

Ultrasonographie en traumatologie : des données scientifiques à la pratique de terrain

L. MARTIN

FAST-échographie en 10 points

- Examens simples, rapides, d'apprentissage aisé de diagnostic étiologique des défaillances vitales : respiratoire (échographies pleurales et radiographie de thorax de face), hémodynamique (échographies abdominale, péricardique et pleurales, et radio de bassin de face), neurologique par le Doppler Trans-crânien (non traité ici).
- Orientation vers thérapeutique adéquate dans la majorité des cas (éviter les décès regrettables au cours du bilan complémentaire).
- Échographie abdominale (Focus Abdominale Sonography for Trauma) recherche un hémopéritoine indiquant une laparotomie thérapeutique en urgence avec d'excellentes valeurs diagnostiques.
- Évaluation du péricarde pour diagnostic d'hémopéricarde responsable d'une tamponnade justifiant le drainage.
- Échographie pleurale postérieure à la recherche d'un hémothorax justifiant le drainage.
- Échographie pleurale antérieure à la recherche d'un pneumothorax.
- Excellentes valeurs diagnostiques pour ces trois examens et sécurisation des actes thérapeutiques (drainage).
- Échographie des vaisseaux fémoraux, des veines périphériques pour l'aide aux cathétérismes artériel et veineux.

Correspondance : Réveil Réanimation chirurgicale, CHU de Bicêtre, 78, rue du Général Leclerc 94275 Le Kremlin Bicêtre cedex. Tél. : 01 45 21 21 21 poste 14276. E-mail : laurent.martin@bct.aphp.fr

- Qui doit faire ces examens ? Médecin d'accueil (immédiatement disponible 24 h/24 h) en tandem interactif avec le radiologue.
- Au total, excellentes valeurs de l'échographie d'aide à l'orientation thérapeutique en un minimum de temps et sécurisation des gestes techniques.
- Création d'une « FAST à la française » intégrant tous ces examens.

Chez les patients nécessitant des soins intensifs (urgence, réanimation...), les techniques ultrasonores ont été l'une des avancées diagnostiques incontestables des 20 dernières années et sont largement utilisées, aidant notamment au diagnostic étiologique des défaillances vitales et participant au monitoring de ces défaillances :

- le doppler transcrânien (DTC) en cas de défaillance neurologique, particulièrement traumatique ;
- l'échographie pleuro-pulmonaire lors d'une détresse respiratoire tout en sécurisant les gestes techniques (1) ;
- l'échographie péricardique et abdominale dans le cadre d'une détresse hémodynamique... (2).

Devant les multiples utilisations des ultrasons, que faut-il retenir sur l'aire d'accueil chez le patient polytraumatisé ou suspect de l'être et comment les réaliser ?

Il s'agit d'applications simples, rapides, d'apprentissage aisé, considérées comme une extension de l'examen clinique. Celles-ci nous guident sur l'étiologie d'une instabilité neurologique, respiratoire, hémodynamique avec notamment la quête de l'origine d'un choc hémorragique sans oublier les causes obstructives sous-estimées.

Bien que le DTC fasse partie intégrante de cette évaluation initiale, l'intérêt de celui-ci a été décrit dans ce domaine et nous limiterons dans cet exposé aux échographies initiales (sans doppler) du traumatisé :

- abdominale et péricardique regroupée dans la littérature sous le terme de FAST (Focus Abdominal Sonography for Trauma) (3) ;
- pleurales (4) ;
- et d'aide au cathétérisme y compris périphérique.

La place et les intérêts de la réalisation préhospitalière de la FAST seront enfin abordés dans un dernier chapitre.

Les autres applications des ultrasons en traumatologie, plus spécialisées, plus complexes, et pouvant souvent être différées de la prise en charge initiale, ne seront pas abordées.

1. Préambule

L'évaluation ultrasonore initiale du traumatisé est réalisée par un échographe en mode bidimensionnel avec une sonde de 2 à 5 mégahertz. La puissance, le gain et la profondeur de l'image sont adaptés à chaque localisation. Ces échographies sont réalisées en décubitus dorsal avec la vessie en réplétion.

2. Échographie abdominale du traumatisé

L'exploration abdominale de la FAST se décompose en 3 fenêtres acoustiques : le pelvis, l'hypocondre droit et gauche.

Le but est de rechercher un épanchement liquidien (anéchoïque) dans les trois aires prédéfinies où l'accumulation de celui-ci semble être préférentiel et où la présence d'organes pleins renforce les contrastes (5).

2.1. Technique (6)

Au niveau de l'hypocondre droit, la sonde d'échographie est disposée parallèlement aux espaces intercostaux, sur la ligne axillaire antérieure entre le 12^e et le 11^e espace intercostal. Cette fenêtre échographique permet de visualiser :

- le foie, le rein, le diaphragme.

Au niveau de l'hypocondre gauche, le capteur se place sur la ligne axillaire postérieure entre le 10^e et le 11^e espace intercostal évaluant :

- la rate, le rein, le diaphragme.

L'examen de ces deux aires permet de visualiser un épanchement liquidien entre ces différentes structures.

Au niveau du pelvis, la sonde est positionnée au-dessus de la symphyse pubienne avec une direction sagittale réalisant une coupe de la vessie. L'examen recherche un épanchement liquidien périvésical, et dans le cul-de-sac de Douglas.

2.2. Valeurs diagnostiques de la FAST abdominale

Les valeurs diagnostiques de cet examen présentent une grande variabilité, principalement de la sensibilité (42 % à 100 %) dans la littérature (7, 8).

Ces différences s'expliquent par un grand nombre de facteurs :

- population étudiée et type de traumatisme ;
- définition du ou des examen(s) de références ;
- critère principal de jugement choisi ;
- organisation dans le temps de l'échographie (délai traumatisme - ultrasons, délai ultrasons - confirmation).

2.2.1. Type de traumatisme

La plupart des études publiées concernent des traumatismes fermés. En effet, les traumatismes pénétrants sont peu évalués dans la littérature Rozycki, 1995 #10 ; Udobi, 2001 #66. La seule étude exclusivement dédiée retrouve une sensibilité de FAST de 46 % et une spécificité de 94 %. Cette faible sensibilité sur un petit collectif de patients (n = 75) s'explique par de nombreux faux négatifs présentant des plaies des organes creux et du diaphragme, non ou mal évaluées par l'échographie (9).

2.2.2. Statut hémodynamique au moment de l'examen

Chez les patients présentant une instabilité hémodynamique, la sensibilité est de 100 % et la spécificité de 94 à 100 % sur un collectif de 119 patients (5, 10, 11).

La diminution de la spécificité dans une étude s'explique par une rapidité excessive de l'examen échographique (19 secondes !) et par la définition de l'instabilité hémodynamique (1 épisode d'hypotension transitoire et régressif chez les faux positifs) (11).

Ces « faux positifs » posent la question de la quantification d'un épanchement intrapéritonéal.

2.2.3. Quantification de l'épanchement

Le seuil de détection de l'échographie semble être de 150 à 250 mL de liquide intrapéritonéal (12), et la sensibilité de détection est de 97 % pour un épanchement de l'ordre de 600 mL (13, 14).

Le biais méthodologique de ces trois études est la réalisation de l'épanchement par une ponction lavage péritonéale ou un cathéter de dialyse péritonéale (problème de répartition intra-abdominale du fluide instillé en sous mésocolique, ascite préexistante, cloisonnement péritonéal...).

2.2.4. Choix du ou des examen(s) de comparaison avec l'échographie

Les valeurs diagnostiques de FAST dépendent également du standard de comparaison.

La plupart des études anciennes comparent l'échographie abdominale au suivi clinique, à la laparotomie, à la ponction lavage du péritoine, à la tomодensitométrie (TDM) abdominale et souvent à tous ces items ce qui rend confus l'analyse des résultats.

Une seule étude récente réalise une comparaison systématique échographie versus TDM abdominale sur un collectif important (n = 359) (7).

Le critère principal de jugement est la mise en évidence de liquide libre intrapéritonéal. Ces auteurs retrouvent la plus faible sensibilité de la littérature (42 %), avec une bonne spécificité (98 %), une valeur prédictive positive de 67 %, et une valeur prédictive négative de 93 %.

Cependant, 18 des 22 faux négatifs présentent des hémopéritoines inférieurs à 200 mL. Lorsque ces « faux négatifs » ne sont pas pris en considération, la sensibilité est alors de 90 %. De plus, la localisation de ces épanchements n'est pas toujours dans le champ d'exploration de la FAST (liquide interanse...). Enfin, le délai entre la TDM et l'échographie peut expliquer l'apparition de l'épanchement dans ce laps de temps (une heure).

2.2.5. Critère principal de jugement

Ce critère, fixé par les auteurs, est extrêmement variable : indication de laparotomie en urgence, de laparotomie pendant l'hospitalisation, présence de lésions parenchymateuses, présence d'épanchement libre intra-abdominal...

Lorsque l'on retient l'indication de laparotomie thérapeutique (LT), la sensibilité de FAST varie de 89 % à 100 % et la spécificité est de 97 à 100 % dans 4 études incluant plus de 7 000 patients (8, 15-17).

Les études dont la sensibilité est inférieure à 100 %, incluent des LT réalisées pour des lésions du grêle mise en évidence plus de 24 h après l'admission du patient, ce qui sort du cadre des renseignements demandés à l'échographie sur l'aire d'accueil du traumatisé (15, 17).

Néanmoins, il existe des faux positifs de la FAST abdominale (graisse périrénale, hémothorax associé...) (9). De plus, des patients peuvent présenter des épanchements préexistants au traumatisme (ascite médicale, lame liquidienne pelvienne minime physiologique isolée chez la femme) (18).

Lorsque le principal critère de jugement est la mise en évidence de toutes les lésions abdominales, y compris intraparenchymateuses sans épanchement libre (anomalies d'échogénicité des organes pleins), ces études dépassent le cahier des charges de FAST.

Les valeurs diagnostiques s'effondrent :

- la sensibilité est de 57 % pour toutes les lésions hépatiques (19) ;
 - la sensibilité est de 93 % pour une lésion splénique isolée (20) ;
 - la sensibilité pour une lésion rénale isolée est de 22 % (21) ;
 - la sensibilité est de 22 à 44 % en ce qui concerne les lésions des organes creux.
- Ces valeurs s'expliquent par des lésions sans hémopéritoine, un délai diagnostique plus d'une fois sur deux supérieurs à 12 h et enfin la localisation de l'épanchement en dehors du champ d'exploration des aires prédéfinies (22, 23).

Par ailleurs, un certain nombre d'organes est mal exploré par la FAST, notamment les surrénales, le pancréas, les lésions vasculaires intra-abdominales et le rétropéritoine (7, 15, 17).

Tous ces arguments confirment l'importance de la FAST comme examen de dépistage initial et la TDM abdominale injectée comme la modalité d'imagerie définitive des traumatisés abdominaux stables (7, 21).

2.2.6. Influence des délais

L'échographie trop précoce après le traumatisme et le délai de confirmation diagnostique variant d'une heure (tomodensitométrie) (7) à plusieurs jours... (15) influent fortement les valeurs diagnostiques, principalement la sensibilité de FAST en augmentant les « faux négatifs » possiblement vrai négatif au moment précis de l'examen (saignement insidieux) (5, 24).

Ces constatations conduisent à recommander la répétition de FAST par de nombreux auteurs sans qu'il n'y ait de précision en ce qui concerne le nombre d'échographie et leur éventuel positionnement dans le temps (6, 20, 25).

Les indications de répétitions de la FAST semblent être :

- après drainage un épanchement adjacent (hémothorax) (5) ;
- après stabilisation du patient notamment lorsque l'échographie est réalisée en grande instabilité hémodynamique ;
- devant l'apparition secondaire d'une détresse vitale ;
- devant la persistance d'une instabilité hémodynamique malgré une échographie initiale négative ce d'autant qu'elle a été très précoce (24) ;
- devant la présence d'un épanchement minime initial, en mettant en exergue l'aspect dynamique (évolution quantitative de l'épanchement).

2.2.7. *Échographie opérateur dépendant*

L'influence de l'expérience de l'opérateur est mise en évidence dans deux études (26, 27). Les valeurs diagnostiques (sensibilité, spécificité, valeur prédictive négative) sont améliorées parallèlement à l'expérience de l'opérateur.

2.2.8. *Échographie indéterminée*

L'examen ultrasonore est non contributif dans 1 à 6,7 % des cas, (résultats indéterminés) (8, 17, 28) :

- facteurs dépendant du patient deux fois sur trois : emphysème sous-cutané, obésité ;
- sinon, facteurs dépendant de l'opérateur : manque d'expérience, image équivoque ou mauvais positionnement de la sonde.

3. **Échographie péricardique**

3.1. **Technique**

La fenêtre péricardique sous-xyphoïdienne permettant une coupe cardiaque sous-costale avec la sonde dirigée vers l'épaule gauche est intégrée dans la FAST.

Cet examen permet de faire le diagnostic d'épanchement péricardique justifiant son évacuation chez un patient instable hémodynamiquement (29).

3.2. **Valeurs diagnostiques**

L'échographie sous-xyphoïdienne possède d'excellentes valeurs diagnostiques (sensibilité de 100 % et spécificité de 99 à 100 %) sur un collectif global de 781 traumatismes pénétrants et fermés (2, 30, 31).

Des cas cliniques rappellent l'importance de la recherche de causes d'épanchement péricardique préexistantes chez les patients présentant un épanchement en

situation hémodynamique stable (âge de plus de 65 ans, antécédents d'insuffisance rénale ou cardiaque, de néoplasie, d'irradiation...) (32).

Une étude retrouve un effondrement de la sensibilité de l'examen (de 100 à 20 %) chez les patients présentant un hémothorax gauche associé sans affecter la spécificité (33). L'échographie doit donc être répétée après drainage des épanchements adjacents.

Cet examen est impossible dans 1 % à 4 % des cas (emphysème sous-cutané).

En présence d'images équivoques, il est recommandé de compléter l'examen par une échocardiographie complète (2) ou par une ETO (34).

4. Échographie pleuro-pulmonaire

Cet examen est réalisé avec le même matériel que la FAST, mais n'est pas intégré dans l'examen d'accueil des traumatisés de la littérature anglo-saxonne.

4.1. Échographie pleurale postérieure

Son but est le diagnostic d'un hémothorax chez un patient instable hémodynamiquement justifiant le drainage.

4.1.1. Techniques et critères diagnostiques

La position de la sonde sera latéro-postérieure dans les deux hypochondres pour les épanchements liquidiens (déclives).

Cette recherche est réalisée dans le même temps que la partie abdominale (hypochondres) de la FAST.

Les critères échographiques d'épanchement pleural liquidien sont bien définis : il s'agit d'une image anatomique hypodense localisée au-dessus du diaphragme entre la plèvre pariétale et viscérale et surtout présentant une variation respiratoire de la distance interpleurale (influence de la pression thoracique sur cet épanchement).

Ce dernier élément confirme la nature fluide de cet épanchement (différent du caillot-thorax non compressible) (35).

4.1.2. Valeurs diagnostiques

La sensibilité de cet examen est bonne variant de 84 à 97 %, et la spécificité est de 100 % sur un collectif global de 953 traumatismes pénétrants ou fermés. Les faux négatifs sont les épanchements très postérieurs mis en évidence par la tomodensitométrie thoracique (en dessous du seuil de détection de l'échographie : 100 ml) (31, 36-40).

4.2. Échographie pleurale antérieure

La finalité de cet examen est le diagnostic des pneumothorax antérieurs.

4.2.1. Technique et critères diagnostiques

La sonde est positionnée à la face antérieure du thorax (ligne médio-claviculaire) au niveau des différents espaces intercostaux.

Le diagnostic repose sur la localisation échographique de la plèvre viscérale en confirmant son accollement à la plèvre pariétale par :

- le glissement pleural qui est la visualisation du mouvement des plèvres l'une par rapport à l'autre. Sa présence élimine un pneumothorax (35) ;
- les queues de comète qui 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). Leurs présences antérieures éliminent un pneumothorax (41).

En revanche, l'absence de ces deux signes n'affirme pas totalement le pneumothorax.

Seul le « point poumon » stigmatise le point de jonction entre l'accolement pleural normal et le pneumothorax présente une spécificité de 100 % et distingue la limite latérale du décollement pleural antérieur (42).

On enregistre alors en un même point du thorax l'alternance de signes de pneumothorax puis de plèvres normalement accolées en fonction du cycle respiratoire. La sensibilité de ce signe n'est pas bonne (66 %) puisqu'il n'existe qu'en cas de pneumothorax antérieur avec zone d'accolement latérale mais les pneumothorax de grande taille sans point poumon sont visibles sur la radiographie de thorax de face (43).

4.2.2. Valeurs diagnostiques chez le traumatisé

Une étude compare l'échographie pleurale antérieure à la radiographie de thorax de face (RP) et retrouve une sensibilité de 95 % de l'échographie (44) mais la RP n'est pas adaptée pour valider l'échographie au vue de sa mauvaise sensibilité en ce qui concerne le diagnostic de pneumothorax antérieur (< 50 %).

La comparaison de cet examen ultrasonore initial à la tomodensitométrie thoracique a été réalisée chez les traumatisés (n = 283) et retrouve une sensibilité de 87 %, une valeur prédictive négative de 96 % et une spécificité de 100 % (45, 46).

50 % des pneumothorax n'étaient pas détectables sur le cliché de radiographie de thorax de face standard (RP). L'association RP-échographie pleurale antérieure améliore la sensibilité du diagnostic de pneumothorax (97 %).

L'échographie pleurale antérieure est impossible dans 0,5 à 1 % des cas (emphysème sous-cutané) (44).

5. Échographie vasculaire d'aide à la pose des cathéters veineux et artériels fémoraux

La littérature concernant l'écho-guidage du cathétérisme veineux est pauvre pour le territoire fémoral (47).

Une seule étude compare le repérage échographique au repérage anatomique lors de la pose de cathéters veineux fémoraux sur des patients en arrêt cardiaque. L'échographie diminue le nombre de tentatives ($p < 0,001$), le nombre de ponction artérielle accidentelle ($p < 0,05$) et augmente le taux de succès du cathétérisme (non significatif) (48).

Cet écho-guidage est recommandé chez les patients difficiles, lorsque l'opérateur est débutant, et enfin lorsqu'il existe un échec de la ponction par repérage anatomique (47).

6. Quel médecin doit réaliser ces examens ?

L'opérateur doit être immédiatement disponible 24 h/24 pour les échographies initiales de et les éventuelles répétitions.

Ce médecin doit être compétent pour toutes ces localisations. Le radiologue n'a pas toujours les compétences en dehors de l'abdomen par définition. Le clinicien doit donc être formé à ces échographies. Les deux praticiens constituent alors un tandem interactif permettant un contrôle, un échange de compétence, la poursuite de l'apprentissage, et de facto la répétition précoce de l'examen abdominal.

Dans la plupart des études citées dans cet exposé, les médecins réalisant les examens ne sont pas radiologues ou cardiologues (4, 30, 49, 50).

La comparaison entre ces spécialistes et les cliniciens formés ne met pas en évidence de différence sur les valeurs diagnostiques de l'échographie (33, 50).

7. Gain de temps par les ultrasons à la phase initiale

La majorité des études mettent en évidence un gain de temps généré par l'échographie en comparaison aux techniques conventionnelles y compris dans la réalisation de gestes thérapeutiques :

- le pneumothorax est confirmé en 2 à 3 min vs 10 à 15 min par la RP (44) ;
- l'hémithorax est confirmé en 1 min vs 15 min par la RP ($p < 0,001$) (36, 38).

L'échographie péricardique permet un diagnostic en 50 s vs 30 à 40 minutes par la fenêtre péricardique chirurgicale (30), permettant un raccourcissement

significatif du délai de début de la chirurgie et de la survie (comparaison de cohorte historique) (51).

La FAST abdominale (réalisée en 2 à 4 min) (4, 7, 25) raccourcit le délai diagnostique des traumatisés fermés abdominaux de façon significative 48 min versus 117 min ($p < 0,001$) (28).

8. Quelles est la place de ces examens en préhospitalier ?

La Prehospital-FAST (P-FAST) (52) :

- est totalement réalisable dans les conditions préhospitalières ;
- ne rallonge pas les délais de prise en charge (durée de 1 à 6 minutes sur 885 patients) ;
- sécurise les gestes techniques urgents (drainage péricardique et pleural) et facilite les abords vasculaires (53) ;
- permet un diagnostic précis et plus précoce avec une sensibilité de 93 % et une spécificité de 99 % (54) ;
- peut entraîner un changement potentiel d'hôpital d'admission (55) ;
- pourra jouer un rôle pour le triage préhospitalier, notamment en situation d'afflux de victimes (56) ;
- mais n'apporte pas encore la preuve de l'amélioration du traitement des traumatisés (54).

Une étude allemande retrouve sur 971 interventions, la nécessité des ultrasons dans 17 % des cas (toutes pathologies confondues) particulièrement en traumatologies (34 % des indications). La P-FAST étant réalisée pendant le transport avec une durée inférieure à 3 minutes (53).

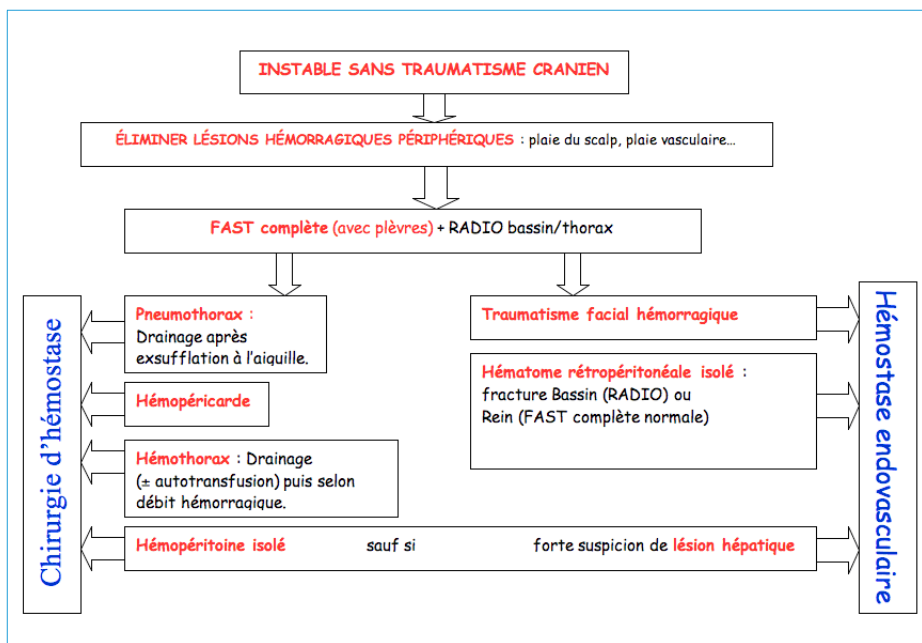
La seule particularité préhospitalière est la gêne occasionnée par la luminosité sur la visualisation de l'écran (52).

9. Proposition de prise charge en fonction des résultats de la FAST

L'organigramme suivant intègre les résultats de la FAST dans l'orientation thérapeutique du patient.

Dans tous les cas, il est indispensable de **répéter** les examens ultrasonores si l'instabilité hémodynamique persiste malgré l'orientation thérapeutique. En revanche, si le patient est stabilisé, il conviendra de le diriger vers la tomodensitométrie corps entier pour parfaire le bilan diagnostic lésionnel exhaustif.

Si le patient présente de multiples lésions dont une est embolisable, il est recommandé de privilégier l'hémostase endovasculaire en première intention.



Devant un patient hémodynamiquement **instable avec traumatisme crânien**, le DTC associé permet une optimisation hémodynamique (PAM) et respiratoire (EtCO₂) éventuellement associées à une osmothérapie par Sérum Salé Hypertonique.

Dans ce cas précis, le traitement de l'instabilité hémodynamique est prioritaire sur le traumatisme crânien tout en essayant de réaliser des traitements contemporains.

10. Conclusion

En gardant à l'esprit que l'hémopéritoine n'est pas le seul indicateur de lésions intra-abdominales traumatiques, la FAST fait le diagnostic d'hémopéritoine chirurgical avec d'excellentes valeurs diagnostiques particulièrement chez les patients instables sur le plan hémodynamique.

L'échographie pleuro-pulmonaire paraît intéressante dans le cas des épanchements pleuraux compressifs, en complément de la radiographie pulmonaire, et doit être intégré à la FAST.

L'échographie péricardique élimine la part de tamponnade dans une instabilité hémodynamique d'étiologie souvent mixte chez les polytraumatisés.

Ces différents examens de dépistage d'urgence extrême en complément de la radiographie pulmonaire et de bassin permettent d'orienter le patient vers la thérapeutique la plus appropriée (16).

Ils ne dispensent en aucun cas de la tomodensitométrie thoraco-abdominale injectée qui reste le Gold standard dans la recherche de lésions traumatiques particulièrement chez les patients stables ou stabilisés sur le plan vital.

La place de la P-FAST reste à définir dans les algorithmes de prise en charge.

La formation des cliniciens accueillant des traumatisés doit être poursuivie et de nombreux aspects restent à évaluer par des études ultérieures (quantification, apprentissage de l'échographie pleurale...).

Références bibliographiques

1. Lichtenstein D., Hulot J.S., Rabiller A., Tostivint I., Meziere G. Feasibility and safety of ultrasound-aided thoracentesis in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med.* 1999 Sep ; 25 (9) : 955-8.
2. Mandavia D.P., Hoffner R.J., Mahaney K., Henderson S.O. Bedside echocardiography by emergency physicians. *Ann Emerg Med.* 2001 Oct ; 38 (4) : 377-82.
3. Rozycki G.S., Ochsner M.G., Jaffin J.H., Champion H.R. Prospective evaluation of surgeons' use of ultrasound in the evaluation of trauma patients. *J Trauma.* 1993 Apr ; 34 (4) : 516-26 ; discussion 26-7.
4. 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 Jun ; 38 (6) : 879-85.
5. Rozycki G.S., Ballard R.B., Feliciano D.V., Schmidt J.A., Pennington S.D. Surgeon-performed ultrasound for the assessment of truncal injuries: lessons learned from 1540 patients. *Ann Surg.* 1998 Oct ; 228 (4) : 557-67.
6. Rozycki G.S., Ochsner M.G., Schmidt J.A., Frankel H.L., Davis T.P., Wang D. et al. A prospective study of surgeon-performed ultrasound as the primary adjuvant modality for injured patient assessment. *J Trauma.* 1995 Sep ; 39 (3) : 492-8 ; discussion 8-500.
7. Miller M.T., Pasquale M.D., Bromberg W.J., Wasser T.E., Cox J. Not so FAST. *J Trauma.* 2003 Jan ; 54 (1) : 52-9 ; discussion 9-60.
8. Bode P.J., Edwards M.J., Kruit M.C., van Vugt A.B. Sonography in a clinical algorithm for early evaluation of 1671 patients with blunt abdominal trauma. *AJR Am J Roentgenol.* 1999 Apr ; 172 (4) : 905-11.
9. Udobi K.F., Rodriguez A., Chiu W.C., Scalea T.M. Role of ultrasonography in penetrating abdominal trauma: a prospective clinical study. *J Trauma.* 2001 Mar ; 50 (3) : 475-9.
10. McKenney K.L., McKenney M.G., Cohn S.M., Compton R., Nunez D.B., Dolich M. et al. Hemoperitoneum score helps determine need for therapeutic laparotomy. *J Trauma.* 2001 Apr ; 50 (4) : 650-4.
11. Wherrett L.J., Boulanger B.R., McLellan B.A., Brenneman F.D., Rizoli S.B., Culhane J. et al. Hypotension after blunt abdominal trauma: the role of emergent abdominal sonography in surgical triage. *J Trauma.* 1996 Nov ; 41 (5) : 815-20.
12. Goldberg B.B., Goodman G.A., Clearfield H.R. Evaluation of ascites by ultrasound. *Radiology.* 1970 Jul ; 96 (1) : 15-22.
13. Branney S.W., Wolfe R.E., Moore E.E., Albert N.P., Heinig M., Mestek M. et al. Quantitative sensitivity of ultrasound in detecting free intraperitoneal fluid. *J Trauma.* 1995 Aug ; 39 (2) : 375-80.

14. Von Kuenssberg Jehle D., Stiller G., Wagner D. Sensitivity in detecting free intraperitoneal fluid with the pelvic views of the FAST exam. *Am J Emerg Med.* 2003 Oct ; 21 (6) : 476-8.
15. Brown M.A., Casola G., Sirlin C.B., Patel N.Y., Hoyt D.B. Blunt abdominal trauma: screening us in 2,693 patients. *Radiology.* 2001 Feb ; 218 (2) : 352-8.
16. Peytel E., Menegaux F., Cluzel P., Langeron O., Coriat P., Riou B. Initial imaging assessment of severe blunt trauma. *Intensive Care Med.* 2001 Nov ; 27 (11) : 1756-61.
17. Dolich M.O., McKenney M.G., Varela J.E., Compton R.P., McKenney K.L., Cohn S.M. 2,576 ultrasounds for blunt abdominal trauma. *J Trauma.* 2001 Jan ; 50 (1) : 108-12.
18. Sirlin C.B., Casola G., Brown M.A., Patel N., Bendavid E.J., Deutsch R. et al. Us of blunt abdominal trauma: importance of free pelvic fluid in women of reproductive age. *Radiology.* 2001 Apr ; 219 (1) : 229-35.
19. Richards J.R., McGahan J.P., Pali M.J., Bohnen P.A. Sonographic detection of blunt hepatic trauma: hemoperitoneum and parenchymal patterns of injury. *J Trauma.* 1999 Dec ; 47 (6) : 1092-7.
20. Goletti O., Ghiselli G., Lippolis P.V., Chiarugi M., Braccini G., Macaluso C. et al. The role of ultrasonography in blunt abdominal trauma: results in 250 consecutive cases. *J Trauma.* 1994 Feb ; 36 (2) : 178-81.
21. McGahan J.P., Richards J.R., Jones C.D., Gerscovich E.O. Use of ultrasonography in the patient with acute renal trauma. *J Ultrasound Med.* 1999 Mar ; 18 (3) : 207-13 ; quiz 15-6.
22. Richards J.R., McGahan J.P., Simpson J.L., Tabar P. Bowel and mesenteric injury: evaluation with emergency abdominal US. *Radiology.* 1999 May ; 211 (2) : 399-403.
23. Stassen N.A., Lukan J.K., Carrillo E.H., Spain D.A., Richardson J.D. Abdominal seat belt marks in the era of focused abdominal sonography for trauma. *Arch Surg.* 2002 Jun ; 137 (6) : 718-22 ; discussion 22-3.
24. Henderson S.O., Sung J., Mandavia D. Serial abdominal ultrasound in the setting of trauma. *J Emerg Med.* 2000 Jan ; 18 (1) : 79-81.
25. Porter R.S., Nester B.A., Dalsey W.C., O'Mara M., Gleeson T., Pennell R. et al. Use of ultrasound to determine need for laparotomy in trauma patients. *Ann Emerg Med.* 1997 Mar ; 29 (3) : 323-30.
26. Forster R., Nerlich M., Muggia-Sullam M., Pohlemann T., Wippermann B., Regel G. et al. Blunt abdominal trauma in cases of multiple trauma evaluated by ultrasonography: a prospective analysis of 291 patients. *J Trauma.* 1992 Apr ; 32 (4) : 452-8.
27. Gracias V.H., Frankel H.L., Gupta R., Malcynski J., Gandhi R., Collazzo L. et al. Defining the learning curve for the Focused Abdominal Sonogram for Trauma (FAST) examination: implications for credentialing. *Am Surg.* 2001 Apr ; 67 (4) : 364-8.
28. Boulanger B.R., Brennehan F.D., Kirkpatrick A.W., McLellan B.A., Nathens A.B. The indeterminate abdominal sonogram in multisystem blunt trauma. *J Trauma.* 1998 Jul ; 45 (1) : 52-6.
29. Nagy K.K., Lohmann C., Kim D.O., Barrett J. Role of echocardiography in the diagnosis of occult penetrating cardiac injury. *J Trauma.* 1995 Jun ; 38 (6) : 859-62.
30. Rozycki G.S., Feliciano D.V., Schmidt J.A., Cushman J.G., Sisley A.C., Ingram W. et al. The role of surgeon-performed ultrasound in patients with possible cardiac wounds. *Ann Surg.* 1996 Jun ; 223 (6) : 737-44 ; discussion 44-6.
31. Kirkpatrick A.W. Clinician-performed focused sonography for the resuscitation of trauma. *Crit Care Med.* 2007 May ; 35 (5 S) : S162-72.

32. Lukan J.K., Franklin G.A., Spain D.A., Carrillo E.H. « Incidental » pericardial effusion during surgeon-performed ultrasonography in patients with blunt torso trauma. *J Trauma*. 2001 Apr ; 50 (4) : 743-5.
33. Meyer D.M., Jessen M.E., Grayburn P.A. Use of echocardiography to detect occult cardiac injury after penetrating thoracic trauma: a prospective study. *J Trauma*. 1995 Nov ; 39 (5) : 902-7 ; discussion 7-9.
34. Chirillo F., Totis O., Cavarzerani A., Bruni A., Farnia A., Sarpellon M. et al. Usefulness of transthoracic and transoesophageal echocardiography in recognition and management of cardiovascular injuries after blunt chest trauma. *Heart*. 1996 Mar ; 75 (3) : 301-6.
35. Lichtenstein D.A., Menu Y. A bedside ultrasound sign ruling out pneumothorax in the critically ill. *Lung sliding*. *Chest*. 1995 Nov ; 108 (5) : 1345-8.
36. Ma O.J., Mateer J.R. Trauma ultrasound examination versus chest radiography in the detection of hemothorax. *Ann Emerg Med*. 1997 Mar ; 29 (3) : 312-5 ; discussion 5-6.
37. 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 Apr ; 50 (4) : 636-42.
38. 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 Feb ; 44 (2) : 291-6 ; discussion 6-7.
39. Brooks A., Davies B., Smethhurst M., Connolly J. Emergency ultrasound in the acute assessment of haemothorax. *Emerg Med J*. 2004 Jan ; 21 (1) : 44-6.
40. McEwan K., Thompson P. Ultrasound to detect haemothorax after chest injury. *Emerg Med J*. 2007 Aug ; 24 (8) : 581-2.
41. Lichtenstein D., Meziere G., Biderman P., Gepner A. The comet-tail artifact: an ultrasound sign ruling out pneumothorax. *Intensive Care Med*. 1999 Apr ; 25 (4) : 383-8.
42. Sargsyan A.E., Hamilton D.R., Nicolaou S., Kirkpatrick A.W., Campbell M.R., Billica R.D. et al. Ultrasound evaluation of the magnitude of pneumothorax: a new concept. *Am Surg*. 2001 Mar ; 67 (3) : 232-5 ; discussion 5-6.
43. Lichtenstein D., Meziere G., Biderman P., Gepner A. The « lung point »: an ultrasound sign specific to pneumothorax. *Intensive Care Med*. 2000 Oct ; 26 (10) : 1434-40.
44. Dulchavsky S.A., Schwarz K.L., Kirkpatrick A.W., Billica R.D., Williams D.R., Diebel L.N. et al. Prospective evaluation of thoracic ultrasound in the detection of pneumothorax. *J Trauma*. 2001 Feb ; 50 (2) : 201-5.
45. Zhang M., Liu Z.H., Yang J.X., Gan J.X., Xu S.W., You X.D. et al. Rapid detection of pneumothorax by ultrasonography in patients with multiple trauma. *Crit Care*. 2006 ; 10 (4) : R112.
46. Brook O.R., Beck-Razi N., Abadi S., Filatov J., Iivitzki A., Litmanovich D. et al. Sonographic detection of pneumothorax by radiology residents as part of extended focused assessment with sonography for trauma. *J Ultrasound Med*. 2009 Jun ; 28 (6) : 749-55.
47. Muhm M. Ultrasound guided central venous access. *Bmj*. 2002 Dec 14 ; 325 (7377) : 1373-4.
48. Hilty W.M., Hudson P.A., Levitt M.A., Hall J.B. Real-time ultrasound-guided femoral vein catheterization during cardiopulmonary resuscitation. *Ann Emerg Med*. 1997 Mar ; 29 (3) : 331-6 ; discussion 7.
49. McKenney M.G., McKenney K.L., Compton R.P., Namias N., Fernandez L., Levi D. et al. Can surgeons evaluate emergency ultrasound scans for blunt abdominal trauma? *J Trauma*. 1998 Apr ; 44 (4) : 649-53.

50. Buzzas G.R., Kern S.J., Smith R.S., Harrison P.B., Helmer S.D., Reed J.A. A comparison of sonographic examinations for trauma performed by surgeons and radiologists. *J Trauma*. 1998 Apr ; 44 (4) : 604-6 ; discussion 7-8.
51. Plummer D., Brunette D., Asinger R., Ruiz E. Emergency department echocardiography improves outcome in penetrating cardiac injury. *Ann Emerg Med*. 1992 Jun ; 21 (6) : 709-12.
52. Walcher F., Kirschning T., Muller M.P., Byhahn C., Stier M., Russeler M. et al. Accuracy of prehospital focused abdominal sonography for trauma after a 1-day hands-on training course. *Emerg Med J*. 2010 May ; 27 (5) : 345-9.
53. Hoyer H.X., Vogl S., Schiemann U., Haug A., Stolpe E., Michalski T. Prehospital ultrasound in emergency medicine: incidence, feasibility, indications and diagnoses. *Eur J Emerg Med*. 2010 Oct ; 17 (5) : 254-9.
54. Jorgensen H., Jensen C.H., Dirks J. Does prehospital ultrasound improve treatment of the trauma patient? A systematic review. *Eur J Emerg Med*. 2010 Oct ; 17 (5) : 249-53.
55. Walcher F., Weinlich M., Conrad G., Schweigkofler U., Breitreutz R., Kirschning T. et al. Prehospital ultrasound imaging improves management of abdominal trauma. *Br J Surg*. 2006 Feb ; 93 (2) : 238-42.
56. Tazarourte K., Dekadjevi H., Desmettre T., Tourtier J.P., Trueba F., Schiano P. Focused assessment with sonography in trauma prehospital triage: an important tool. *Crit Care Med*. 2010 Jun ; 38 (6) : 1501-2 ; author reply 2.

