Pratique et apprentissage de l'échographie au sein des forces sous-marines

A. Vicard[a], M. Garétier[b], J. Pontis[a], J.-M. Cuvillier[c], J. Rousset[b]

a BCRM de Brest, Service médical de l'Escadrille SNLE, CC500 – 29240 Brest Cedex 9.
b Service d'imagerie médicale, HIA Clermont-Tonnerre, CC 41 – 29249 Brest Cedex 9.
c Service de santé des forces sous-marines.

Article reçu le 3 octobre 2013, accepté le 2 juillet 2014.

Résumé

L'utilisation de l'échographie à bord des Sous-marins nucléaires lanceurs d'engins s'est développée depuis 2004, date à laquelle les équipages furent dotés d'échographes portables. Les médecins ont intégré précocement cet outil diagnostique à leur pratique clinique en situation isolée. Plus particulièrement, l'examen échographique s'est orienté vers l'acquisition d'images pour confirmer ou éliminer un diagnostic nécessitant une intervention chirurgicale à bord ou une évacuation médicale si celle-ci ne pouvait être réalisée dans les conditions de la patrouille opérationnelle. Le récit de différentes situations rencontrées à bord des Sous-marins nucléaires lanceurs d'engins illustre l'apport décisionnel de l'imagerie ultrasonore dans la gestion des urgences médico-chirurgicales en contexte d'isolement technique complet. La formation à l'échographie au sein des forces sous-marines s'est organisée autour de la pathologie chirurgicale en complément du cadre plus classique de la médecine d'urgence. Cet apprentissage à l'imagerie ultrasonore repose sur des principes de proximité, de pragmatisme et d'efficacité opérationnelle dans le contexte des missions de la dissuasion nucléaire.

Mots-clés : Cibles échographiques. Échographie. Formation. Sous marin nucléaire lanceur d'engins.

Abstract

PRACTICE AND LEARNING ULTRASONOGRPHY WITHIN THE FRENCH SUBMARINE FORCES.

The use of medical ultrasonography on board French Strategic Ballistic Nuclear Submarines (SBNS) has increased since 2004, when physicians were first given portable ultrasound devices. Early on, onboard doctors integrated this diagnostic tool into their clinical practice in isolated conditions. More specifically, the ultrasound examination was directly aimed at acquiring images in order to confirm or rule out a diagnosis requiring onboard surgery or medical evacuation (MEDEVAC), when surgery cannot be done in acceptable patrol conditions. Examples of different situations encountered aboard SBNSs illustrate the contribution of ultrasound imaging to the management of surgical conditions in complete technical isolation. Ultrasonography training within the Submarine Forces is built around surgical pathology to complement standard Emergency Medicine. Training is based on the principles of proximity, pragmatism and operational efficiency in the context of nuclear deterrent missions.

Keywords : Learning. Strategic Submarines Ballistic Nuclear. Ultrasound. Ultrasound target.

Introduction

Depuis 1972, sur les 460 patrouilles opérationnelles de Sous-marin nucléaire lanceur d'engins (SNLE), 82 interventions chirurgicales sous anesthésie générale et 15 évacuations sanitaires ont été réalisées à bord. Quatre-vingt-dix-sept pour cent des patrouilles opérationnelles ont ainsi été assurées sans indiscrétion majeure (1).Le choix des Forces océaniques stratégiques d'embarquer un médecin généraliste assisté d'un infirmier anesthésiste et d'un infirmier est unique au sein des marines occidentales. Le rôle de *medical officer* est en effet occupé par un *Independent Duty Hospital Corpsman* au sein de l'US Navy et par un *Paramedic* au sein de la Royal Navy avec une faible capacité

A. VICARD, médecin en chef, praticien. M. GARÉTIER, médecin principal, praticien certifié. J. PONTIS médecin principal, praticien. J.-M. CUVILLIER médecin chef des services. J. ROUSSET, médecin en chef, professeur agrégé du Val-de-Grâce.
Correspondance : Monsieur le médecin principal A. VICARD, BCRM de Brest, Service médical de l'Escadrille SNLE, CC500 – 29240 Brest Cedex 9.
E-mail : Arnaud.vicard@intradef.gouv.fr

d'autonomie (2). Le contrat opérationnel du médecin embarqué à bord d'un SNLE consiste à prendre en charge des pathologies médico-chirurgicales en situation d'isolement technique complet. Seul praticien sans possibilité de télémédecine ou d'évacuation médicale dans un délai inférieur à 96 heures, son exercice médical implique une démarche diagnostique complète en vue d'une prise en charge thérapeutique parfois chirurgicale au sein de l'environnement complexe de type industriel et confiné d'un SNLE. Aussi 80 % des événements pathologiques graves rencontrés en mer sont-ils de nature chirurgicale et requièrent du médecin embarqué qu'il discrimine au plus tôt les situations opératoires qu'il pourra ou non assumer à bord. Pour ce faire, le praticien dispose d'une plateforme diagnostique intégrée associant radiographie conventionnelle, biologie déportée et échographie. À travers le récit de différentes situations médicales rencontrées à bord des SNLE, le sujet de notre article est de traduire l'intérêt de l'échographie dans la pratique clinique des médecins de sous-marins et de détailler l'objectif et les modalités de la formation à cet outil pour ces praticiens non spécialistes d'imagerie médicale.

Pratique de l'échographie à bord des SNLE

Chaque SNLE est équipé depuis 2004 d'un échographe portable TITAN® du fabricant Sonosite® assorti d'une sonde micro convexe 3 – 5 MHz destinée à l'examen de l'étage abdominal et d'une sonde linéaire 7 – 10 MHz pour l'exploration des structures vasculaires ou plus superficielles. Ce modèle d'échographe est aisé d'utilisation, aux réglages limités et s'avère satisfaisant en mode B quelle que soit la sonde choisie. Au fil de leurs embarquements à bord des SNLE, les différents médecins ont intégré à leur pratique l'outil diagnostique et thérapeutique que représente l'imagerie ultrasonore. Cette expérience acquise demeure tout à fait inédite au sein des marines occidentales puisque ni les SSBN états-uniens ou britanniques ne sont dotés d'échographe (2).

Examen échographique de la fosse iliaque droite

À bord d'un SNLE en 2010, un patient sans antécédent a présenté un syndrome douloureux de la fosse iliaque droite associé à une hyperleucocytose à 12 000/mm^3 et un dosage de la protéine C Réactive compris entre 10 - 40 mg/l (test semi-quantitatif Actim® CRP). Le diagnostic d'appendicite aiguë apparaissait alors probable. À bord du sous-marin, le médecin se heurte à plusieurs difficultés devant un tel tableau. En tant qu'opérateur d'une éventuelle laparotomie, il doit affirmer son diagnostic, identifier la position latéro-caécale de l'appendice et écarter le faux positif clinique de l'iléite terminale dont le traitement reste médical. La radiographie conventionnelle n'est d'aucun secours et les dosages biologiques peu spécifiques. L'exploration échographique de la fosse iliaque droite à l'aide de la sonde convexe puis grâce à la sonde haute fréquence visualise une structure tubulaire borgne, dépourvue de péristaltisme et située à la face médiale du caecum en dessous de la valvule iléo caecale, structure correspondant à l'appendice (3). Les critères principaux d'appendicite aiguë retenus par le médecin sont le diamètre transversal supérieur à 8 mm et l'incompressibilité de la structure digestive sous la sonde en compression dosée (fig. 1). Le critère secondaire



Figure 1. Appendicite en coupe transversale.

d'appendicite aiguë était la visualisation d'un stercolithe (fig. 2) (4). L'examen échographique a donc confirmé le diagnostic clinico-biologique d'appendicite aiguë et indiqué le geste d'appendicectomie par laparotomie sous anesthésie générale (5). L'intervention s'est

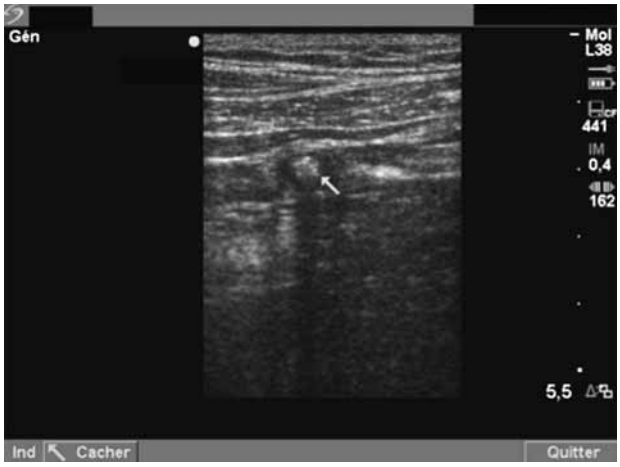


Figure 2. Stercolithe.

déroulée à bord dix heures environ après le début de la symptomatologie. Si depuis 1972, trente-quatre appendicectomies ont été réalisées, ce geste représente le seul depuis l'équipement d'échographes en 2004. Nous rapportons également deux situations récentes dans lesquelles l'examen échographique d'appendice sain

visualisé en position latéro-caécale a permis de réfuter l'indication opératoire en dépit de tableaux clinico-biologiques très évocateurs d'appendicite.

Examen échographique du hile hépatique

À bord du SNLE « Le Terrible » en 2011, un patient présente un tableau douloureux de l'épigastre d'installation progressive associé à une discrète cholestase biologique sans augmentation de la lipasémie. L'examen échographique du hile hépatique réalisé par le médecin visualise une vésicule biliaire lithiasique non distendue et non douloureuse au passage de la sonde. Les voies biliaires intra hépatiques sont fines. Le diagnostic de colique biliaire non compliquée permet d'initier un traitement médical symptomatique (6). La pancréatite aiguë, complication redoutée d'une migration lithiasique de la voie biliaire principale ne constitue pas une indication de l'examen échographique. Le diagnostic de pancréatite aiguë est porté par le dosage de l'amylasémie pancréatique à bord des SNLE mais l'échographie peut toutefois renseigner sur l'étiologie lithiasique.

À distance, la douleur épigastrique récidive, compliquée d'une fièvre. Un second examen échographique pose le diagnostic de cholécystite aiguë sans dilatation des voies biliaires intra-hépatiques. Les critères principaux de cholécystite aiguë retenus sont la distension de la vésicule biliaire avec un diamètre transversal mesuré à 4 cm, la présence d'une lithiase vésiculaire et le passage douloureux de la sonde dans l'hypochondre droit (fig. 3) (7). Le médecin ne parvient pas à identifier la voie biliaire principale ni le cholédoque. Le traitement chirurgical de cholécystite aiguë n'étant pas réalisable à bord, la proposition d'évacuer le patient soumise au commandement n'est pas pour autant retenue car la patrouille touche à sa fin. Une antibiothérapie probabiliste en association de la ceftriaxone et du métronidazole est initiée dans l'attente du geste de cholécystectomie par voie coélioscopique



Figure 3. Cholécystite.

effectué 48 heures après le retour à terre au sein du service de chirurgie viscérale de l'HIA Brest (fig. 3).

Examen échographique du réseau veineux profond proximal des membres inférieurs

À bord du SNLE « L'Inflexible » en 2007, un patient présente un tableau de grosse jambe douloureuse et inflammatoire à début brutal survenu dans les suites d'une station assise prolongée au poste de quart. La probabilité clinique d'une thrombose veineuse profonde du membre inférieur est intermédiaire selon le score de Wells modifié. Le dosage biologique des D dimères à bord est discrètement positif (Test semi-quantitatif par agglutination D-DI Test®). L'examen échographique des veines fémorales communes, superficielles et poplitées du membre douloureux exclut la présence d'une thrombose veineuse profonde proximale du membre douloureux (8, 9). L'absence de thrombose veineuse du membre repose sur la compressibilité étagée tout au long du trajet des veines fémorales commune (fig. 4) et superficielle, l'enregistrement doppler pulsé de la modulation respiratoire de la veine fémorale commune et la compressibilité étagée de la crosse de la grande veine saphène et de la veine poplitée. Un second examen



Figure 4. Veine fémorale commune perméable.

échographique réalisé sept jours plus tard confirme l'absence de thrombose veineuse profonde extensive (10). L'absence de visualisation de thrombus à l'étage proximal rassure le clinicien quant au risque de survenue d'embolie pulmonaire symptomatique. L'examen clinique et l'absence de thrombose veineuse fait alors privilégier le diagnostic d'érysipèle. L'antibiothérapie empirique permet en effet la sédation de la symptomatologie inflammatoire au bout de 48 heures.

En 1982 et en 1995, en l'absence d'échographe et de traitement curatif, la suspicion clinique de thrombose veineuse proximale d'un membre chez un sous-marinier avait motivé l'évacuation médicale des patients.

Examen échographique du traumatisé grave

À bord du SNLE « Le Téméraire » en 2011, la prise en charge d'un traumatisé grave victime d'une fortune de mer en transit surface a été facilitée grâce à l'utilisation de l'échographie dans la fosse de veille – partie supérieure du massif du SNLE. Chez ce patient présentant un traumatisme crânien, une impotence fonctionnelle complète du membre supérieur et des douleurs abdominales à la palpation, le bilan lésionnel échographique a mis en évidence une fracture diaphysaire complexe de l'humérus sans complication vasculaire d'ischémie distale (11). Il a permis également d'écarter la présence d'un épanchement hématique consécutif à l'atteinte d'un organe intra abdominal et d'envisager la verticalisation du blessé sur une hauteur de seize mètres (12). Le patient strictement conditionné en dehors de l'infirmerie est alors évacué par voie héliportée dans un délai de trois heures après l'accident, sans recours à la radiographie conventionnelle. Celle-ci est en effet de réalisation complexe à bord et requiert de mobiliser le patient entre plusieurs ponts jusqu'à l'infirmerie. Aussi la radiographie conventionnelle nous apparaît-elle réservée à bord au bilan lésionnel du traumatisé rachidien immobilisé.

Le récit des situations rencontrées au cours de patrouilles opérationnelles de SNLE illustre également l'apport décisionnel définitif que représente l'échographie dans la prise en charge médico-chirurgicale des patients à bord. Au sein des forces armées, l'intérêt et les limites de l'échographie sont bien codifiés dans le cadre de la médecine de guerre et du triage médico-chirurgical : visualisation d'un épanchement intra abdominal en cas de traumatisme abdominal fermé, visualisation d'un pneumothorax ou d'un épanchement pleural en cas de traumatisme thoracique, surveillance d'une hypertension intracrânienne en cas de traumatisme crânien ou encore évaluation du remplissage vasculaire (13-15).

Définition des cibles échographiques adaptées à la pratique médico-chirurgicale isolée

Intérêt des cibles échographiques choisies au sein des forces sous-marines

Au sein des forces sous-marines, l'échographie est un examen mis à disposition de praticiens non spécialistes en imagerie médicale. Pour ces médecins généralistes, son cadre d'emploi chez des patients jeunes, sélectionnés sur le plan médical et présentant peu d'antécédents, repose sur l'acquisition d'images de référence dites cibles échographiques. La production de coupes standardisées permet de visualiser ces cibles avec un examen échographique de sensibilité et spécificité élevées. Pour une situation clinique donnée, l'examen d'une cible apporte la réponse à une question diagnostique unique sans réaliser d'examen exhaustif. Selon les résultats de cet examen échographique non spécialisé, la prise en charge thérapeutique s'oriente vers la réalisation d'un geste chirurgical à bord du SNLE, vers un traitement médical ou bien nécessite l'évacuation sanitaire. En complément de la médecine d'urgence ou de la réanimation, la pathologie chirurgicale viscérale a défini plus particulièrement le champ des cibles échographiques utilisées au sein des forces sous-marines.

Le tableau I associe à chaque situation clinique une cible échographique et le diagnostic unique attendu.

Tableau I. Cibles échographiques au sein des forces sous-marines.

Situation clinique	Cible échographique	Diagnostic attendu
Douleur de la fosse iliaque droite	Appendice iléo-caecal en position modale	Appendicite aiguë
Douleur de l'hypochondre droit	Vésicule biliaire	Colique biliaire
		Cholécystite
	Bifurcation portale	Syndrome obstructif des voies biliaires intra-hépatiques
Douleur lombaire unilatérale	Rein	Syndrome obstructif du haut appareil urinaire
	Vessie	
Rétention urinaire	Vessie	Globe vésical
Douleur scrotale	Scrotum Vascularisation	Orchi-épididymite Torsion testiculaire
Douleur membre inférieur	Veines profondes proximales du membre inférieur	Thrombose veineuse proximale du membre inférieur
Douleur thoracique	Plèvre	Pneumothorax
Traumatisme abdominal fermé	Espace hépato rénal Espace spléno rénal Cul de sac de Douglas	Épanchement liquidien intra abdominal
Choc hypovolémique	Veine cave inférieure	Remplissage vasculaire
	Veine jugulaire interne	Ponction veineuse centrale

Utilisation des cibles échographiques et modalités d'examen au sein des forces sous-marines

Le prototype d'acquisition de cibles échographiques est représenté historiquement par l'examen FAST-*Focused Assessment with Sonography for Trauma* (12). En situation de traumatisme abdominal fermé, l'examen des espaces hépatorénal, splénorénal et rectovésical selon trois coupes standardisées permet de visualiser un épanchement abdominal liquidien et d'orienter d'emblée le patient instable vers la chirurgie. Cet examen est réalisé par les médecins urgentistes non spécialisés d'imagerie médicale. Il possède une sensibilité et une spécificité élevées et ne requiert qu'un temps d'apprentissage court. La définition des cibles échographiques utilisée en médecine d'urgence répond à des critères superposables : les coupes d'acquisition sont standardisées et différents critères sémiologiques ultrasonores sont définis de manière simple afin de répondre aux hypothèses diagnostiques et d'asseoir les décisions de prise en charge.

Le choix des cibles échographiques retenues au sein des forces sous-marines inclut l'ensemble des pathologies rencontrées en médecine d'urgence augmenté de situations spécifiques à l'exemple de l'échographie scrotale, de l'exploration de la fosse iliaque droite ou encore de la vésicule biliaire et des voies biliaires intra hépatiques.

Le tableau II rassemble pour chaque cible échographique les modalités de réalisation de l'examen. Le tableau III présente les critères principaux et secondaires afin de porter le diagnostic attendu.

Formation à l'échographie au sein des forces sous-marines

Modalités de la formation échographique

Les formations initiales à l'échographie dispensées à l'Institut de médecine navale et dans les services d'imagerie médicale des HIA de Brest et Toulon et depuis 2011 au Centre de formation de Médecine navale (CFMN) de l'École du Val-de-Grâce, pour l'obtention du certificat de médecine appliquée aux SNLE sont orientées vers la médecine d'urgence.

Depuis 2012 une formation interne au sein des forces sous marines est mise en place afin d'acquérir les cibles échographiques utiles au diagnostic de pathologies médico-chirurgicales en situation isolée. L'enseignement délivré s'inspire naturellement de celui qui était dispensé dans les CITERA des HIA (20). L'encadrement de la formation est assuré par un médecin spécialiste d'imagerie médicale de l'HIA de Brest et par un médecin de l'Escadrille des Sous-Marins Nucléaires Lanceurs d'Engins, tous deux titulaires du DIU d'échographie générale et techniques ultrasonores. Les séances de formation sont dispensées au Centre médical des armées de Brest et se répartissent entre des présentations de supports visuels et des ateliers de manipulation de

Tableau II. Définitions des cibles échographiques.

Cible échographique	Modalité de réalisation de l'examen
Appendice iléo-caecale en position modale	Décubitus dorsal. Sonde linéaire. Coupe transversale descendante en compression dosée depuis hypochondre droit sur le bord médial du caecum jusqu'à voie d'abord de la laparotomie de Mc Burney Repérage de l'appendice iléo caecale 1 à 2 cm sous la valvule iléo caecale.
Vésicule biliaire	Décubitus dorsal. Sonde micro convexe. Coupe transversale oblique sous costale droite selon balayage descendant. Repérage de la vésicule biliaire. Coupe longitudinale en rotation + 90° par rapport coupe transversale.
Voies Biliaires Intra Hépatiques (VBIH)	Décubitus dorsal. Sonde micro convexe. Coupe transversale oblique sous costale droite. Repérage de la bifurcation portale (structure tubulaire avec aspect en Y anéchogène à paroi hyperéchogène avec remplissage en mode doppler couleur). Canaux biliaires sus jacents non visibles ou de diamètre inférieur aux branches portales
Vessie	Décubitus dorsal. Sonde micro convexe. Coupe transversale sus pubienne et coupe longitudinale avec balayage latéral (repérage des méats urétéraux sensibilisé par le mode doppler couleur). Mesure largeur en coupe transversale — Mesure profondeur et hauteur en coupe longitudinale (recherche globe vésical)
Reins	Décubitus dorsal ou décubitus latéral droit et gauche. Sonde micro convexe. Coupe longitudinale sous costale sur ligne médio axillaire. Repérage du grand axe des reins.
Scrotum	Décubitus dorsal, bourses suspendues. Sonde linéaire. Coupe transversale du testis. Étude de la vascularisation en doppler couleur Coupe longitudinale du testis. Repérage de la tête épididymaire en forme de cloche isoéchogène au pôle supérieur du testicule et queue épididymaire au pôle inférieur. Étude de la vascularisation en doppler couleur.
Veines profondes proximales du membre inférieur	Décubitus dorsal. Sonde linéaire. Coupe transversale de la veine fémorale. Position assise et jambes déclives. Coupe transversale de la veine poplitée. Remplissage en manœuvre de chasse de la jambe en mode doppler couleur. Examen à renouveler sept jours après si absence de thrombose veineuse proximale
Plèvre	Décubitus dorsal. Sonde linéaire. Coupe longitudinale d'un espace intercostal médio claviculaire puis déplacement en dehors jusqu'à ligne médio axillaire si positif.
Veine cave inférieure	Décubitus dorsal. Sonde micro convexe. Coupe longitudinale du creux épigastrique. Repérage de la VCI dans son passage transhépatique. Étude des variations respiratoires du calibre de la VCI en mode TM.

Tableau III. Définitions des critères pathologiques.

Diagnostic attendu	Critères principaux	Critères secondaires
Appendicite	Diamètre > 8 mm Douleur à la levée de la compression dosée Incompressibilité sous la sonde (3)	Paroi hypoéchogène Graisse périphérique hyperéchogène (4)
Colique biliaire	Lithiase vésiculaire arrondie hyperéchogène avec cône d'ombre postérieur et mobile Absence des critères de cholécystite (6)	
Cholécystite	Vésicule biliaire distendue: diamètre transversal > 4 cm et/ou diamètre longitudinal > 11 cm Douleur au passage de la sonde Lithiase vésiculaire (7)	Épaississement de la paroi vésiculaire antérieure > 4 mm Sludge intra-vésiculaire (7)
Dilatation des voies biliaires intra hépatiques	Diamètre des canaux hépatiques supérieur ou égal au diamètre des branches portales principales Critères de cholécystite (7)	
Syndrome obstructif du haut appareil urinaire	Cavités pyélocalicielles anéchogènes dilatées effaçant la graisse hyperéchogène du sinus rénal avec convexité des calices, sans remplissage en mode doppler couleur (16)	Lithiase hyperéchogène avec cône d'ombre postérieur au niveau du pyélon ou des méats urinaires Retard de la dilatation (16)
Globe vésical post anesthésie générale	Volume vésical > 400 ml (17)	
Orchi-épididymite	Taille augmentée de la queue et/ou de la tête de l'épididyme mode B. Hypervascularisation épididymaire ou testiculaire en mode doppler couleur ou puissance (18)	Hypoéchogénicité du parenchyme testiculaire en cas d'orchite (18)
Thrombose veineuse profonde proximale15	Absence de compressibilité de la veine sous la sonde (9) (10)	Thrombus échogène endoluminal (9) (10)
Pneumothorax	Disparition des lignes B verticales en queue de comète (19)	Disparition du glissement pleural (19)
Hypovolémie	Collapsus de la VCI > 50 % en inspiration chez sujet en ventilation spontanée. Cycle inversé en ventilation contrôlée (14)	
Défaillance cardiaque droite	Diamètre VCI > 2,1 cm et variation de calibre inspiratoire < 50 % (14)	

l'échographie autour d'un sujet sain. La formation s'effectue avec le matériel en dotation à bord des SNLE. À l'issue de chaque demi-journée de formation, une évaluation est proposée de façon synthétique à chaque médecin par les formateurs. L'ensemble de la formation dure une journée et accueille un médecin pour un formateur. Un apprentissage de la ponction écho guidée est proposé en fin de session.

Programme de formation initiale au sein des forces sous-marines

Le processus d'apprentissage des cibles échographiques repose sur l'acquisition répétée de coupes standardisées pour acquérir dans un premier temps les images non pathologiques chez des sujets sains. La phase de réalisation de l'examen s'accompagne de l'apprentissage des critères diagnostiques principaux et secondaires correspondant aux cibles échographiques. L'iconographie présentée au travers des supports visuels fait d'exemples d'images pathologiques à rechercher. La formation est destinée dans un premier temps aux médecins embarqués à bord d'un SNLE ou en cours de formation pour l'obtention du certificat de médecine appliquée au SNLE. Chaque médecin doit réaliser, d'abord accompagné par le formateur puis seul une vingtaine d'examens échographiques. Ce choix du nombre limité d'examens à réaliser tient compte de la formation préalable à l'échographie des médecins embarqués à bord des SNLE. Contrairement à des études prospectives récentes réalisées au sein de service d'accueil des urgences (21), cet apprentissage vise à acquérir dans un premier temps la production d'images non pathologiques. Le nombre de coupes à acquérir est conforme pour les cibles les plus faciles à acquérir comme la vessie, l'aorte ou la plèvre (22). L'examen des veines profondes proximales des membres inférieurs apparaît d'acquisition rapide de même que celui du scrotum et des veines jugulaires internes (9). Le repérage de la vésicule biliaire et des voies biliaires intra-hépatiques nécessite davantage de répétition du geste (23). L'exploration de la fosse iliaque droite représente la plus grande difficulté pour le médecin non spécialiste d'imagerie médicale. Le repérage de l'appendice en situation modale répond à une démarche de construction d'image précise en dépit des limites liées aux variations anatomiques de position ou des interpositions aérodigestives.

Programme de formation complémentaire au sein des forces sous-marines

La formation initiale au sein des forces sous-marines doit se compléter d'une seconde session de formation de durée similaire dédiée à l'acquisition des cibles échographiques chez des malades du service d'imageries médicales de l'HIA de Brest. À l'issue de rappels des critères pathologiques principaux et secondaires, les médecins sont mis en situation d'effectuer des examens pathologiques. Durant une à deux vacations au sein du service d'imagerie médicale, ils reproduisent

l'acquisition des cibles échographiques sur des sujets malades. L'examen est réalisé à l'aide du matériel en dotation. Le médecin spécialiste d'imagerie médicale ou titulaire du DIU d'échographie générale et techniques ultrasonores encadre un médecin durant l'examen et valide la production des images de référence et le repérage des critères pathologiques. Dans un premier temps le nombre de résultats pathologiques à visualiser peut correspondre à celui du tableau III. En début de cycle opérationnel le médecin embarqué à bord d'un SNLE bénéficie de la formation initiale. Les formations complémentaires se répètent tous les six à huit mois environ entre chaque patrouille. La pratique régulière de l'examen échographique au sein d'un service d'accueil des urgences actif participe par ailleurs au maintien de cette compétence initiale sous réserve de supervision par un praticien spécialiste d'imagerie médicale ou un urgentiste confirmé. Le tableau IV détaille le nombre d'examens à mener durant les formations initiales et complémentaires au sein des forces sous-marines. Ce nombre d'examens à réaliser est inférieur aux données de la littérature (entre 30 et 50 examens réalisés en situation par cible) mais prend en compte les formations antérieures délivrées dans les CITERA et les services d'imagerie médicale des HIA.

Évolution de la formation à l'échographie au sein des forces sous-marines

L'évaluation échographique du traumatisé crânien et la surveillance d'une hypertension intra-crânienne pouvaient constituer un axe de formation complémentaire. La réalisation d'une imagerie doppler transcrânienne et l'analyse spectrale des flux enregistrés dans une artère cérébrale moyenne restent cependant d'accessibilité limitée. Aussi n'avons-nous pas retenu cette cible échographique. Dans cette même indication, la mesure du diamètre du nerf optique en fenêtre transorbitaire n'est pas enseignée aux médecins que dans certains centres de formation dont le CFMN (27).

La pathologie cardiovasculaire en dehors de la recherche de thrombose veineuse profonde proximale du membre inférieur n'est pas représentée au travers des cibles échographiques enseignées Néanmoins, le type de population soutenue et l'expérience clinique passée au cours des patrouilles opérationnelles n'en retiennent que peu de cas. L'étude des axes veineux profonds jambiers pour rechercher des thromboses veineuses distales est très anatomique et pourrait être intégrée au programme de formation. Dans le cadre de la formation au sein des forces sous-marines, l'examen de l'arbre urinaire à la recherche d'un syndrome obstructif sur obstacle se limite à la visualisation retardée des cavités urinaires hautes. Pour un examinateur expérimenté, la détection d'une lithiase d'une taille supérieure à 4 mm n'est réalisable qu'en position retro vésicale dans la portion distale des uretères. La mise en évidence des lithiases urinaires enclavées à la jonction pyélo-urétérale nous apparaît peu envisageable pour des praticiens non spécialistes.

Évaluation de la formation à l'échographie au sein des forces sous-marines

En complément des formations à l'échographie dispensées dans le Service de santé des armées (21), l'enseignement proposé au sein des forces sous-marines s'inscrit dans le mouvement de généralisation de l'utilisation de l'échographie dans les forces armées. Cette formation représente un volet du développement professionnel continu pour les praticiens des forces. Ses résultats attendus sont difficilement évaluables sur le plan méthodologique ou statistique mais elle répond

Tableau IV. Formation à l'acquisition de cibles.

Situations cliniques	Coupes échographiques	Nombre d'examens à réaliser
Douleur membre inférieur	Examen des veines profondes proximales des membres inférieurs dans 4 zones cibles (9)	5
Douleur thoracique	Recherche du glissement pleural et lignes B dans 4 zones cibles (22)	5
Choc hypovolémique	Examen de la veine cave inférieure et de sa pulsatilité (22)	5
Douleur abdominale	Examen de l'aorte abdominale	4
Douleur abdominale	Examen de la vésicule biliaire sur deux coupes (23) (24)	10
Douleur abdominale	Coupes FAST (25) (26)	5
Douleur de la fosse iliaque droite	Repérage écho anatomique des structures digestives de la région iléo appendiculo caecale	10
Douleur lombaire unilatérale	Examen des reins sur une coupe Examen de la vessie sur deux coupes	5
Rétention urinaire	Calcul du volume vésical	2
Choc hypovolémique	Repérage de la veine jugulaire interne ou fémorale commune	2
Douleur scrotale	Examen de la vascularisation du testis Examen de la vascularisation de l'épididyme	5

toutefois aux principes de proximité, de réactivité et de pragmatisme attendus par les médecins des forces. Aucune publication intéressant la pratique de l'échographie au sein des forces sous-marines occidentales ne permet de comparer les expériences acquises.

La revue systématique des gestes chirurgicaux réalisés depuis 1972 à bord des SNLE fait actuellement l'objet d'un travail de thèse rétrospectif afin de discriminer les situations dans lesquelles l'échographie aurait pu modifier la prise en charge thérapeutique. L'intérêt de cette formation repose sur son format court et répété ainsi que sur la proximité du tuteur et du stagiaire. Les examens réalisés en situation au cours des vacations dans le service d'imagerie médicale de l'HIA permettent la supervision directe et encadrée du stagiaire.

Conclusion

Au fil des situations opérationnelles, les médecins embarqués à bord de SNLE ont intégré l'examen échographique à leur pratique médico-chirurgicale en situation isolée. Il est apparu que la formation à l'imagerie ultrasonore dédiée à la prise en charge du blessé de l'avant pouvait s'intégrer à leur activité mais nécessitait d'y ajouter le champ de pathologies spécifiques. La maquette de formation mise en place au sein des forces sous-marines s'est orientée vers l'acquisition de cibles échographiques adaptées à la pratique chirurgicale en situation d'isolement.

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt avec les données présentées dans cet article.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Vicard A. Pratique de l'échographie en situation médico-chirurgicale isolée. Retour d'expérience au sein des forces sous-marines. Communication orale Journée de médecine de l'Ouest, Brest 2012.
2. Standard submarine medical procedures manual ; Manual of the Medical Department (Navmed P-117). Comsublant/comsubpacinst 6000.2C N02M/00M.
3. Millet L, Alili C, Pages E, Curros Doyon F, Merigeaud S, Taourel P. Infection de la fosse iliaque droite. J Radiol. 2012 ; 93 : 471-82.
4. Kouame N, N'Goan-Domoua AM, N'dri KJ, Konan AN, Yao-Bathaix MF, N'gbesso RD, et al. Valeur diagnostique des signes échographiques indirects au cours des appendicites aiguës de l'adulte. J Radiol. 2012 ; 93 : 204-9.
5. Hornez E, Gellie G, Monchal T, Entine F, Meusnier F, de Carbonnieres H, et al. Appendicite aigue et medecins des sous-marins ; Management of acute appendicitis on board French nuclear submarines. E-memoires de l'Academie nationale de chirurgie, 2009 ; 8 : 67-70.
6. Bricault I. Infections de l'hypochondre droit. J Radiol. 2012 ; 93 : 483-95.
7. Ross M, Brown M, McLaughlin K, et al. Emergency physician-performed ultrasound to diagnose cholelithiasis : a systematic review. Acad Emerg Med. 2011 ; 18 : 227-35.
8. Léger P, Chabbert V, Otal P, Mailloux G, Lefebvre D, Rousseau H, et al. Exploration des veines des membres inférieurs. Encycl Méd Chir, Radiodiagnostic – Coeur-Poumon. 2000 ; 32-225-A-10.
9. Fox JC, Bertoglio KC. Emergency physician performed ultrasound for DVT evaluation. Thrombosis. 2011 ; 93 : 87-104.
10. Bernardi E, Camporese G, Buller HR. Serial 2-point ultrasonography plus D-dimer versus whole-leg color-coded doppler ultrasonography for diagnosing suspected symptomatic deep vein thrombosis. JAMA. 2008 ; 300 : 1653-9.
11. Jason D. Heiner, Benjamin L, Baker, McArthur D. The ultrasound detection of simulated long bone fractures by US Army special force medics. Journal of special operations médicine. 2008 ; 10:7-10.
12. Patel NY, Riherd JM. Focused assessment with sonography for trauma : methods, accuracy, and indications. Surg Clin N Am. 2011 ; 91 : 195-207.
13. American College of Emergency Physicians. Emergency ultrasound guidelines. Ann Emerg Med. 2009 ; 53 : 550-70.
14. Seif D, Perera P, Mailhot T, Riley D, Mandavia D. Bedside ultrasound in resuscitation and the rapid ultrasound in shock protocol. Crit Care Res Pract. 2012 ; 50 : 32-54.
15. Nations JA, Browning RF. Battlefield applications for handheld ultrasound. Ultrasound Q. 2011 ; 27 : 171-6.
16. Helenon O, Ghouadni M, Khairoune A, Balleyguier C, Correas JM. Syndromes obstructifs du haut appareil urinaire. Encycl Med Chir, Radiodiagnostic – Urologie-Gynécologie. 2002 ; 34-115-A-10.
17. Lamonerie L, Marret E, Deleuze N, Lembert N, Dupont M, Bonnet F. Prevalence of postoperative bladder distension and urinary retention detected by ultrasound measurement. Br J Anaesth. 2004 ; 92 : 544-6.
18. Puttemans T. Pathologie non tumorale des bourses. Encycl Méd Chir, Radiodiagnostic — Urologie-Gynécologie. 2002 ; 34-450-A-20.
19. Chan SSW. Emergency Bedside ultrasound to detect pneumothorax. Acad Emerg Med. 2003 ; 10 : 91-4.
20. Aigle L, Gaubert J, Limas F, Journaux L. L'échographe au secours du médecin d'unité : gadget ou réel outil diagnostic ? Méd Armées. 2012 ; 40 : 267-72.
21. Cazes N, Geffroy Y, Desmots F, Planchet M, Puidupin A, Leyral J. Echographie de l'avant : quelle formation pour le medecin militaire ? Les resultats d'une etude prospective. Med Armees. 2013 ; 41 : 73-84.
22. Petrovic T, Lenoir G, Galinski M, et al. Echographie en medecine d'urgence pre-hospitaliere : Quelle formation pour quelle performance ? JEUR 2003 ; 6 : 148.
23. Jang TB, Ruggeri W, Dyne P, Kaji AH. The learning curve of resident physicians using emergency ultrasonography for cholelithiasis and cholecystitis. Acad Emerg Med. 2010 ; 17 : 1247-52.
24. Gaspari RJ, Dickman E, Blehar D. Learning curve of bedside ultrasound of the gallbladder. J Emerg Med. 2009 ; 37 : 51-6.
25. Shackford SR, Rogers FB, Osler TM, Trabulsy ME, Clauss DW, Vane DW. Focused abdominal sonogram for trauma : the learning curve of non radiologist clinicians in detecting hemoperitoneum. J Trauma. 1999 ; 46 : 553-64.
26. Jang T, Sineff S, Naunheim R, Aubin C. Residents should not independently perform focused abdominal sonography for trauma after 10 training examinations. J Ultrasound Med. 2004 ; 23 : 793-7.
27. Dubourg J, Javouhey E, Geeraerts T, Messerer M, Kassai B. Ultrasonography of optic nerve sheath diameter for detection of raised intracranial pressure : a systematic review and meta-analysis. Intensive Care Med. 2011 ; 37 : 1059-68.