesth Reanim* 1998;17:555-72.
- [50] Gagliese L, Weizblit N, Ellis W, Chan VW. The measurement of postoperative pain: a comparison of intensity scales in younger and older surgical patients. *Pain* 2005;117:412-20.
- [51] Kieninger AN, Bair HA, Bendick PJ, Howells GA. Epidural versus intravenous pain control in elderly patients with rib fractures. *Am J Surg* 2005;189:327-30.
- [52] Joshi GP, Bonnet F, Shah R, Wilkinson RC, Camu F, Fischer B, et al. A systematic review of randomized trials evaluating regional techniques for post thoracotomy analgesia. *Anesth Analg* 2008;107:1026-40.
- [53] Behera BK, Puri GD, Ghai B. Patient-controlled epidural analgesia with fentanyl and bupivacaine provides better analgesia than intravenous morphine patient-controlled analgesia for early thoracotomy pain. *J Postgrad Med* 2008;54:86-90.
- [54] Ding X, Jin S, Niu X, Ren H, Fu S, Li Q. A comparison of the analgesia efficacy and side effects of paravertebral compared with epidural blockade for thoracotomy: an updated meta-analysis. *PLoS One* 2014;9:e96233.
- [55] Karmakar MK. Thoracic paravertebral block. *Anesthesiology* 2001;95:771-80.
- [56] Kavanagh BP, Katz J, Sandler AN. Pain control after thoracic surgery. A review of current techniques. *Anesthesiology* 1994;81:737-59.
- [57] Mazerolles M, Leballe F, Duterque D, Rougé P. Anesthésie et réanimation en chirurgie thoraco-pulmonaire. In: Sfar, editor. Conférences d'actualisation. Paris: Elsevier Masson; 2003. p. 271-90.
- [58] Hoydt DB, Simons RK, Winchek RJ, et al. A risk analysis of pulmonary complications following major trauma. *J Trauma* 1993;35:524-31.
- [59] Bardon ED, Epperson M, Hoyt DB, Fortlage D, Rosen P. Prehospital needle aspiration and tube thoracostomy in trauma victims: a six-year experience with aeromedical crews. *J Emerg Med* 1995;13:155-63.
- [60] Aylwin CJ, Brohi K, Davies GD, Walsh MS. Pre-hospital and in-hospital thoracostomy: indications and complications. *Ann R Coll Surg Engl* 2008;90:54-7.
- [61] Massarutti D, Trillò G, Berlot G, Tomasini A, Bacer B, D'Orlando L, et al. Simple thoracostomy in prehospital trauma management is safe and effective: a 2-year experience by helicopter emergency medical crews. *Eur J Emerg Med* 2006;13:276-80.
- [62] Coats TJ, Wilson AW, Xeropotamous N. Pre-hospital management of patients with severe thoracic injury. *Injury* 1995;26:581-5.
- [63] Cullinane DC, Morris Jr JA, Bass JG, Rutherford EJ. Needle thoracostomy may not be indicated in the trauma patient. *Injury* 2001;32:749-52.
- [64] Parlak M, Uil SM, van den Berg JW. A prospective, randomised trial of pneumothorax therapy: manual aspiration versus conventional chest tube drainage. *Respir Med* 2012;106:1600-5.
- [65] Fitzgerald M, Mackenzie CF, Marasco S, Hoyle R, Kossmann T. Pleural decompression and drainage during trauma reception and resuscitation. *Injury* 2008;39:9-20.
- [66] Waydhas C, Sauerland S. Pre-hospital pleural decompression and chest tube placement after blunt trauma: a systematic review. *Resuscitation* 2007;72:11-25.
- [67] Enderson BL, Abdalla R, Frame SB, Casey MT, Gould H, Maull KI. Tube thoracostomy for occult pneumothorax: a prospective randomized study of its use. *J Trauma* 1993;35:726-9.
- [68] Brasel KJ, Stafford RE, Weigelt JA, Tenquist JE, Borgstrom DC. Treatment of occult pneumothoraces from blunt trauma. *J Trauma* 1999;46:987-90.
- [69] Ouellet JF, Trottier V, Kmet L, et al. The OPTICC trial: a multi-institutional study of occult pneumothoraces in critical care. *Am J Surg* 2009;197:581-6.
- [70] Remerand F, Luce V, Badachi Y, Lu Q, Bouhemad B, Rouby JJ. Incidence of chest tube malposition in the critically ill: a prospective computed tomography study. *Anesthesiology* 2007;106:1112-9.
- [71] Huber-Wagner S, Körner M, Ehrh A, Kay MV, Pfeifer KJ, Mutschler W, et al. Emergency chest tube placement in trauma care – which approach is preferable? *Resuscitation* 2007;72:226-33.
- [72] Remerand F, Bazin Y, Gage J, Laffon M, Fusciardi J. A survey of percutaneous chest drainage practice in French university surgical ICU's. *Ann Fr Anesth Reanim* 2014;33:67-72.
- [73] Contou D, Razazi K, Katsahian S, Maitre B, Mekontso-Dessap A, Brun-Buisson C, et al. Small-bore catheter versus chest tube drainage for pneumothorax. *Am J Emerg Med* 2012;30:1407-13.
- [74] Karmy-Jones R, Holevar M, Sullivan RJ, Fleisig A, Jurkovich GJ. Residual hemothorax after chest tube placement correlates with increased risk of empyema following traumatic injury. *Can Respir J* 2008;15:255-8.
- [75] Tsai WK, Chen W, Lee JC, Cheng WE, Chen CH, Hsu WH, et al. Pigtail catheters vs large-bore chest tubes for management of secondary spontaneous pneumothoraces in adults. *Am J Emerg Med* 2006;24:795-800.
- [76] Kulvatunyou N, Joseph B, Friese RS, Green D, Gries L, O'Keefe T, et al. 14 French pigtail catheters placed by surgeons to drain blood on trauma patients: Is 14-Fr too Small? *J Trauma Acute Care Surg* 2012;73:1423-7.
- [77] Bosman A, de Jong MB, Debeij J, van den Broek PJ, Schipper IB. Systematic review and meta-analysis of antibiotic prophylaxis to prevent infections from chest drains in Blunt and penetrating thoracic injuries. *Br J Surg* 2012;99:506-13.
- [78] Sanabria A, Valdivieso E, Gomez G, Echeverry G. Prophylactic antibiotics in chest trauma: a meta-analysis of high-quality studies. *World J Surg* 2006;30:1843-7.
- [79] Lee WA, Matsumura JS, Mitchell RS, Farber MA, Greenberg RK, Azzizadeh A, et al. Endovascular repair of traumatic thoracic aortic injury: clinical practice guidelines of the

- society for Vascular Surgery. *J Vasc Surg* 2011;53:187-92.
- [80] Karmy-Jones R, Ferrigno L, Teso D, Long III WB, Shackford S. Endovascular repair compared with operative repair of traumatic rupture of the thoracic aorta: a nonsystematic review and a plea for trauma-specific reporting guidelines. *J Trauma* 2011;71:1059-72.
- [81] DuBose JJ, Rajani R, Gilani R, Arthurs ZA, Morrison JJ, Clouse WD, et al. Endovascular management of axillo-subclavian arterial injury: a review of published experience. *Injury* 2012;43:1785-92.
- [82] 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.
- [83] Moriwaki Y, Sugiyama M, Yamamoto T, Tahara Y, Toyoda H, Kosuge T. Outcomes from prehospital cardiac arrest in blunt trauma patients. *World J Surg* 2011;35:34-42.
- [84] Seamon MJ, Chovanes J, Fox N, Green R, Manis G, Tsiotsias G, et al. The use of emergency department thoracotomy for traumatic cardiopulmonary arrest. *Injury* 2012;43:1355-61.
- [85] Moore EE, Knudson MM, Burlew CC, Inaba K, Dicker RA, Biffi WL, et al. Defining the limits of resuscitative emergency department thoracotomy: a contemporary Western Trauma Association perspective. *J Trauma* 2011;70:334-9.
- [86] 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.
- [87] Arigon JP, Boddaert G, Grand B, N'Gabou UD, Pons F. Traitement chirurgical des traumatismes thoraciques. EMC Pneumologie, Paris: Elsevier Masson SAS; 2011 [6-000-p60].
- [88] American College of Surgeons. Subcommittee on trauma: advanced trauma life support program for doctors. ed. 7 Chicago, IL: American College of Surgeons; 2004.
- [89] Hoth JJ, Scott MJ, Bullock TK, Stassen NA, Franklin GA, Richardson JD. Thoracotomy for blunt trauma: traditional indications may not apply. *Am Surg* 2003;69:1108-11.
- [90] 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.
- [91] Meyer DM, Jessen ME, Wait MA, Estrera AS. Early evacuation of traumatic retained hemothoraces using thoracoscopy: a prospective, randomized trial. *Ann Thorac Surg* 1997;64:1396-400.
- [92] Cobanoğlu U, Sayir F, Mergan D. Should videothoroscopic surgery be the first choice in isolated traumatic hemothorax? A prospective randomized controlled study. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg* 2011;17:117-22.
- [93] Smith JW, Franklin GA, Harbrecht BG, Richardson JD. Early VATS for blunt chest trauma: a management technique underutilized by acute care surgeons. *J Trauma* 2011;71:102-5.
- [94] Fabbucci P, Nocentini L, Secci S, Manzoli D, Bruscinò A, Fedi M, et al. Video-assisted thoracoscopy in the early diagnosis and management of post-traumatic pneumothorax and hemothorax. *Surg Endosc* 2008;22:1227-31.
- [95] Tanaka H, Yukioka T, Yamaguti Y, Shimizu S, Goto H, Matsuda H, et al. Surgical stabilization of internal pneumatic stabilization? A prospective randomized study of management of severe flail chest patients. *J Trauma* 2002;52:727-32.
- [96] Granetznay A, Abd El-Aal M, Emam E, Shalaby A, Boseila A. Surgical versus conservative treatment of flail chest. Evaluation of the pulmonary status. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2005;4:583-7.
- [97] Slobogean GP, MacPherson CA, Sun T, Pelletier ME, Hameed SM. Surgical fixation vs nonoperative management of flail chest: a meta-analysis. *J Am Coll Surg* 2013;216:302-11. e1.
- [98] Marasco SF, Davies AR, Cooper J, Varma D, Bennett V, Nevill R, et al. Prospective randomized controlled trial of operative rib fixation in traumatic flail chest. *J Am Coll Surg* 2013;216:924-32.
- [99] Nathens AB, Jurkovich GJ, Maier RV, Grossman DC, MacKenzie EJ, Moore M, et al. Relationship between trauma center volume and outcomes. *JAMA* 2001;285:1164-71.
- [100] MacKenzie EJ, Rivara FP, Jurkovich GJ, et al. A national evaluation of the effect of trauma-center care on mortality. *N Engl J Med* 2006;354:366-78.
- [101] Demetriades D, Martin M, Salim A, Rhee P, Brown C, Doucet J, et al. Relationship between American College of Surgeons trauma center designation and mortality in patients with severe trauma (injury severity score > 15). *J Am Coll Surg* 2006;202:212-5.
- [102] Mollberg NM, Tabachnik D, Farjah F, Lin F-J, Vafa A, Abdelhady K, et al. Utilization of Cardiothoracic Surgeons for Operative Penetrating Thoracic Trauma and Its Impact on Clinical Outcomes. *Ann Thorac Surg* 2013;96:445-50.
- [103] Swaroop M, Straus DC, Agubuzu O, Esposito TJ, Schermer CR, Crandall ML. Pre-hospital transport times and survival for hypotensive patients with penetrating thoracic trauma. *J Emerg Trauma Shock* 2013;6:16-20.
- [104] Working Group, Ad Hoc Subcommittee on Outcomes, American College of Surgeons - Committee on Trauma. Practice Management Guidelines for Emergency Department Thoracotomy. *J Am Coll Surg* 2001;193:303-9.
- [105] Rozycki GS, Feliciano DV, Ochsner MG, Knudson MM, Hoyt DB, Davis F, et al. The role of ultrasound with possible penetrating cardiac wounds: a prospective multicenter study. *J Trauma* 1999;46:543-51.
- [106] Ball CG, Williams BH, Wyrzykowski AD, Nicholas JM, Rozycki GS, Feliciano DV. A caveat to the performance of pericardial ultrasound in patients with penetrating cardiac wounds. *J Trauma* 2009;67:1123-4.
- [107] Meyer DM, Jessen ME, Grayburn PA. Use of echocardiography to detect occult cardiac injury after penetrating trauma: a prospective study. *J Trauma* 1995;39:902.