

Pathologie de la plèvre : approche diagnostique, quelle imagerie ?

L. JACQUIN¹, J. BESSEREAU¹, M. DOUPLAT¹,
P. MICHELET¹, P. GERBEAUX¹

Points essentiels

- Les limites de l'examen clinique sont nombreuses notamment en extra-hospitalier et rendent l'imagerie pleurale indispensable sauf en cas de forte suspicion d'épanchement pleural mettant en jeu le pronostic vital du patient.
- La portabilité de l'échographie permet son utilisation en milieu extra-hospitalier dans le but d'améliorer la qualité et la rapidité de la prise en charge des patients.
- Chez le patient traumatisé, l'exploration initiale se fait par une radiographie thoracique couplée à la FASTecho afin de poser une indication de drainage avant le déplacement du patient au scanner.
- Le scanner du corps entier est l'examen de référence pour l'établissement du bilan lésionnel exhaustif chez le traumatisé.
- Actuellement, pour le diagnostic et la surveillance d'un pneumothorax spontané, la radiographie standard est suffisante.
- Le scanner thoracique représente un examen de deuxième intention dans l'exploration des épanchements secondaires non traumatiques.
- La place de l'échographie est probablement en première ligne dans la prise en charge des épanchements pleuraux, en supplément ou en substitution de la radiographie, mais reste à définir.

1. Pôle Réanimation – Urgences – SAMU – Hyperbarie CHRU La Timone – 264, rue Saint-Pierre, 13385 Marseille.

Correspondance : Laurent Jacquin - Service d'Accueil des Urgences - Hôpital de La Conception - 147, boulevard Baille, 13385 Marseille. Tél : +33 4 91 38 36 53 / +33 4 91 38 29 61 - Fax : +33 4 91 38 36 27 E-mail : laurent.jacquin@ap-hm.fr

- L'échographie est un examen dynamique qui permet de repérer et de guider un geste invasif, limitant de fait les complications associées.
- La reproductibilité de l'échographie en fait un examen de choix pour la surveillance des épanchements pleuraux.
- La pratique de l'échographie par le médecin urgentiste doit répondre à des objectifs de formation initiale et de pratique en routine permettant le maintien de compétence.

1. Introduction

L'imagerie est un outil incontournable en médecine d'urgence pour la prise en charge des épanchements pleuraux. Exception faite de l'épanchement mettant en jeu le pronostic vital qui nécessite une évacuation en extrême urgence en « aveugle » immédiatement, l'imagerie joue un rôle majeur pour son diagnostic positif, étiologique et sa surveillance. Le choix de l'examen radiologique s'intègre dans une prise en charge globale qui diffère selon l'origine de l'épanchement, qu'il soit traumatique, idiopathique ou secondaire à une pathologie pulmonaire. L'environnement extra-hospitalier est également remarquable par les limites de l'examen clinique et des moyens à disposition. Au contraire, en milieu intrahospitalier, l'ensemble des examens radiologiques sont à disposition mais se pose alors la question de la stratégie de prise en charge prenant en compte les délais et les modalités de réalisation de ces examens.

2. En milieu extrahospitalier

Les épanchements observés lors d'une prise en charge préhospitalière sont dans la grande majorité des cas d'origine traumatique. La difficulté de leur diagnostic vient d'une part des faibles performances de l'examen clinique et d'autre part de leur association lésionnelle très fréquente. En effet, les signes fonctionnels d'un épanchement sont souvent aspécifiques et intriqués avec ceux des lésions traumatiques associées ou de leurs conséquences. Plusieurs travaux rapportent la faible sensibilité des différents signes physiques, de 82 % pour l'asymétrie des vibrations vocales à 5 % pour le frottement pleural (1-6). Contrairement à ce qui est décrit dans ces études, l'examen clinique en milieu préhospitalier est de moins bonne qualité et se limite à la reconnaissance de quelques signes (asymétrie de ventilation, emphysème sous-cutané, asymétrie ou silence à l'auscultation). L'examen doit être rapide pour ne pas allonger la prise en charge mais assez complet pour établir un premier bilan lésionnel. Une forte suspicion d'épanchement pleural dans ce contexte nécessite une exsufflation en cas de pneumothorax ou un drainage en cas d'hémithorax dans les meilleures conditions de sécurité. C'est dans ce cadre que l'utilisation de l'échographie présente de plus en plus d'intérêt.

2.1. Diagnostic d'un épanchement pleural

L'échographie est le seul examen radiologique exportable en milieu extrahospitalier, ses performances diagnostiques en font un outil d'évaluation des lésions thoraciques, d'autant plus qu'elle peut être associée à la FAST (Focus Abdominal Sonography for Trauma). En effet, il est rapporté des sensibilités variant de 84 à 97 % avec une spécificité de 100 % dans la détection des hémothorax (7-11). Les faux négatifs retrouvés dans ce contexte étaient les épanchements très postérieurs mis en évidence par la tomodensitométrie thoracique, inférieurs à 100 mL (seuil de détection de l'échographie), et ne nécessitant pas de drainage. Par ailleurs, cette technique permet avec fiabilité d'estimer le volume de l'épanchement (12-14). Le principal intérêt est de poser l'indication d'un drainage en urgence mais aussi de prendre en compte l'évolutivité d'un traumatisme thoracique en surveillant le volume d'un hémothorax en cours de transport. Ces performances sont également notables pour le diagnostic de pneumothorax (15,16). Là encore, un nombre modéré de faux négatifs est possible lorsque l'épanchement est minime et cloisonné, mais cette situation ne met pas en jeu le pronostic vital du patient, et permet d'attendre son transport et sa prise en charge hospitalière. Enfin, il faut noter que la présence d'un emphysème sous-cutané peut dans quelques cas rendre impossible l'interprétation des images échographiques (17).

2.2. Échoguidage et surveillance des épanchements

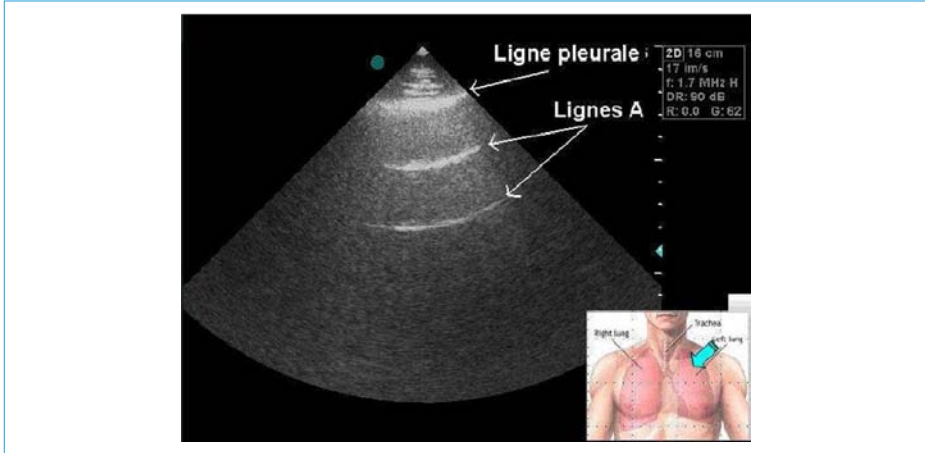
L'utilisation de l'échographie en milieu extrahospitalier est utile au-delà de la simple détection d'un épanchement. Tout d'abord, une fois le diagnostic fait, une indication d'exsufflation ou de drainage peut être posée. Il est alors de bonne pratique de repérer au préalable par échographie la coupole diaphragmatique, la localisation de l'épanchement et la présence d'une bride pleurale (18,19). Ce repérage permet de positionner correctement le point de ponction et de diminuer ainsi les complications iatrogènes d'un geste réalisé en « aveugle ». Ensuite, sa reproductibilité permet de surveiller l'évolution d'un épanchement en milieu extrahospitalier et notamment sa résolution après exsufflation ou drainage (20). En effet, les lésions traumatiques thoraciques ne sont pas figées dans le temps mais évoluent entre le moment de la prise en charge initiale et l'arrivée en service spécialisé. L'échographie est dans ce contexte tout à fait adaptée à la surveillance de ces épanchements lors d'un transfert interhospitalier, d'autant plus que l'examen clinique est limité par les conditions de transport (cas du transport hélicoptéré).

2.3. Techniques d'échographie pleurale chez le traumatisé

Le diagnostic des pneumothorax antérieurs se fait par l'échographie pleurale antérieure. La sonde est alors positionnée à la face antérieure du thorax au niveau de la ligne médio-claviculaire et peut être déplacée aux différents espaces intercostaux. Le diagnostic repose sur la disparition des signes témoignant d'un accollement de la plèvre viscérale à la plèvre pariétale, à savoir (fig. 1 et 2) :

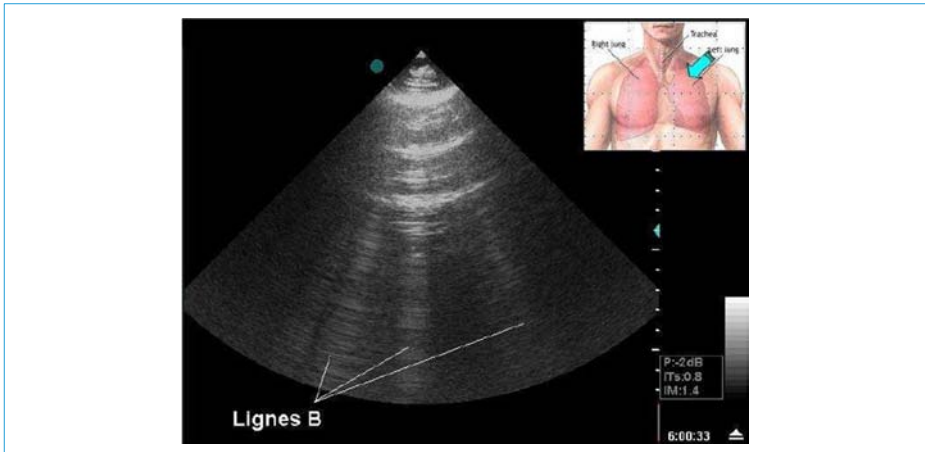
- Le glissement pleural : la visualisation du mouvement des plèvres l'une par rapport à l'autre. Sa présence permet d'éliminer un pneumothorax (21). (fig. 1)
- Les queues de comète : ce sont des artéfacts verticaux partant de la plèvre viscérale sans épuisement jusqu'au fond de l'écran (matérialisant l'épaississement pathologiques des septas interlobulaires de la plèvre viscérale lors d'un syndrome interstitiel) (fig. 2). Leur présence permet également d'éliminer un pneumothorax (22).

Figure 1 – Visualisation des lignes pleurales en échographie (Source : www.echorea.org)



Lors de respiration, on observe un glissement de la ligne pleurale (image hyperéchogène). Ce glissement disparaît en cas de pneumothorax. Les lignes A (répétition de la ligne pleurale à distances égales) correspondent à l'épaisseur de l'interface pariéto-pulmonaire.

Figure 2 – Visualisation en échographie des « queues de comète » (Source : www.echorea.org)



Lignes B : La disparition de ces images en cas de pneumothorax est très sensible (100 %) mais peu spécifique (60 %).

Cependant, l'absence de ces 2 signes ne permet pas d'affirmer la présence d'un pneumothorax. L'absence de glissement peut être retrouvée en cas d'apnée, d'atélectasie ou de symphyse pleurale (spécificité de 91 %). L'absence de queue de comète signe l'absence de syndrome interstitiel et n'est donc pas du tout spécifique du pneumothorax (spécificité de 60 %). Enfin, la combinaison de ces deux signes améliore la spécificité pour le diagnostic de pneumothorax, sans pour autant atteindre une valeur de 100 %. Le « point poumon », qui stigmatise le point de jonction entre l'accolement pleural normal et le pneumothorax, est le seul signe qui présente une spécificité de 100 % et distingue la limite latérale du décollement pleural antérieur (23).

La sonde d'échographie peut également être placée en latéro-postérieur pour la détection des épanchements liquidiens, au niveau des hypocondres, réalisable de ce fait simultanément de la FAST. On peut alors observer une image hypo-échogène localisée au-dessus du diaphragme entre la plèvre pariétale et viscérale (fig. 3). Surtout, la distance interpleurale va varier en fonction du cycle inspiration/expiration, reflétant l'impact de la variation de la pression intra-thoracique sur l'épanchement. Cette constatation est importante à noter puisqu'elle permet d'affirmer le caractère fluide de l'épanchement et d'éviter la confusion avec un caillottage (21).

Figure 3 – Visualisation en échographie d'un épanchement pleural
(Source : www.echorea.org)

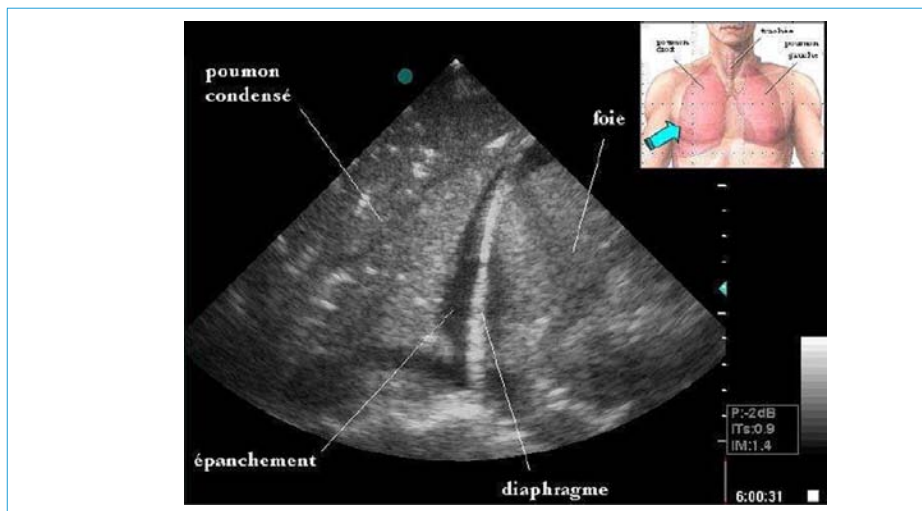


Image hypoéchogène homogène séparant la ligne diaphragmatique (hyperéchogène) du parenchyme pulmonaire hétérogène. L'épaisseur de cet espace varie en fonction de la respiration.

3. En milieu intra-hospitalier

Le plateau technique accessible en milieu intrahospitalier permet la réalisation d'échographies, de radiographies standards et d'examens tomodensitométriques. La hiérarchisation de ces examens est alors fonction de l'étiologie présumée en cas de suspicion d'épanchement pleural. Il faut différencier le contexte de survenue avec la traumatologie, le pneumothorax idiopathique et l'épanchement secondaire à une pathologie intrathoracique.

3.1. L'épanchement traumatique

L'accueil d'un patient traumatisé grave ou polytraumatisé nécessite des règles d'exploration standardisées. Les examens radiologiques réalisés à la recherche d'un épanchement pleural ne sont donc pas à considérer isolément mais dans la prise en charge globale. Seul le scanner du corps entier permet d'établir un bilan lésionnel exhaustif dans ce contexte. Cependant, cet examen requiert le déplacement et la mobilisation du patient susceptible de retarder la prise en charge de lésions qui pourraient nécessiter un geste thérapeutique ou une chirurgie urgente. Ainsi, avant le transport de ce type de patient la recherche d'un pneumothorax ou d'un hémithorax se fait par une radiographie du thorax de face et l'échographie dans le même temps que la FASTecho. L'air intrapleurale se place en avant du parenchyme pulmonaire lors du décubitus dorsal, ce qui rend le pneumothorax difficilement visualisable sur la radiographie thoracique de face dont la sensibilité varie de 28 à 75 % malgré une spécificité de 100 % (24). De même, toujours en décubitus dorsal, les épanchements liquidiens se placent parallèlement au plan antéro-postérieur, se superposant entre autres au parenchyme pulmonaire. La radiographie de face couchée est donc un examen insuffisant pour le diagnostic positif des épanchements liquidiens, sa sensibilité variant de 66 à 82 % et sa spécificité de 70 à 89 % (25-27). Les résultats sont globalement homogènes dans ces différents travaux malgré la sélection d'une imagerie de référence différente sur le plan méthodologique (radiographie dans une autre incidence, échographie, tomodensitométrie). Le principal facteur influant sur la précision diagnostique de la radiographie pour un épanchement liquidien est la quantité de liquide accumulée dans l'espace pleural. Plus cette quantité augmente et plus les signes radiologiques permettant le diagnostic seront présents. En effet, Woodring et coll. en 1984 rapportent une sensibilité de 100 % dès que l'épanchement dépasse 525 mL (28). De même, dans le travail d'Emamian et coll. en 1997, seuls 3 % des épanchements de plus de 300 mL ne sont pas diagnostiqués contre 29 % lorsqu'ils sont inférieurs à cette quantité (26). Enfin, la présence d'opacité parenchymateuse pulmonaire peut prêter à confusion, les épanchements pouvant passer inaperçus dans près de 45 % des cas (27). L'intégration d'un examen échographique approfondie dans cette évaluation initiale permet de compléter la FAST Echo réalisée chez le traumatisé grave. Le principal avantage de l'échographie pratiquée par un opérateur compétent est sa rapidité de réalisation au lit du patient, permettant un gain de temps diagnostique et thérapeutique. Un pneumothorax peut ainsi être confirmé

dans un délai moyen de moins de 5 minutes alors que la radiographie pulmonaire sera disponible en moyenne après 15 minutes (17). De même, le diagnostic d'hémothorax peut être confirmé et quantifié dans un délai moyen de 1 minute contre 15 minutes pour la radiographie conventionnelle (8,10).

3.2. Le pneumothorax idiopathique et les épanchements secondaires

L'examen de première intention est également la radiographie du thorax. Cependant, contrairement au cas du patient traumatisé, la tolérance clinique est prise en compte afin de réaliser un cliché debout chaque fois que possible. En effet, dans cette position, l'épanchement aérique va se placer à l'apex et l'épanchement liquidien à la base. L'absence de superposition au parenchyme pulmonaire sur l'image radiographique en 2 dimensions rend l'interprétation plus aisée et la sensibilité de l'examen meilleure. Outre la confirmation du pneumothorax, le cliché radiographique peut présenter un intérêt pour quantifier ce dernier. L'indice de Light, défini par le pourcentage du rapport entre le diamètre pulmonaire moyen et le diamètre moyen de l'hémithorax, a été développé dans cet objectif (29). Une indication d'évacuation de l'épanchement est proposée lorsque que la taille estimée du décollement est supérieure à 15 %. En pratique, les variations d'évaluation des diamètres moyens rendent cet indice variable et la controverse est alimentée par le développement d'autres méthodes de calcul (30). En dénomination semi-quantitative, la définition d'un grand pneumothorax n'est pas non plus unanime pour les sociétés savantes. Ainsi, un décollement apical de plus de 3 centimètres au niveau de l'apex a été retenu par l'American College of Chest Physicians et un décollement supérieur à 2 centimètres sur toute la ligne axillaire par la British Thoracic Society. En conclusion, plusieurs travaux s'accordent pour considérer qu'un pneumothorax est de grande taille si le décollement de la plèvre intéresse toute la hauteur du poumon, posant une indication d'évacuation (31-33).

Malgré l'impossibilité de quantifier avec fiabilité un pneumothorax en échographie, son intérêt reste fort. Sa reproductibilité permet de surveiller la résolution d'un pneumothorax après exsufflation ou drainage (20). Cette surveillance est d'autant plus intéressante dans le cadre d'une exsufflation simple sans mise en place d'un drain pour le pneumothorax spontané primitif. La résolution de l'épanchement sans récurrence immédiate après son évacuation permet de proposer un retour à domicile. Le retour du parenchyme pulmonaire à la paroi peut être confirmé avec une meilleure sensibilité avec l'échographie par rapport à la radiographie standard. En cas d'épanchement liquidien, l'échographie garde également son intérêt pour les mêmes raisons que celles citées ci-dessus dans le cadre des hémothorax d'origine traumatique mais aussi par sa capacité à différencier les opacités parenchymateuses de l'épanchement (27).

Le scanner thoracique reste indispensable pour le diagnostic étiologique des épanchements secondaires même si sa réalisation sort du cadre de l'urgence.

3.3. Sémiologie et pièges radiologiques

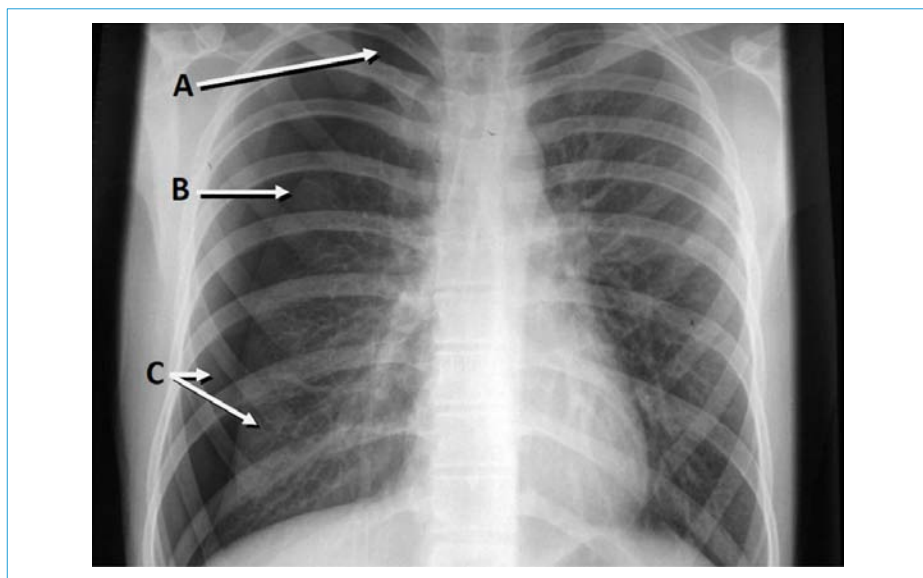
3.3.1. Le pneumothorax

La visualisation du pneumothorax sur un cliché debout de face est définie par 3 signes (fig. 4) :

- une hyperclarté, présente surtout à l'apex ;
- la présence d'un liseré dense entourant le parenchyme pulmonaire décollé, correspondant à la plèvre viscérale ;
- l'absence de visualisation de l'arbre broncho-vasculaire au-delà de ce liseré.

C'est en position couchée que l'interprétation du cliché sera plus difficile. L'air contenu dans l'espace pleural se place en avant du parenchyme pulmonaire et selon l'importance de l'épanchement, seule une différence, variable, de la densité des 2 hémithorax pourra être visualisée.

Figure 4 – Diagnostic radiologique du pneumothorax. A : Hyperclarté ; B : Liseré dense de la plèvre viscérale ; C : Absence d'arbre broncho-vasculaire.



3.3.2. L'épanchement liquidien

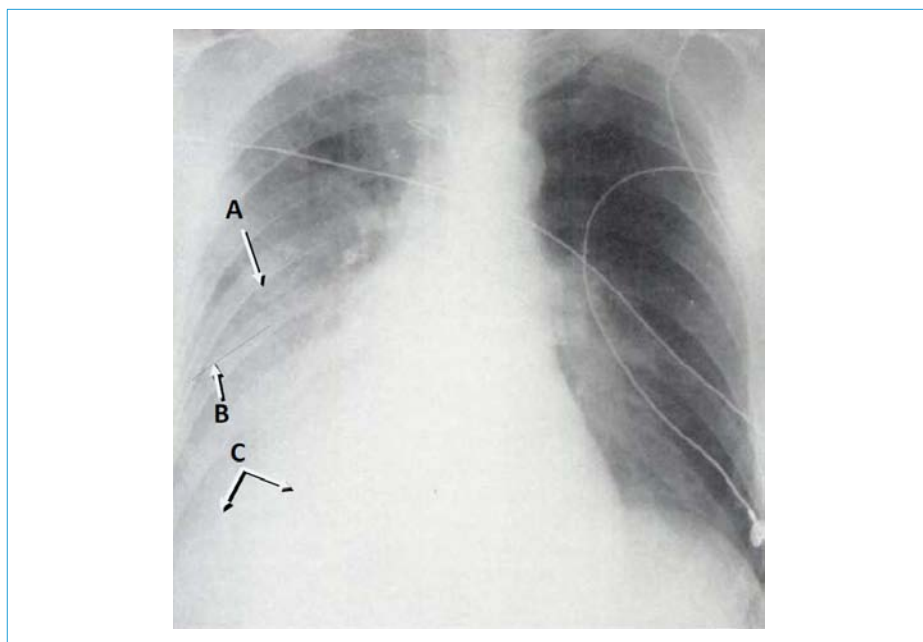
Plusieurs signes ont été définis sur le cliché en décubitus dorsal (25, 26, 28) :

- l'augmentation homogène de la densité d'un hémithorax ;
- l'émoussement de l'angle costo-diaphragmatique ;
- la perte de la silhouette diaphragmatique ;
- la diminution de la visualisation de la vascularisation du lobe inférieur sous la coupole diaphragmatique ;

- la présence d'une densité à l'apex avec une frontière bien délimitée concave vers le bas ;
- l'accentuation de la petite scissure droite.

La reconnaissance de ces signes peut être difficile. Emamian et coll. (26) rapportent des précisions diagnostiques variables pour chaque signe lorsque les clichés sont interprétés par des radiologues. L'augmentation homogène de la densité d'un hémithorax représente le meilleur signe avec une précision de 88 % (fig. 5).

Figure 5 – Diagnostic d'un hémithorax sur une radiographie en décubitus dorsal. A : Augmentation de la densité de l'hémithorax ; B : Accentuation de la petite scissure ; C : Perte de la silhouette diaphragmatique.



Le principal piège lors de l'interprétation de ce type de radiographie est la confusion des opacités d'origine pleurale et extrapleurale. C'est ce que rapporte Kitazono et coll. en 2010 (27) dans un travail sur l'interprétation des radiographies thoraciques réalisées au lit pour des patients de réanimation. Pour les épanchements de grande quantité (supérieure à 30 % de l'hémithorax), la radiographie permet un diagnostic correct de l'épanchement dans 92 % des cas. Cependant 47 % des petits épanchements (inférieurs à 15 %) et 29 % des épanchements modérés (de 15 à 30 %) sont non visualisés ou confondus avec une opacité pulmonaire.

4. L'échographie par les urgentistes

La réalisation de l'échographie par des médecins non radiologues est en constant développement ces dernières années. Ce transfert de compétences s'est largement développé dans nos services de réanimations, notamment grâce aux travaux de Lichtenstein (6, 18, 21, 22). Sa faisabilité dans ce contexte est fiable moyennant une formation adéquate et des objectifs de formation précis et adaptés à l'exercice. Dans un service d'accueil des urgences ou en service mobile d'urgences et de réanimation, l'intérêt de l'échographie n'est pas de réaliser des diagnostics fins. Elle tient un rôle de complément de l'examen clinique permettant un gain de temps dans la prise en charge et une meilleure orientation initiale. Depuis plusieurs années, des équipes de traumatologie nord-américaines ont proposé que l'échographie thoracique soit réalisée par les chirurgiens accueillant les patients traumatisés, avec pour objectif unique de détecter un hémothorax à l'arrivée du patient, permettant un gain de temps par rapport à la réalisation de la radiographie standard (10, 34). La limitation à la reconnaissance de quelques pathologies leur permet ainsi d'obtenir une précision diagnostique semblable à celle d'un radiologue. Ces performances nécessitent la pratique fréquente de l'examen afin d'assurer un maintien de la compétence. De même, dans le cadre de la médecine d'urgence, nos homologues britanniques ont rapporté d'excellents résultats sur la pratique de l'échographie par des praticiens entraînés pour la reconnaissance d'un hémothorax (11). L'utilisation de l'échographie représente dans cette indication un outil fiable pour poser une indication de drainage urgent. Les modalités de l'utilisation de l'échographie ont ainsi été réactualisées dans des recommandations de l'American College of Emergency Physicians avec des objectifs de formation précis qui devraient débiter dès l'internat (35). Les compétences à acquérir qui y sont décrites restent simples. Elles peuvent être résumées ainsi : exclure un pneumothorax, visualiser le retour du poumon à la paroi après son évacuation, détecter un épanchement liquidien et le quantifier pour poser une indication de drainage. En France, une formation validante pour les urgentistes est intégrée au diplôme universitaire d'échographie et techniques ultrasonores. Un module spécifique nommé « Échographie Appliquée à l'Urgence » (EAU) aborde la pratique de l'échographie par situations cliniques ou motif de recours rencontrés dans la prise en charge des patients en urgence. Les objectifs sont similaires, de la reconnaissance des épanchements liquidiens et gazeux au repérage en vue d'un abord pleural.

5. Conclusion

La stratégie de réalisation des examens radiologiques dans l'exploration d'un épanchement pleural est bien standardisée et dépend du contexte et de l'origine de cet épanchement. En traumatologie, la radiographie thoracique et l'échographie pleurale intégrée à la FAST écho sont les examens de choix à l'heure actuelle avant la réalisation d'un bilan lésionnel exhaustif par tomodensitométrie

corps entier. En cas d'épanchement d'origine non traumatique, en sus de la radiographie thoracique initiale, le scanner permettra le diagnostic de lésions intrathoraciques et relève rarement du cadre de l'urgence.

L'intérêt de l'échographie se situe probablement avant toute autre imagerie pour sa rapidité de réalisation et s'étend sur la surveillance qu'il y ait ou non évacuation de l'épanchement. De plus, sa portabilité en fait un outil indispensable en pré-hospitalier expliquant son plein essor. Elle est de plus en plus présente en médecine d'urgence. Sa place exacte nécessite cependant la poursuite des travaux de recherche validant son rôle dans les algorithmes de prise en charge des épanchements pleuraux, en fonction du contexte et de la nature de l'épanchement.

Références

1. Kalantri S., Joshi R., Lokhande T., Singh A., Morgan M., Colford J.M. , Pai M. Accuracy and reliability of physical signs in the diagnosis of pleural effusion. *Respir Med* 2007 ; 101 : 431-8.
2. Patterson L., Costantino T., Satz W. Diagnosing pleural effusion : a prospective comparison of physical examination with bedside ultrasonography. *Ann Emerg Med* 2004 ; 44 : S112.
3. Guarino J.R., Guarino J.C. Auscultatory percussion : a simple method to detect pleural effusion. *J Gen Intern Med* 1994 ; 9 : 71-4.
4. Bohadana A., Coimbra F., Santiago J. Detection of lung abnormalities by auscultatory percussion : a comparative study with conventional percussion. *Respiration* 1986 ; 50 : 218-25.
5. Bourke S., Nunes D., Stafford F., Hurley G., Graham I. Percussion of the chest re-visited : a comparison of the diagnostic value of auscultatory and conventional chest percussion. *Ir J Med Sci* 1989 ; 158 : 82-4.
6. Lichtenstein D., Goldstein I., Mourgeon E., Cluzel P., Grenier P., Rouby J.J. Comparative diagnostic performances of auscultation, chest radiography, and lung ultrasonography in acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiology* 2004 ; 100 : 9-15.
7. Ma O.J., Mateer J.R., Ogata M., Kefer M.P., Wittmann D., Aprahamian C. Prospective analysis of a rapid trauma ultrasound examination performed by emergency physicians. *J Trauma* 1995 ; 38 : 879-85.
8. Ma O.J. and Mateer J.R. Trauma ultrasound examination versus chest radiography in the detection of hemothorax. *Ann Emerg Med* 1997 ; 29 : 312-5 ; discussion 5-6.
9. Rozycki G.S., Pennington S.D. and Feliciano D.V. Surgeon-performed ultrasound in the critical care setting : its use as an extension of the physical examination to detect pleural effusion. *J Trauma* 2001 ; 50 : 636-42.
10. Sisley A.C., Rozycki G.S., Ballard R.B., Namias N., Salomone J.P., Feliciano D.V. Rapid detection of traumatic effusion using surgeon-performed ultrasonography. *J Trauma* 1998 ; 44 : 291-6 ; discussion 6-7.
11. Brooks A., Davies B., Smethurst M., Connolly J. Emergency ultrasound in the acute assessment of haemothorax. *Emerg Med J* 2004 ; 21 : 44-6.
12. Roch A., Bojan M., Michelet P., Romain F., Bregeon F., Papazian L., Auffray J.P. Usefulness of ultrasonography in predicting pleural effusions > 500 mL in patients receiving mechanical ventilation. *Chest* 2005 ; 127 : 224-32.

13. Vignon P., Chastagner C., Berkane V., Chardac E., François B., Normand S., Bonnard M., Clavel M., Pichon N., Preux P.M., Maubon A., Gastinne H. Quantitative assessment of pleural effusion in critically ill patients by means of ultrasonography. *Crit Care Med* 2005 ; 33 : 1757-63.
14. Eibenberger K.L., Dock W.I., Ammann ME, Dorffner R, Hörmann MF, Grabenwöger F. Quantification of pleural effusions : sonography versus radiography. *Radiology* 1994 ; 191 : 681-4.
15. Kirkpatrick A.W., Sirois M., Ball C.G., Laupland K.B., Goldstein L., Hameed M., Brown D.R., Simons R.K., Kortbeek J., Dulchavsky S., Boulanger B.B. The hand-held ultrasound examination for penetrating abdominal trauma. *Am J Surg* 2004 ; 187 : 660-5.
16. Grimberg A., Shigueoka D.C., Atallah A.N., Ajzen S., Lared W. Diagnostic accuracy of sonography for pleural effusion : systematic review. *Sao Paulo Med J* 2010 ; 128 : 90-5.
17. Dulchavsky S.A., Schwarz K.L., Kirkpatrick A.W., Billica R.D., Williams D.R., Diebel L.N., Campbell M.R., Sargsyan A.E., Hamilton D.R. Prospective evaluation of thoracic ultrasound in the detection of pneumothorax. *J Trauma* 2001 ; 50 : 201-5.
18. Lichtenstein D., Hulot J.S., Rabiller A., Tostivint I., Mezière G. Feasibility and safety of ultrasound-aided thoracentesis in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med* 1999 ; 25 : 955-8.
19. Mayo P.H., Goltz H.R., Tafreshi M., Doelken P. Safety of ultrasound-guided thoracentesis in patients receiving mechanical ventilation. *Chest* 2004 ; 125 : 1059-62.
20. Galbois A., Ait-Oufella H., Baudel J.L., Kofman T., Bottero J., Viennot S., Rabate C., Jabbouri S., Bouzeman A., Guidet B., Offenstadt G., Maury E. Pleural ultrasound compared with chest radiographic detection of pneumothorax resolution after drainage. *Chest* 2010 ; 138 : 648-55.
21. Lichtenstein D.A. and Menu Y. A bedside ultrasound sign ruling out pneumothorax in the critically ill. Lung sliding. *Chest* 1995 ; 108 : 1345-8.
22. Lichtenstein D., Mezière G., Biderman P., Gepner A. The comet-tail artifact : an ultrasound sign ruling out pneumothorax. *Intensive Care Med* 1999 ; 25 : 383-8.
23. Sargsyan A.E., Hamilton D.R., Nicolaou S., Kirkpatrick A.W., Campbell M.R., Billica R.D., Dawson D., Williams D.R., Melton S.L., Beck G., Forkheim K., Dulchavsky S.A. Ultrasound evaluation of the magnitude of pneumothorax : a new concept. *Am Surg* 2001 ; 67 : 232-5 ; discussion 5-6.
24. Wilkerson R.G., Stone M.B. Sensitivity of bedside ultrasound and supine antero-posterior chest radiographs for the identification of pneumothorax after blunt trauma. *Acad Emerg Med*. 2010 ; 17 : 11-7.
25. Ruskin J.A., Gurney J.W., Thorsen M.K., Goodman L.R. Detection of pleural effusions on supine chest radiographs. *AJR Am J Roentgenol*. 1987 ; 148 : 681-3.
26. Emamian S.A., Kaasbol M.A., Olsen J.F., Pedersen J.F. Accuracy of the diagnosis of pleural effusion on supine chest X-ray. *Eur Radiol*. 1997 ; 7 : 57-60.
27. Kitazono M.T., Lau C.T., Parada A.N., Renjen P., Miller W.T. Jr. Differentiation of pleural effusions from parenchymal opacities : accuracy of bedside chest radiography. *AJR Am J Roentgenol*. 2010 ; 194 : 407-12.
28. Woodring J.H. Recognition of pleural effusion on supine radiographs : how much fluid is required ? *AJR Am J Roentgenol*. 1984 ; 142 : 59-64.
29. Noppen M., Alexander P., Driesen P., Slabbynck H., Verstraete A. Quantification of the size of primary spontaneous pneumothorax : accuracy of the Light index. *Respiration* 2001 ; 68 : 396-9.

30. Kelly A.M., Weldon D., Tsang A.Y., Graham C.A. Comparison between two methods for estimating pneumothorax size from chest X-rays. *Respir Med* 2006 ; 100 : 1356-9.
31. Marquette C.H., Marx A., Leroy S., Vaniet F., Ramon P., Caussade S., Smaiti N., Bonfils C. Simplified stepwise management of primary spontaneous pneumothorax : a pilot study. *Eur Respir J* 2006 ; 27 : 470-6.
32. Henry M.T. Simple sequential treatment for primary spontaneous pneumothorax : one step closer. *Eur Respir J* 2006 ; 27 : 448-50.
33. Noppen M. Pneumothorax size. *Respir Med* 2006 ; 100 : 147.
34. Rozycki G.S., Pennington S.D., Feliciano D.V. Surgeon-performed ultrasound in the critical care setting : its use as an extension of the physical examination to detect pleural effusion. *J Trauma*. 2001 ; 50 (4) : 636-42.
35. American College of Emergency Physicians. Emergency ultrasound guidelines. *Ann Emerg Med*. 2009 ; 53 (4) : 550-70.

