



Échographie pré-hospitalière en pédiatrie : utilisation, intérêt et formation des praticiens

Marion Hebert

► To cite this version:

Marion Hebert. Échographie pré-hospitalière en pédiatrie : utilisation, intérêt et formation des praticiens. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. dumas-02418460

HAL Id: dumas-02418460

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02418460>

Submitted on 18 Dec 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Université Bordeaux 2
U.F.R DES SCIENCES MEDICALES

Année 2019

Thèse N°3025

Thèse pour l'obtention du
DIPLÔME D'ETAT de DOCTEUR EN MEDECINE

Présentée et soutenue publiquement

Par HEBERT Marion

Née le 1er Novembre 1990 à Alençon (61)

Le 17 Avril 2019

**ECHOGRAPHIE PRE-HOSPITALIERE EN PEDIATRIE :
UTILISATION, INTERET ET FORMATION DES PRATICIENS**

Directrice de thèse

Madame le Docteur Elodie Perdreau

Jury

Monsieur le Professeur Frédéric Vargas	Président
Monsieur le Professeur Olivier Brissaud	Juge
Monsieur le Professeur Michel Galinski	Juge
Monsieur le Professeur Gilles Cambonie	Rapporteur
Monsieur le Docteur Olivier Richer	Juge

REMERCIEMENTS

Aux membres du jury,

Monsieur le Professeur Frédéric Vargas, monsieur le Professeur Olivier Brissaud, monsieur le professeur Gilles Cambonié, monsieur le professeur Michel Galinski et monsieur le docteur Olivier Richer. Je vous remercie de m'avoir fait l'honneur de juger et d'évaluer ma thèse. Merci pour le temps que vous avez accordé à ce travail, qui je l'espère vous aura intéressé autant que moi.

Merci à tous ceux qui ont participé à ce travail,

A Elodie, merci infiniment pour ton investissement, pour ta patience et ton dynamisme. Je te souhaite pleins de belles choses pour la suite.

A tous les pédiatres qui ont accepté de participer à cette étude, et un merci tout particulier à nos novices (Adeline, Marion, Julien, Julia et Stéphanie) pour leur motivation à apprendre l'échographie, et leur implication malgré un emploi du temps chargé.

Merci au Docteur Simonnet pour sa participation à la formation des pédiatres.

A Romain G, pour son aide et sa pédagogie en « statistiques pour les nuls ».

Merci à Julien Naud et à Olivier Richer de me faire confiance pour la suite.

Merci à tous ceux qui m'ont appris la pédiatrie au cours des 4 dernières années, j'espère être un bon médecin grâce à vous, qui m'avez enseigné non seulement la médecine mais tout ce sans quoi elle ne peut être pratiquée : la bienveillance, l'empathie et le dialogue.

A l'équipe de la Maternité, médicale et para-médicale, pour m'avoir soutenu au cours de ce dernier semestre. J'ai passé d'excellents moments, j'ai beaucoup appris à vos côtés et j'espère vous revoir très vite.

Merci également aux équipes de neuropédiatrie, d'oncopédiatrie, de néphrologie et endocrinopédiatrie et de réanimation pédiatrique pour vos qualités humaines, votre bonne humeur et votre savoir.

A mes co-internes, qui m'ont accompagnés au fil des années :

A Benjam et Roxane, un premier semestre qui n'aurait jamais été le même sans vous. Merci infiniment. Je vous souhaite beaucoup de bonheur dans vos nouvelles vies de parents.

A Anais, Raphaëlle, Marie et Johan, mes amis de la pédiatrie. Nous avons vécu beaucoup de choses ensemble, à l'hôpital comme en dehors. Grâce à vous les moments difficiles le semblaient moins. Je vous aime.

A Claire-Marie, pour sa patience en tant que co-interne et maintenant en tant que chef, pour ses belles histoires qui ont fait vibrer notre stage de réanimation.

A Camille, Sarah, Sandra, Cyrielle et Claire, ce fut un bonheur de travailler avec vous.

A Clément puisque tu voulais absolument un remerciement...

A Jordane (merci pour le don de ton corps à la science et pour les sauts de page), Audrey, Isaline, Claire, Anouk et Héloïse pour ce dernier semestre haut en couleurs.

A mes amis,

Aux Bolides, mes amis de Caen, qui ont fait de l'externat un bonheur et des souvenirs inoubliables.

Aux petites bouffes, aux parties de cartes, aux Tonus et leurs fins aléatoires, aux gastros de Serge en lendemain de soirée, à la boule magique. Un grand merci pour tous ces moments passés et à venir.

Vous savez à quel point c'est compliqué pour moi de le dire, mais je vous aime bande de PC.

A la bande du 1er semestre, on ne m'avait pas menti en disant que ceux-là restaient pour la vie : A Caro et Elo, une colocation et des colocataires improbables qui nous auront valu des souvenirs en or. Merci pour le Vogalène, désolée pour la cleptomanie.

A Charlotte, ma hippie préférée, merci de me faire découvrir des pièces de théâtre expérimentales et des styles musicaux particuliers dans des endroits particuliers, (« choukran » comme tu le dis si

bien).

A Toto, merci pour ce premier Noël en famille, encore pardon pour ta portière arrière.

A Clotilde et Florian, pour votre bonne humeur contagieuse, vous m'avez manqué durant ces 6 mois.

A vous tous : Pampelune épisode 2 quand vous voulez.

A mes colocataires,

Charles et Romain, merci pour ces deux années de bonheur, merci pour les virées en décapotable, les injections de Lovenox avec pré-médication, les fêtes de Bayonne au cœur de l'action, les tags sur les murs.

A feu nos poissons homonymes.

Nous avons respecté à merveille notre devise : Un peu mais pas trop.

A ma famille,

Merci à mes parents et à ma sœur de m'avoir porté et supporté jusque là. Merci de m'avoir donné les moyens de faire un métier que j'aime.

A mes grands-parents, ceux qui sont partis et celle qui reste. Même si les souvenirs te quittent peu à peu, je suis fière de te rendre fière.

A Thomas,

Merci infiniment pour ton aide dans ce travail, tout est plus facile avec toi.

A notre vie à deux qui commence.

Elle sera belle.

Table des matières

I- INTRODUCTION.....	9
A-Définition de l'échographie d'urgence.....	9
B- Historique et état des lieux actuel.....	9
C- Utilisation de l'échographie d'urgence en médecine adulte.....	11
1) FAST echo : Focused assessment with sonography for trauma.....	12
2) Echographie hémodynamique:.....	15
a- Blessure intrathoracique.....	16
b- Arrêt cardiaque.....	16
c- Hypotension ou état de choc.....	16
d- Dyspnée et douleurs thoraciques.....	17
D - Etat des lieux de la formation des médecins à l'échographie d'urgence.....	17
E - Appareils disponibles.....	19
a- Echographes de poche ultra portables.....	19
b-Echographes portables.....	20
F- État des lieux actuel chez l'enfant.....	21
1) FAST echo chez l'enfant :.....	21
2) Échographie cardiaque chez l'enfant.....	22
G- Etat des lieux de la formation des pédiatres à l'échographie d'urgence.....	23
H – Situation bordelaise et perspectives.....	24
I- Objectifs de l'étude.....	25
II- PREMIERE PARTIE : ETAT DES LIEUX DE L'UTILISATION DE L'ECHOGRAPHIE EN SMUR PEDIATRIQUE.....	26
A- Objectif.....	26
B- Matériel et méthodes.....	26
1) Design de l'étude.....	26
2) Population d'étude.....	26
3) Questionnaire.....	26
4) Formation des pédiatres.....	27
5) Echographie.....	27
a- Echographie cardiaque.....	27
b- FAST écho.....	28
6) Utilisation et utilité de l'échographie.....	28
a- Utilisation de l'échographie.....	28
b- Utilité de l'échographie.....	28
c- Inconvénients potentiels.....	28
7) Analyse statistique.....	28
C- Résultats.....	29
1) Population d'étude.....	29
2) Description de l'utilisation de l'échographie.....	30
3) Utilité de l'échographie	32
4) Indications potentielles.....	32
5) Causes de non réalisation et inconvénients potentiels	35
D- Discussion.....	37
III- DEUXIEME PARTIE : EVALUATION D'UNE FORMATION DES PEDIATRES A L'ECHOGRAPHIE.....	41
A- Objectif	41

B- Matériel et méthodes.....	41
1) Formation proposée.....	41
a- Livret explicatif.....	41
b- Déroulement de la formation.....	41
c- Entraînements encadrés par un tuteur.....	42
2) Évaluation de l'apport de la formation.....	43
a- Évaluation de début et de fin de formation.....	43
b- Courbe d'apprentissage au cours de la formation.....	43
C- Résultats.....	44
a- Évaluation avant et après formation.....	44
b- Échographies d'entraînement.....	45
c- Elargissement de la formation.....	47
D- Discussion.....	49
IV- CONCLUSION.....	53
BIBLIOGRAPHIE.....	54
ANNEXES.....	60
SERMENT D'HIPPOCRATE.....	72
RESUME.....	72

ABREVIATIONS

ACR : Arrêt cardio-respiratoire

AESP : Activité électrique sans pouls

ATCD : Antécédents

CA : Canal artériel

CEE : Choc électrique externe

CH : Centre hospitalier

CIV : Communication inter-ventriculaire

Echographie FOCUS : Focused cardiac ultrasound

FAST echo : Focused Assessment with Sonography for Trauma Echography

FV : Fibrillation ventriculaire

HDN : Hémodynamique

HSDA : Hématome sous-dural aigu

HTAP : Hypertension artérielle pulmonaire

LN O2 : Lunettes nasales à oxygène

LNHD : Lunettes nasales à haut débit

NAD : Noradrénaline

NO : Monoxyde d'azote

PGSA : Coupe para-sternale grand axe

PPCN : Pression Positive Continue Nasale

SMUR : Service Mobile d'Urgences et Réanimation

SFMU : Société Française de Médecine d'Urgence

TDR : Troubles du rythme cardiaque

TM : Temps-mouvement

TSV : Tachycardie supra-ventriculaire

VCI : Veine cave inférieure

VD : Ventricule droit

VG : Ventricule gauche

VM : Ventilation mécanique

I- INTRODUCTION

A-Définition de l'échographie d'urgence

L'échographie d'urgence est un examen réalisé dans un contexte d'urgence, par des médecins non radiologues ou cardiologues. Il s'agit d'une application simplifiée de l'échographie, qui doit être rapide, fiable, réalisée et interprétée en temps réel (1–3).

Cet examen ne peut être exhaustif comme le serait celui d'un radiologue ou d'un cardiologue, à cause des contraintes de temps, d'expérience de l'opérateur et de difficultés d'accès au patient en préhospitalier (4).

Cependant, intégrée à l'examen clinique et aux algorithmes de prise en charge, elle permettrait une meilleure pertinence diagnostique et une meilleure orientation du patient.

Elle est d'ailleurs de plus en plus utilisée par les urgentistes adultes pour l'examen de certains patients graves ou dans des situations inhabituelles, et devrait, à terme, faire partie intégrante de l'examen clinique standard de l'urgentiste (5,6).

B- Historique et état des lieux actuel

L'idée d'intégrer l'échographie en situation d'urgence a été décrite pour la première fois en Europe, au début des années 70, pour les patients présentant des traumatismes abdominaux (7), reléguant progressivement le lavage péritonéal diagnostique à de rares indications. Cependant, son utilisation en Europe a tardé à se généraliser, et c'est aux États-Unis que son utilité a rapidement été reconnue.

Dans les années 90, une équipe américaine prouvait au travers de deux études, qu'il s'agissait d'un examen rapide, simple, sensible (respectivement 79% et 81,5 %) et très spécifique (respectivement 95,6% et 99,7%), pour le diagnostic des épanchements intra péritonéaux et péricardiques cliniquement significatifs lorsqu'il était réalisé par des chirurgiens expérimentés (2,3). Dans une autre étude menée en 1997 dans le service d'urgences de Columbus en Ohio, huit chirurgiens recevaient une formation spécifique de huit heures d'échographie abdominale dans un contexte de traumatisme à la recherche d'épanchement. 300 patients ont été inclus. La sensibilité et la spécificité étaient respectivement de 81% et de 99% avec une précision de 98% (8), le diagnostic final étant obtenu par réalisation d'un scanner abdominal, d'un lavage péritonéal ou par surveillance simple. Cette pratique s'est par la suite développée de façon exponentielle dans les services d'urgences aux États-Unis, avec des programmes de formation des médecins urgentistes et des chirurgiens, et l'augmentation du nombre d'appareils d'échographie dans les services d'urgences ; le but étant

d'optimiser la prise en charge des patients, de limiter les risques iatrogènes par diminution du nombre de lavages péritonéaux diagnostiques (9), et de diminuer les coûts de santé (10).

L'indication première était donc la FAST echo (Focused Assessment with Sonography for Trauma) avec la recherche d'épanchement intra-thoracique ou abdominal en traumatologie, puis le champ des indications échographiques s'est progressivement élargi, avec notamment la recherche de pneumothorax, de thrombose veineuse profonde, et plus récemment l'échographie cardiaque pour évaluation hémodynamique des patients instables, bilan d'une arythmie, recherche d'une embolie pulmonaire, d'un syndrome coronarien aigu ou d'une dissection aortique (11,12).

Plusieurs études, américaines et européennes, ont prouvé que l'échographie en situation d'urgence augmentait de façon significative la précision diagnostique dans certaines indications, et améliorait la prise en charge en confirmant ou modifiant le diagnostic initialement évoqué, en permettant une modification thérapeutique ou un changement d'orientation du patient (13).

En préhospitalier, l'idée que l'échographie pouvait être utile dans la prise en charge des patients date du début des années 80. C'est en 1983 qu'une étude française, menée par Massen et Mercat (14), a étudié sa faisabilité et son intérêt. Des appareils d'échographie « portatifs » étaient utilisés en préhospitalier, après une formation des médecins à cet outil. Elle montrait une triple utilité de cette pratique: permettre un diagnostic précoce de certaines lésions graves, mettre en œuvre rapidement les traitements et gestes de réanimation sur place, orienter le patient vers le centre le plus adapté à son état afin de ne pas perdre de temps. Cependant, à l'époque, les contraintes techniques étaient prédominantes : poids des appareils de 9,5 à 19,5 kg, avec peu d'autonomie et une qualité médiocre des images... Cette étude observationnelle n'avait pas la méthodologie requise pour marquer un tournant décisif dans l'utilisation préhospitalière de l'échographie mais elle avait le mérite de l'envisager pour la première fois.

Ce n'est qu'à la fin des années 90 que les premiers matériels autonomes portables ont acquis les caractéristiques nécessaires à une utilisation plus mobile. Ces appareils plus simples, plus compacts, moins coûteux mais tout à fait performants ont rendu accessible l'échographie en préhospitalier.

Aux Etats-Unis, les médecins n'interviennent pas en préhospitalier, mais des études ont démontré qu'après une formation courte de 3 heures (2 heures de formation théorique sur le fonctionnement de l'appareil et l'acquisition des coupes puis 1 heure de pratique sur volontaires sains), le personnel para-médical préhospitalier (« paramedics ») était capable de réaliser une échographie cardiaque comprenant 3 coupes (quatre cavités, sous-costale et parasternale grand axe) avec une qualité considérée comme adéquate par des médecins experts en échographie dans 89% des cas. L'échographie était réalisée en pratique clinique dans les indications suivantes : douleur thoracique,

dyspnée, troubles de la conscience, traumatisme ou arrêt cardiaque, et la détection de la présence ou de l'absence d'une activité cardiaque était correctement repérée dans 100% des cas (15,16). Une autre équipe a formé pendant 2 jours le personnel para-médical à la recherche échographique d'un pneumothorax. Au terme de cette formation, ils étaient capables de détecter la présence ou non d'un pneumothorax à partir de boucles échographiques dans 82% des cas, sans différence significative avec un groupe d'experts en échographie (17).

En Europe, on a vu l'utilisation de l'échographie préhospitalière augmenter au cours des années, avec un intérêt démontré en terme de précision diagnostique, de précocité de prise en charge et d'orientation du patient (18–20)

Les pratiques ont donc évolué avec une augmentation de l'équipement et de l'utilisation de l'échographie des SMUR au fil des années comme cela a pu être montré par une étude multicentrique portant sur 149 SMUR français. En effet, en 2011, 9% des SMUR français étaient équipés d'un échographe contre 28% en 2016. Ils sont utilisés en SMUR adulte au moins 3 fois par jour dans 19% des centres (21).

C- Utilisation de l'échographie d'urgence en médecine adulte

L'échographie d'urgence est maintenant utilisée en routine par les urgentistes adultes, aux urgences et en pré-hospitalier. Cela a amené à la création de recommandations par la Société Française de Médecine d'Urgence (SFMU) sur l'utilisation de l'échographie d'urgence, soutenues par la formation des médecins urgentistes (22):

- détection d'un épanchement péritonéal, pleural (liquidien ou gazeux), péricardique et intra-articulaire,
- détection d'une dilatation des cavités pyélo-calicielles ainsi que la présence d'un cathéter de Foley dans la vessie,
- détection d'un anévrysme de l'aorte abdominale,
- réalisation d'une échographie thoracique pour diagnostiquer un œdème pulmonaire, une condensation pulmonaire et un contrôle de l'intubation,
- évaluation qualitative de la fonction cardiaque, d'un cœur pulmonaire aigu et de la marge de remplissage,
- réalisation d'une échographie veineuse 4 points à la recherche d'une thrombose veineuse profonde,
- détection d'un corps étranger dans les tissus mous,

- réalisation d'un échoguidage pour pose de voies, ponctions ou anesthésies locales,
- réalisation d'une échographie – Doppler transcrânienne.

Un médecin urgentiste doit être capable d'intégrer l'échographie dans l'algorithme de prise en charge de l'état de choc, de la dyspnée, de la douleur thoracique et du traumatisé grave.

Les indications les plus fréquentes restent la traumatologie et l'évaluation hémodynamique (19,20).

1) FAST echo : Focused assessment with sonography for trauma

L'évaluation ciblée avec échographie pour l'examen traumatologique (FAST) vise à détecter la présence de liquide intrapéritonéal (hémopéritoine), péricardique (hémopéricarde) ou intrathoracique (hémothorax) chez les patients après un traumatisme contondant ou pénétrant.

Dans un essai contrôlé randomisé réalisé aux États-Unis par Melniker LA et al (23), les patients (enfants et adultes) se présentant aux urgences pour un traumatisme contondant ou pénétrant mais qui ne nécessitaient pas un transfert immédiat au bloc opératoire, étaient randomisés de façon aléatoire selon deux groupes. Le premier groupe « PLUS » bénéficiait d'un examen FAST à son arrivée, et le groupe contrôle bénéficiait de la prise en charge clinique et paraclinique habituelle. 162 patients ont été inclus en tout. Dans cette étude, on a pu observer que l'examen FAST a permis de réduire de façon importante l'utilisation du scanner abdominal chez les adultes blessés. En effet, seulement 53 patients du groupe PLUS ont eu besoin, contre 85 dans le groupe contrôle (OR 0,16 IC 95%[0,016-0,31]). Il a également été observé que les patients du groupe PLUS bénéficiaient d'une prise en charge chirurgicale plus rapide (57 minutes contre 166 minutes dans le groupe contrôle) que les patients du groupe témoin nécessitant la même prise en charge. La réalisation d'une échographie à l'arrivée permettait de diminuer les complications telles que les chocs hémorragiques, les chocs septiques, la défaillance multi viscérale et le décès (21 % dans le groupe ayant reçu une échographie contre 38% dans le groupe contrôle. Odds ratio 0,17 IC 95%[0,02-0,86]).

Plus récemment, son champ d'utilisation s'est élargi avec notamment la recherche d'épanchement gazeux intrathoracique (pneumothorax), donnant alors naissance à l'Extended FAST (eFAST) (24). En effet, l'échographie pulmonaire est plus précise que la radiographie thoracique antérieure en décubitus dorsal pour le diagnostic du pneumothorax (25,26). De même, le diagnostic d'un épanchement sur une radiographie thoracique nécessite une quantité de liquide importante de 50 à 100 ml, alors que 20 ml suffisent pour être diagnostiqué à l'échographie (27).

L'examen eFAST permet d'identifier rapidement un épanchement liquidien, péritonéal, péricardique ou pleural par l'intermédiaire des coupes suivantes :

- coupe sous-xiphoïdienne qui permet de détecter un épanchement péricardique
- coupe pelvienne qui recherche un épanchement dans le cul de sac de Douglas
- coupe spléno-rénale qui explore l'hypocondre gauche à la recherche d'un épanchement dans le cul de sac de Kolher
- coupe hépato-rénale qui explore l'hypocondre droit à la recherche d'un épanchement dans la loge de Morisson
- coupe thoracique antérieure qui recherche un pneumothorax
- coupe du cul de sac pleural qui recherche un épanchement pleural

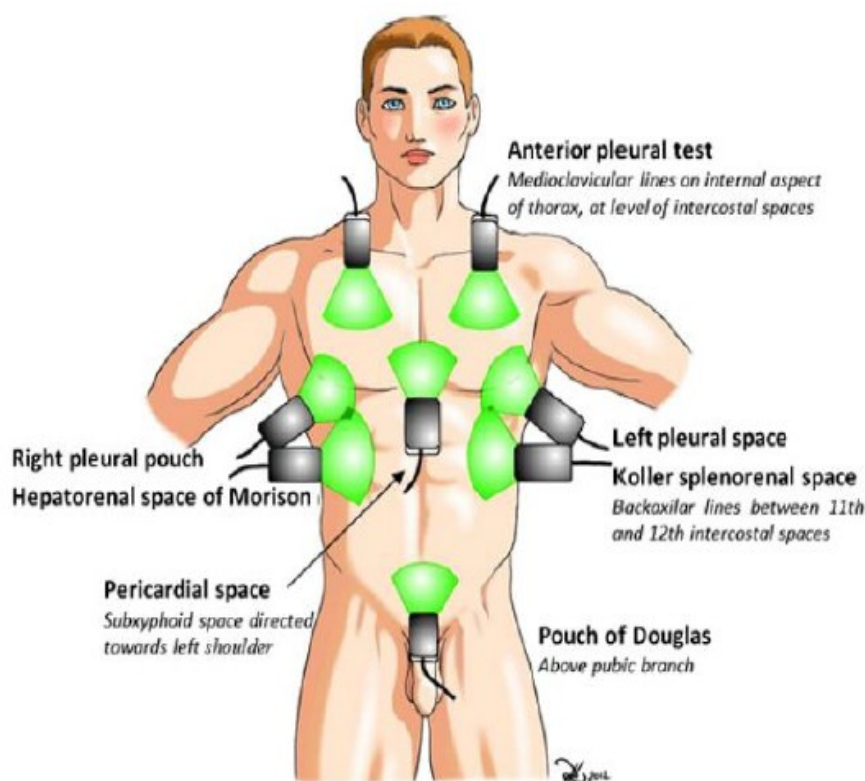


Fig. Extended FAST technique.

D'après Brun et al, Stay and play eFAST or scoop and run eFAST? That is the question! (28)

Diagnostic de pneumothorax :

Comme le montre la figure 1, la sonde doit être placée sur la partie antérieure du thorax, au niveau du 2e, 3e ou 4e espace intercostal.

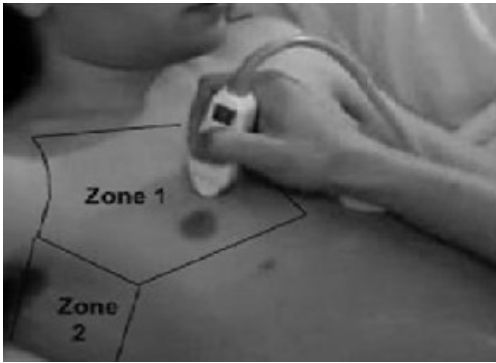


Image 1 : Obtention de la coupe permettant de faire le diagnostic de pneumothorax

D'après Lichtenstein, Mezière, **Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol** (29)

Une échographie pleurale normale retrouve un glissement pleural, qui correspond à un scintillement visible au niveau de la ligne pleurale (ligne B). Il peut être objectivé en mode « temps-mouvement » (TM) et donne le signe du « bord de mer » (image 2). Lors d'un pneumothorax, la ligne B est absente car le glissement pleural n'existe plus, et en mode TM on retrouve le signe du code- barre (image 3).

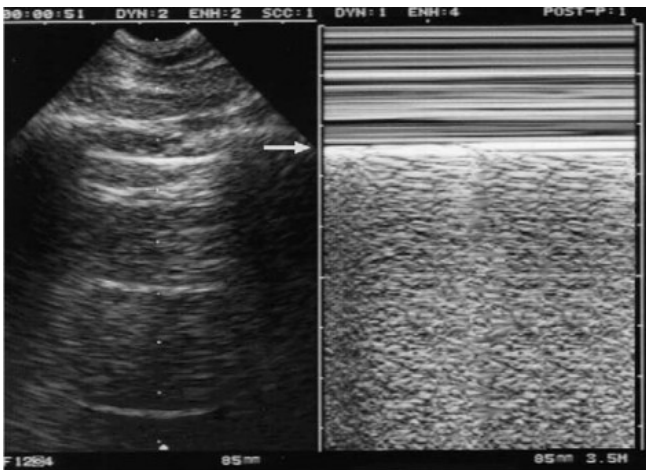


Image 2 (Lichtenstein DA. Échographie pleuro-pulmonaire (30) : échographie pleurale normale. Présence d'une ligne B à gauche. A droite, la flèche correspond à la ligne pleurale, les structures superficielles, inertes, génèrent des lignes horizontales (vagues), et les artefacts profonds génèrent cet aspect sablé (signe du « bord de mer »).

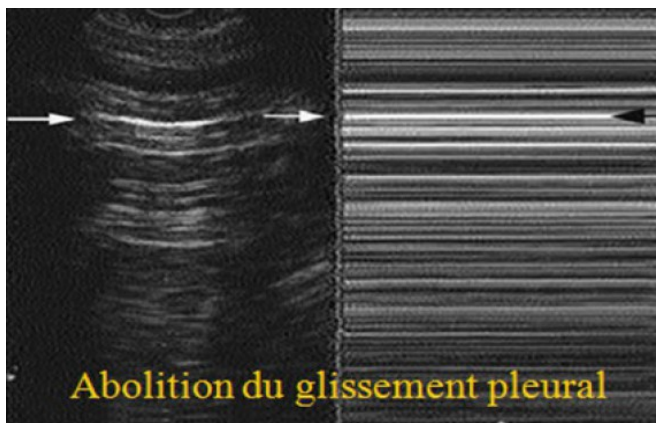


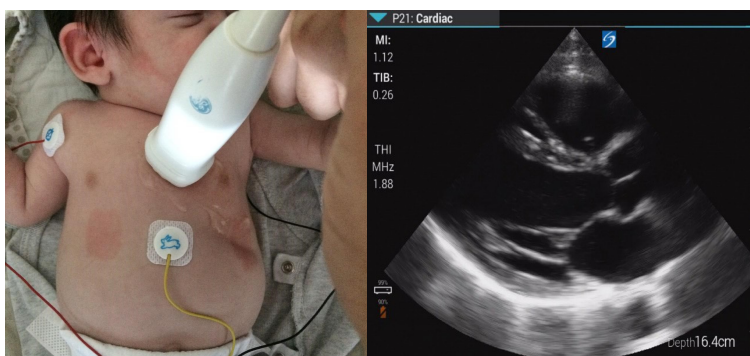
Image 3 (Lichtenstein DA. Échographie pleuro-pulmonaire): Pneumothorax. Pas de ligne B à gauche car pas de glissement pleural. A droite, signe du code barre en mode temps-mouvement (TM)

2) Echographie hémodynamique:

L'échographie cardiaque utilisée dans le cadre de l'échographie d'urgence est également appelée échographie FOCUS (FOCused Cardiac Ultrasound). Il s'agit d'une application simplifiée de l'échographie, réalisée par un clinicien non cardiologue ayant reçu une formation spécifique. Elle permet d'obtenir rapidement des informations essentielles dans certaines situations, qui, intégrées à une prise en charge diagnostique globale, permettraient d'affiner la prise de décision médicale. Chez l'adulte, les indications sont les suivantes (4) :

- évaluation de la fonction cardiaque globale ainsi que la fonction ventriculaire gauche et droite
- recherche d'un épanchement péricardique
- échoguidage pour certains gestes d'urgence
- évaluation de la volémie.

Les coupes à visualiser sont les mêmes chez l'adulte et chez l'enfant et sont les suivantes :

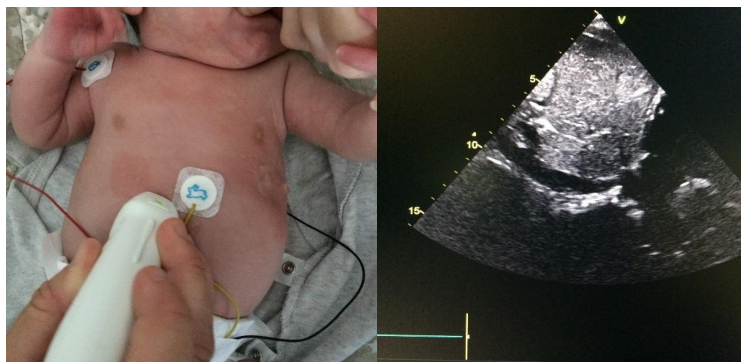


La coupe parasternale grand axe permet de regarder plus précisément le côté gauche du cœur, elle permet une analyse rapide de la fonction cardiaque et de la cinétique du septum

interventriculaire (anormale en cas d'hypertension artérielle pulmonaire). Elle sert également au diagnostic de transposition des gros vaisseaux en pédiatrie.



La coupe apicale quatre cavités: elle est importante car elle permet d'obtenir plusieurs informations, comme l'état du remplissage (ventricules hyperkinétiques), la taille des ventricules, la fonction cardiaque, ou encore de rechercher des signes d'HTAP.



La coupe sous-costale permet de visualiser la veine cave inférieure et l'existence d'un éventuel épanchement péricardique.

Les données de la littérature font ressortir plusieurs grandes applications cliniques de l'échographie cardiaque d'urgence chez l'adulte (4,25,31):

a- Blessure intrathoracique

De ce cas, la recherche échographique d'un épanchement péricardique permet de guider la prise en charge urgente comme une ponction péricardique en cas de tamponnade avec arrêt cardiorespiratoire.

b- Arrêt cardiaque

Dans cette indication, l'échographie peut guider les manœuvres de réanimation : elle permet de différencier l'activité électrique sans pouls (AESP) de l'asystolie par la présence ou non d'une

contraction cardiaque. En effet, la présence d'une activité mécanique cardiaque à l'échographie dans l'AESP est de meilleur pronostic pour le patient. Elle permet également de rechercher une tamponnade cardiaque sur un épanchement péricardique et de guider le drainage, de même que dans le cadre d'un pneumothorax compressif. Au cours de la réanimation, elle aide à détecter un retour de la circulation spontanée et à évaluer l'efficacité de la réanimation cardiopulmonaire. En post réanimation, elle permet de prendre en charge l'hypotension artérielle et de guider les traitements vasopresseurs. Selon les recommandations, cette évaluation échographique doit bien sûr se faire en interrompant le moins possible les compressions thoraciques (coupe 4 cavités avec interruption des compressions pendant 5 secondes, uniquement après 6 minutes de compressions thoraciques efficaces) (32)

c- Hypotension ou état de choc

L'échographie permet ici d'orienter vers la cause du choc, et ainsi d'adapter au mieux le soutien hémodynamique.

d- Dyspnée et douleur thoraciques

Dans certains cas de dyspnée aiguë ou de douleur thoracique, il n'est pas aisé à partir de la clinique seule de trancher entre une étiologie cardiaque ou respiratoire.

La réalisation d'une échographie cardiaque permet donc, dans le cadre d'une dyspnée aiguë inexpliquée de guider le diagnostic en recherchant un épanchement péricardique, une embolie pulmonaire avec retentissement cardiaque ou encore des signes d'insuffisance cardiaque.

Dans le cadre d'une douleur thoracique aiguë, on recherche de la même façon une embolie pulmonaire, des signes de dissection aortique ou encore une ischémie myocardique.

L'évaluation de la fonction cardiaque est, dans tous les cas, réalisée de façon qualitative (normale, légèrement altérée, très altérée). Aucune mesure chiffrée n'est recommandée, une très bonne corrélation (84%) ayant été prouvée avec des échographies réalisées par des cardiologues (33).

D- État des lieux de la formation des médecins à l'échographie d'urgence

Bien qu'il n'y ait pas de consensus sur la formation idéale des « non-échographistes » en échographie ciblée chez les adultes, des programmes de formation pour les médecins de différents domaines (anesthésistes, internistes, urgentistes, chirurgiens) ont été publiés. Ils démontrent qu'une formation courte est suffisante pour maîtriser l'échographie cardiaque ciblée dans un contexte

d'urgence : 4 à 8 heures de cours théoriques et au moins 10 échographies pour une performance suffisante (33–40).

En 2015, une étude menée au SMUR adulte du CHU de Bordeaux par C. Carrié et coll. (41) évaluait les capacités diagnostiques de médecins nouvellement formés à l'échoscopie préhospitalière, après un programme de formation comprenant 30 examens pratiques chez des patients instables. En échocardiographie de base, la concordance diagnostique était considérée comme bonne à excellente après l'accomplissement de 20 à 30 examens (k : 0,74 à 1) avec une excellente spécificité, et s'améliorait significativement après 20 examens supervisés. Cependant, la concordance et la sensibilité diagnostique pour l'évaluation du ventricule droit, de la veine cave inférieure et d'un épanchement péritonéal restaient modérées après une trentaine d'examens.

Une conférence de consensus française de 2011 (42) s'accorde à dire que l'échographie cardiaque d'urgence devrait faire partie intégrante de la formation de tout médecin urgentiste ou de soins intensifs. La durée de formation théorique devrait être de 10 heures, suivie d'une formation pratique d'une trentaine d'échographies environ. Cette dernière peut se faire par l'intermédiaire d'un tuteur qui supervise les échographies réalisées. Elle peut être faite dans un premier temps sur des volontaires sains, moyen efficace pour acquérir les coupes standards, l'orientation spatiale et une visualisation de l'anatomie normale. Secondairement l'entraînement sur des patients instables permet d'augmenter la probabilité de trouver des pathologies. Chaque stagiaire doit tenir un registre des échographies réalisées et validées par leur tuteur (coupes, diagnostic). Enfin, aucune certification officielle n'est requise pour l'instant.

Quant à la traumatologie, la recherche d'épanchement nécessite une formation minimale pour pouvoir effectuer un diagnostic fiable. En effet, la compétence dans l'exécution et l'interprétation de l'examen FAST (Focused Assessment with Sonography for Trauma) peut être acquise après avoir effectué 10 à 30 examens chez des patients adultes (43,44) avec des taux d'erreur aussi bas que 5 % (45)

Ces résultats s'accordent à dire qu'une formation courte suffit à l'utilisation adaptée de l'échographie d'urgence.

En France, il existe plusieurs types de formations à l'échographie d'urgence, pour les médecins urgentistes et réanimateurs. Les principales à citer sont :

- le DIU ETUS (Diplôme InterUniversitaire national d'Echographie et Techniques UltraSonores) qui propose un module « EAU » (Echographie Appliquée à l'Urgence). Il

comprend 8 demi-journées de formation et 30 vacations dans un service agréé par le coordinateur régional. Les connaissances sont ensuite évaluées par un examen national.

- Le DU (diplôme d'université) échographie pratique aux urgences, comprenant deux semaines de formation théorico-pratique de 5 jours (70 heures), et un enseignement dirigé de 20 heures. La validation se fait par un examen théorique puis pratique.
- Le DU « Apprentissage de l'Echographie pour les Anesthésistes Réanimateurs et les Urgentistes ». Il comprend également un enseignement théorique et pratique sur les patients avec un maître de stage.
- Le DIU TUSAR (Techniques UltraSonores en Anesthésie Réanimation). C'est un DIU national pour les anesthésistes réanimateurs, qui est ouvert aux urgentistes.
- Le DIU MUS (Monitoring et UltraSons). Réservé aux urgentistes, il approche les techniques de monitoring et d'ultrasonographie en médecine préhospitalière et en salle d'accueil des urgences vitales.
- Il existe également des formations courtes, comme les formations PREP (Programme Rapide d'Echographie du Polytraumatisé) dispensées par le CFFE (Centre Francophone de Formation en Echographie) agréé par le conseil national de la FMC (Formation Médicale Continue), ou encore les formations WINFOCUS (World Interactive Network Focused On Critical UltraSound) et par extension WINFOCUS France (WWF) : formations sur deux jours, enseignées dans certains CESU (Centres d'Enseignement des Soins d'Urgence) en France.

Cependant, dans 55% des SMUR français, moins de la moitié des médecins sont formés (21).

E- Appareils disponibles

L'utilisation en pratique courante de l'échographie en SMUR n'aurait pas été possible sans le développement des appareils miniaturisés. En effet, les constructeurs proposent des appareils de plus en plus compacts, présentant des caractéristiques compatibles avec l'utilisation préhospitalière : légèreté, fiabilité, autonomie des batteries, allumage immédiat, robustesse. Cette miniaturisation se fait tout en proposant de plus en plus de fonctionnalités, avec une qualité d'image en constante amélioration.

a) Echographes de poche ultra portables

L'appareil le plus utilisé est le Vscan, il s'agit d'un appareil d'échographie ultraportable, le plus petit

existant sur le marché. Il pèse 390g, possède un mode 2D noir et blanc avec visualisation des images en temps réel, et un mode doppler couleur. Il est possible de sauvegarder les images ou de faire des boucles vidéo de 3 secondes. Sa fiabilité a été étudiée et validée par des études récentes (37,38).

Un autre appareil plus récent (2017) est le Philips Lumify, une sonde d'échographie qui est directement reliée à une tablette ou un smartphone, et ce avec une très bonne qualité d'image. Il suffit de télécharger une application et de connecter la sonde au smartphone ou à la tablette. Trois sondes sont miniaturisées, selon l'examen à réaliser, mais une sonde particulière (S4-1) est spécifique à l'échographie d'urgence et permet la réalisation d'échographies cardiaques et de FAST echo. Il est possible d'enregistrer les boucles, mais également de transférer directement les images à l'hôpital.

A citer également l'appareil Clarius, qui produit des images d'échographie de haute résolution et les transmet sans fil à la plupart des appareils iOS ou Android . La sonde pèse 500 grammes.

Bien d'autres appareils existent, tels que Sonoscaner U-lite, Butterfly IQ, Mobius, Healcerion Sonon 300C...

b) Echographes portables

L'appareil Sonosite Iviz de Fujifilm, comprend un écran haute résolution de 7 pouces et permet une manipulation simple. Il s'agit d'un appareil robuste, et qui permet comme les autres d'enregistrer et d'envoyer les images échographiques (image figée ou boucle). Il permet de réaliser une échographie en 2D ou en mode couleur (doppler), de régler le gain (gain total et gain proche/profond qui modifie le gain de façon sélective à la partie la plus proche ou la plus lointaine de la sonde), et la profondeur. Il existe différents modes comme « cardiaque », « abdomen » ou « poumon », selon la zone examinée, avec les sondes d'échographie adaptées.



Sonosite Iviz de Fujifilm

Nous citerons également Philips Visiq et Siemens Acuson Freestyle.

La gamme de ces appareils portables et ultraportables s'étendant de plus en plus, ils sont maintenant disponibles à des prix plus abordables, et accessibles à des services d'urgences et de SMUR.

F- État des lieux actuel chez l'enfant

Contrairement à la médecine d'urgence adulte, et bien que son intérêt ait été largement prouvé, il n'existe pas de recommandations précises quant à l'utilisation et à la formation des pédiatres à l'échographie d'urgence chez les enfants en France. Aux États-unis cependant, ses indications sont bien établies, autant pour l'échographie cardiaque que pour la FAST echo (48–50).

Les indications principales d'utilisation étaient la traumatologie (FAST echo à la recherche d'un épanchement), l'échographie des tissus mous (recherche d'abcès ou de corps étranger), l'échographie cardiaque (arrêts cardiaque), l'échographie pelvienne à la recherche d'une grossesse évolutive, et l'échoguidage dans le cadre de pose de voies périphériques ou centrales ou pour des gestes de drainage. L'utilisation de l'échographie dans les services d'urgences pédiatriques aux États-Unis a augmenté de façon spectaculaire dans la dernière décennie, 57% des services l'utilisait en 2006 contre 95% en 2011, et 65% proposaient une formation à leurs internes en 2006 contre 88% en 2011 (51,52).

En France, il n'existe aucune donnée quant à l'utilisation de l'échographie en pédiatrie en préhospitalier, et très peu quant à son utilisation dans les services d'urgences. Elle est cependant utilisée en routine dans les services de réanimation néonatale et pédiatrique, comme outil de monitoring hémodynamique non invasif (53).

Selon une enquête nationale réalisée en 2015, aucun SMUR pédiatrique français n'était équipé d'un échographe portable, les médecins transporteurs en SMUR pédiatrique étant peu formés à l'échographie d'urgence (54). Quelques SMUR se sont depuis équipés, principalement en région parisienne.

1) FAST echo chez l'enfant :

Selon une méta-analyse de 25 études observationnelles portant sur 3838 enfants, l'examen FAST a une sensibilité de 80 % pour l'identification précoce des épanchements intra-thoraciques ou abdominaux en traumatologie (55). Il permet également la surveillance d'un saignement actif par des examens FAST répétés (48).

L'examen FAST comporte cependant certaines limites. En effet, il ne permet pas d'évaluer efficacement les organes solides pour les blessures. De plus, environ 25 % des blessures intra-abdominales chez les enfants n'ont pas d'hémopéritoine (56).

2) Échographie cardiaque chez l'enfant

L'évaluation hémodynamique d'un enfant instable devrait s'appuyer sur une évaluation directe de la fonction cardiaque, et non pas uniquement sur des critères cliniques qui sont souvent peu spécifiques et insuffisants par rapport aux données pouvant être obtenues par échographie (57–59).

La société américaine de pédiatrie a établi en 2016 des suggestions d'utilisation de l'échographie aux urgences pédiatriques (48).

Les grandes indications qui en ressortent sont les suivantes :

- recherche d'une pathologie cardiaque potentielle, devant une dyspnée, une douleur thoracique, un malaise,
- évaluation de la contraction cardiaque devant une hypovolémie dans le cadre d'un choc indifférencié ou d'une tachycardie,
- diagnostic d'un épanchement péricardique ou d'une tamponnade dans le cadre de l'examen FAST et chez les patients non traumatisés,
- aide à la prise en charge de l'arrêt cardiaque. En effet, la recherche du pouls périphérique chez l'enfant dans le cadre d'un arrêt cardiaque a été montré, par plusieurs études, comme un élément parfois difficile à évaluer, et donc peu fiable pour mener une réanimation cardiopulmonaire, y compris par des professionnels de santé (60–62). L'utilisation de l'échographie cardiaque permet d'avoir une visualisation directe et rapide de la présence ou non d'une activité cardiaque. Elle permet également d'obtenir des informations complémentaires pouvant faciliter la prise de décision d'arrêt de réanimation, ou au contraire de guider les manœuvres de réanimation de façon plus pertinente en identifiant son étiologie, en permettant un geste salvateur (tamponnade) et en évaluant l'évolution de la fonction cardiaque après administration d'amines (63).
- évaluation du volume intravasculaire des patients présentant une hypovolémie secondaire aux vomissements et à la diarrhée. En effet, le rapport de l'aorte à la veine cave inférieure (VCI) est plus bas chez les enfants déshydratés, et remonte après administration d'un remplissage vasculaire. Ce rapport permet une identification de la déshydratation sévère avec une sensibilité de 93% et une spécificité de 59%. On peut également dans ce contexte étudier la variabilité respiratoire de la VCI (différence de diamètre entre l'inspiration et l'expiration) qui est plus importante en cas de déshydratation, avec une sensibilité de 93% et une spécificité de 35% (64,65).

G- Etat des lieux de la formation des pédiatres à l'échographie d'urgence

Quelques études se penchent sur cette problématique. En 2014, aux Etats-Unis, Gaspar et coll. ont voulu évaluer la courbe d'apprentissage de pédiatres spécialisés en médecine d'urgence ou en soins intensifs après un programme d'apprentissage théorique et pratique en échographie cardiaque (66). 16 médecins ont participé à la formation. Le programme théorique de 10 heures comprenait l'évaluation de la fonction ventriculaire gauche et droite, la recherche d'un épanchement péricardique, d'une insuffisance valvulaire, ainsi que les mesures de la variabilité respiratoire de la veine cave inférieure, de la fraction d'éjection et du débit cardiaque. Les coupes enseignées étaient les suivantes : parasternale grand axe, parasternale petit axe et apicale 4 cavités. Au cours de la formation pratique, chaque étudiant devait réaliser 24 échographies, qui étaient revues par des échographistes expérimentés. Une évaluation avait lieu après 8, 16 et 24 examens pratiques. Les taux de concordance entre les étudiants et les échographistes expérimentés pour l'analyse subjective de la fonction cardiaque étaient de 81,3% à la première évaluation, 96,9% à la deuxième et 100% à la dernière. Concernant la variabilité respiratoire de la VCI, la concordance était de 46,7% à la première évaluation, 90,3% à la deuxième et 87,5% à la dernière. La différence entre les mesures de fraction d'éjection et de débit cardiaque était de 7% entre les étudiants et les échographistes expérimentés au terme de la formation pratique.

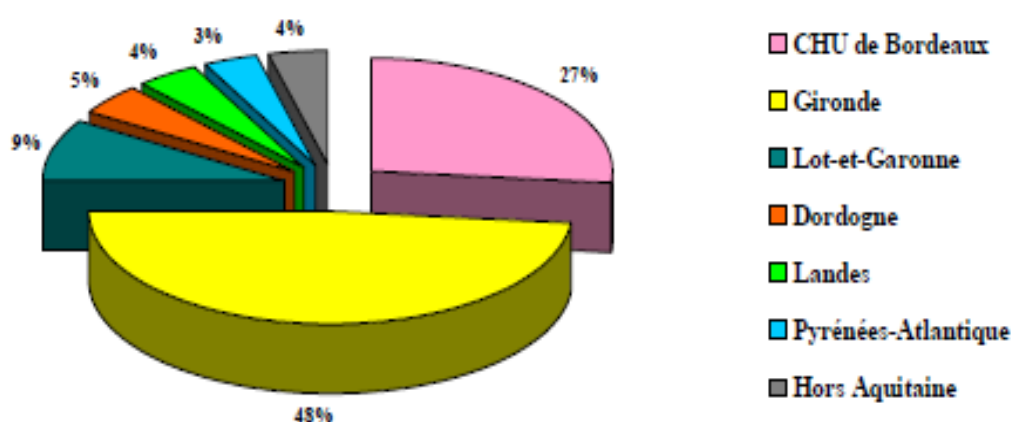
Dans cette autre étude publiée en 2015 par Spurney et al. (67), un échographe portable était utilisé par des pédiatres urgentistes après 3 heures de formation simplifiée à l'échographie d'urgence. Un épanchement péricardique était recherché chez les patients suspects d'épanchement et présentant une cardiomégalie à la radiographie thoracique, les patients avec un diagnostic de péricardite, les patients suspects d'un rejet de transplantation cardiaque et ceux présentant une douleur thoracique après mise en place d'une voie centrale. La présence ou l'absence d'épanchement péricardique chez ces patients était correctement diagnostiquée dans 91% des cas (3 des 23 patients inclus présentaient un épanchement). La taille du ventricule gauche était correctement évaluée dans 96% des cas, et la fonction ventriculaire gauche dans 96% des cas.

Il n'y a pour le moment pas d'étude menée en France à ce sujet, et l'offre de formation est réduite puisque seul le DIU de réanimation et urgences pédiatriques propose une journée de formation à l'échographie cardiaque d'urgence.

H – Situation bordelaise et perspectives

Bien développée en médecine adulte et en pédiatrie dans certains pays, l'échographie d'urgence pourrait donc être une aide précieuse à l'optimisation de la prise en charge des patients pédiatriques en préhospitalier.

En 2018 le SMUR néonatal et pédiatrique du CHU de Bordeaux comptabilisait 1140 interventions, dont 475 transports primaires (42%) et 665 transports secondaires (58%). 180 des transports secondaires étaient des transports intrahospitaliers (27%). Les autres étaient répartis sur le territoire comme décrit dans la figure suivante :



Du fait d'une région géographiquement vaste, les trajets peuvent parfois être longs, et ce d'autant plus qu'en 2018, le nombre d'intervention au delà des frontières de l'ancienne région Aquitaine a augmenté de 37%. Les temps de transport vers les principaux hôpitaux périphériques sont détaillés dans le tableau suivant :

	Distance en km	Durée transport (minutes)	théorique terrestre	Durée transport (minutes)	théorique aérien
Bordeaux – Pau	214	142		45	
Bordeaux – Bayonne	185	124		45	
Bordeaux – Mont de Marsan	134	91		28	
Bordeaux – Périgueux	138	101		33	
Bordeaux – Agen	142	85		34	
Bordeaux – Poitiers	255	178		57	

Parmi tous les patients pris en charge durant l'année 2018 par le SMUR néonatal et pédiatrique de Bordeaux, 11% ont nécessité un soutien hémodynamique durant le transport, et 21% une ventilation mécanique invasive.

Dans 3% des cas, il s'agissait de transport extrahospitalier de cardiopathies congénitales, et dans 6% des cas de polytraumatisme, traumatisme crânien ou autre traumatisme sévère.

Après revue de la base de données, de janvier 2018 à juin 2018 (5 mois), 20 patients sur 456 présentaient les critères potentiels de réalisation d'une échographie en préhospitalier : 7 polytraumatismes, 8 atteintes cardiaques (tachycardie supraventriculaire avec choc cardiogénique, malformation cardiaque, arrêt cardio-respiratoire), 3 causes néonatales (pneumothorax, anoxo-ischémie, inhalation méconiale), 1 noyade et une méningococcémie.

L'échographie d'urgence pourrait donc être utile dans certains cas, mais nécessite une formation spécifique des médecins, car seuls 8 des 17 pédiatres travaillant au SMUR sont formés.

I- Objectifs de l'étude

Les objectifs de cette étude sont de décrire l'utilisation de l'échographie en préhospitalier au SMUR pédiatrique de Bordeaux par les médecins déjà formés, et d'évaluer l'apprentissage à l'échographie ciblée pour les pédiatres du SMUR non formés à cette technique.

II- PREMIERE PARTIE : ETAT DES LIEUX DE L'UTILISATION DE L'ECHOGRAPHIE EN SMUR PEDIATRIQUE

A- Objectif

L'objectif est de réaliser une description de l'utilisation de l'échographie cardiaque et de la FAST écho, en préhospitalier, par les pédiatres du SMUR néonatal et pédiatrique du CHU de Bordeaux. Le but est d'identifier les indications d'utilisation ainsi que le bénéfice ressenti en tant qu'aide au diagnostic, à la thérapeutique et à l'orientation du patient.

B- Matériel et méthodes

1) Design de l'étude

Il s'agit d'une étude de cas, observationnelle, prospective, longitudinale, menée au SMUR néonatal et pédiatrique du CHU de Bordeaux, entre Juillet 2018 et Janvier 2019.

2) Population d'étude

Durant la période d'étude, ont été inclus tous les patients, pris en charge par le SMUR néonatal et pédiatrique pour les motifs suivants : polytraumatisme, soutien hémodynamique (remplissage, inotrope, vasopresseurs), hypertension artérielle pulmonaire (HTAP), suspicion de malformation cardiaque, que l'échographie ait été réalisée ou non. Les patients, pour lesquels une échographie a été faite pour une autre indication, ont également été inclus. Les patients ayant bénéficié d'un transport intrahospitalier ont été exclus (transports entre la salle de naissance à la maternité et la réanimation néonatale et pédiatrique, ou encore entre la salle de naissance ou la réanimation et les soins intensifs de cardiopédiatrie effectués par le SMUR pédiatrique).

3) Questionnaire

Pour chaque patient inclus, un questionnaire anonymisé (cf annexe 1) était rempli par le pédiatre du SMUR à la fin de l'intervention, qu'une échographie ait été réalisée ou non. Les données suivantes étaient recueillies :

- Age de l'enfant, poids et sexe
- Indication de l'échographie
- Causes de non réalisation de l'échographie

- Type d'échographie réalisée (échographie cardiaque ou FAST echo)
- En cas d'échographie cardiaque : Indication, coupes réalisées, aspect des ventricules, fonction ventriculaire gauche et droite, épanchement péricardique, veine cave inférieure, morphologie et interprétation de l'examen
- En cas de FAST echo : indication, coupes réalisées, interprétation de l'examen avec appréciation quantitative d'un épanchement
- Durée de réalisation de l'échographie
- Évaluation de l'utilité de l'examen : aide diagnostic initial, à la thérapeutique, à l'orientation du patient et bénéfice global ressenti

4) Formation des pédiatres

Durant la période étudiée, un pédiatre travaillait au SMUR à temps complet, 4 à temps partiel et 12 ne prenaient que des gardes.

Parmi ces 17 pédiatres, on comptait 4 néonatalogues, 4 réanimateurs pédiatriques, 1 anesthésiste, 1 cardiopédiatre et 7 pédiatres. Parmi ceux-ci, 8 étaient formés à l'échographie.

5) Echographie

Les échographies étaient réalisées avec l'appareil SonoSite Iviz, équipé d'une sonde cardiaque 5-1 MHz, et d'une sonde abdominale 5-2 MHz, disponible à la base du SMUR.

Elles pouvaient également être réalisées avec l'appareil d'échographie disponible en cas de prise en charge dans un centre hospitalier périphérique. Toutes les images ont été acquises de manière prospective, au moment de la prise en charge, par le pédiatre du SMUR, sur le lieu d'intervention ou pendant le transport. Aucune mesure quantitative n'a été analysée.

a) Echographie cardiaque

Les items échographiques apparaissant dans le questionnaire étaient les suivants :

- Indication de l'échographie cardiaque : détresse respiratoire inexpliquée, état de choc, tachycardie, suspicion de cardiopathie ou arrêt cardio-respiratoire.
- Coupes réalisées : sous-costale, apicale quatre cavités, parasternale grand axe, parasternale petit axe, vue du canal artériel, suprasternale
- Diagnostic échographique : taille des ventricules, fonction cardiaque, présence d'un épanchement péricardique, taille de la veine cave inférieure et présence d'une anomalie morphologique (canal artériel, coarctation de l'aorte ou autre)

- Interprétation: examen normal, dysfonction ventriculaire gauche ou droite, indication au remplissage, hypertension artérielle pulmonaire (HTAP), malformation cardiaque, épanchement péricardique.

b) FAST écho

L'utilisation de l'échographie, dans le cadre d'un polytraumatisme ou en vue de la recherche d'un épanchement, était analysée de la manière suivante:

-coupes réalisées: thorax gauche et droit à la recherche d'un épanchement liquidien ou gazeux (coupes pleuro-pulmonaires), péricarde, quadrants abdominaux supérieurs droit et gauche, vue suspubienne.

■Interprétation : examen normal, épanchement abdominal, épanchement pleural, épanchement péricardique, pneumothorax. Si un épanchement était retrouvé, la taille (petit, moyen ou large) était alors précisée.

6) Utilisation et utilité de l'échographie

Elles étaient jugées au travers du questionnaire selon ces trois axes :

a) Utilisation de l'échographie

Les différents items du questionnaire avaient pour but d'identifier des indications d'utilisation de l'échographie (celles définies initialement et celles éventuellement « ajoutées »), la prévalence des cas, ainsi que le diagnostic échographique : coupes réalisées, anomalies retrouvées et interprétation.

b) Utilité de l'échographie

L'utilité de l'échographie réalisée était évaluée selon les critères suivants : aide au diagnostic, à la thérapeutique initiale, à l'orientation du patient, et bénéfice global ressenti.

Nous avons également recueilli les cas où l'échographie aurait pu être utile mais non réalisée (car prise en charge par un médecin du SMUR non expérimenté en échographie).

c) Inconvénients potentiels

Les inconvénients potentiels à la réalisation de l'échographie étaient recherchés par les items suivants : motif de non-réalisation, durée de réalisation de l'échographie.

7) Analyse statistique

Le calcul du taux d'utilisation de l'échographie a été fait selon une statistique descriptive. Les variables qualitatives ont été décrites par effectif et pourcentage.

C- Résultats

1°) Population d'étude

Au cours de notre période d'étude, 601 patients ont été pris en charge par le SMUR néonatal et pédiatrique de Bordeaux. Comme décrit dans la figure 1, parmi les 423 transports extrahospitaliers, 37 avaient une indication potentielle d'échographie préhospitalière. Parmi les 19 patients ayant été pris en charge par un médecin expérimenté en échographie, 9 ont eu cet examen.

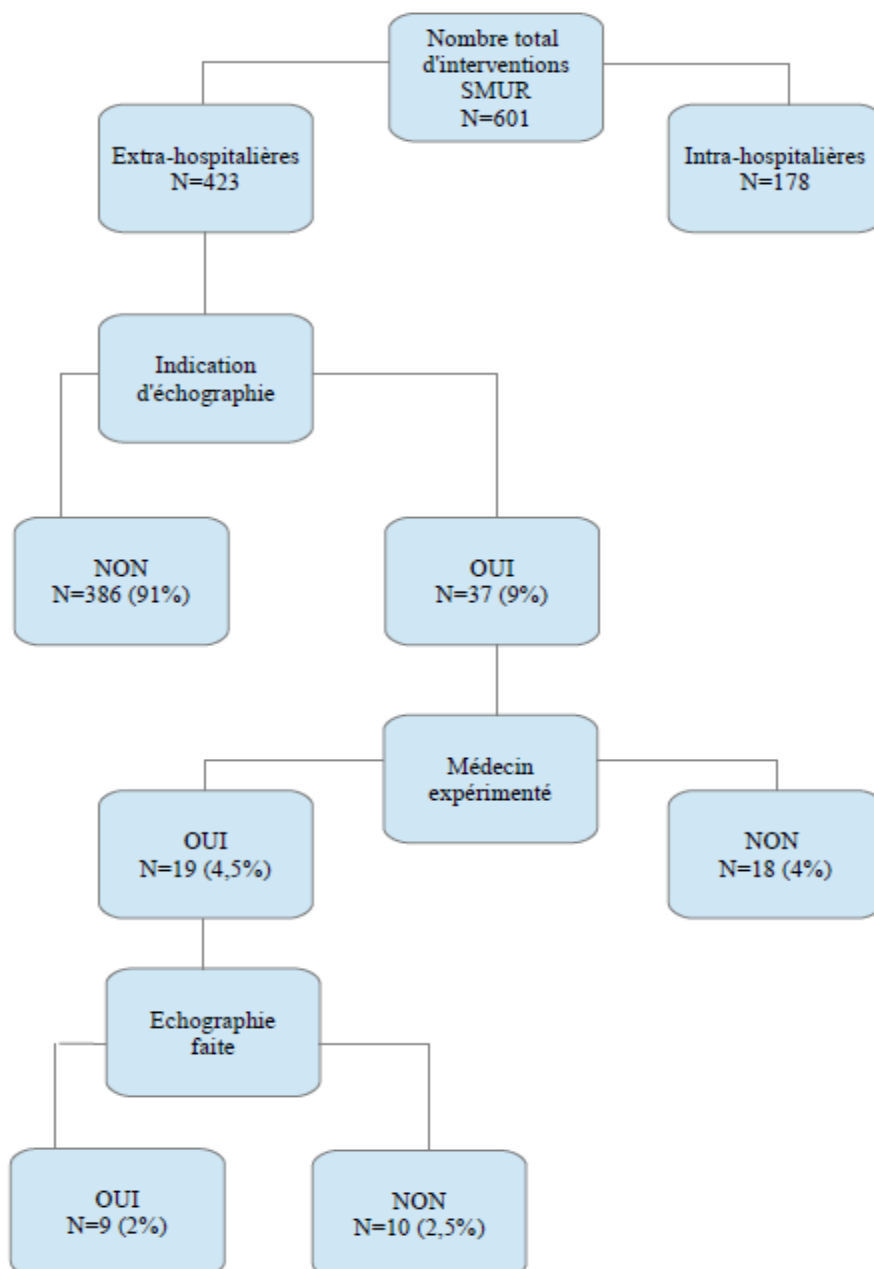


Figure n°1 : Organigramme présentant le nombre d'échographies réalisées par des médecins expérimentés

La répartition des situations où il existait une indication potentielle d'échographie préhospitalière est décrite dans la figure 2. L'indication principale était la nécessité d'un soutien hémodynamique (57% des cas).

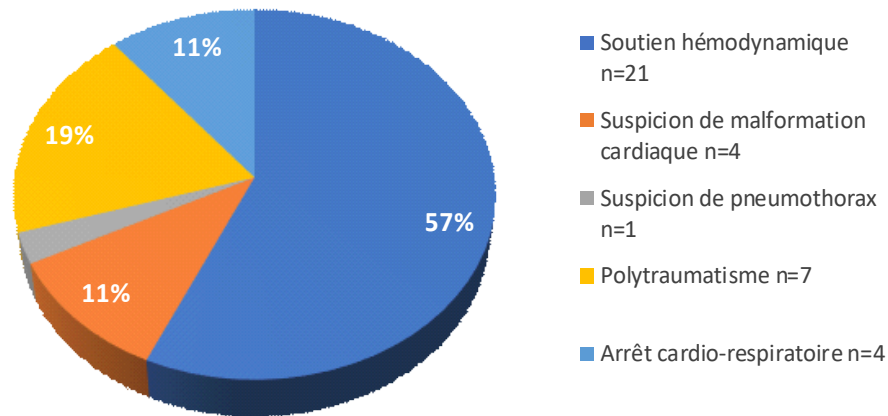


Figure n°2 : Diagramme représentant les indications d'échographie parmi les 37 patients inclus

2°) Description de l'utilisation de l'échographie

La tableau 1 décrit les 9 cas dans lesquelles une échographie a été réalisée en préhospitalier, les motifs de réalisation, le diagnostic échographique et la prise en charge thérapeutique retenue.

2 FAST echo ont été réalisées dans des polytraumatismes et ne retrouvaient pas d'épanchement.

8 échographies cardiaques ont été réalisées. Dans 7 cas il s'agissait d'une évaluation hémodynamique dans le cadre d'une insuffisance circulatoire sur sepsis, syndrome occlusif ou post arrêt cardio-respiratoire. Dans un cas il s'agissait d'une évaluation morphologique devant une suspicion de cardiopathie congénitale. Ces 8 patients avaient tous bénéficié d'un soutien hémodynamique débuté avant l'arrivée du SMUR pédiatrique (remplissage vasculaire, Adrénaline ou traitement inotrope en intraveineux continu (IVSE)).

Parmi les patients qui ont eu une échographie afin d'évaluer la réserve de remplissage chez un enfant en insuffisance circulatoire, on a observé que l'échographie était réalisée après le 2e remplissage vasculaire.

Sur les 9 échographies réalisées, 5 ont été effectuées en moins de 5 minutes, et 4 ont pris entre 5 et 10 minutes.

	Patient 1	Patient 2	Patient 3	Patient 4	Patient 5	Patient 6	Patient 7	Patient 8	Patient 9
Age	1,5 mois	10 ans	1 jour	14 semaines	4 ans	3 ans	25 jours	16 semaines	22 semaines
Sexe	F	M	F	F	M	M	F	M	M
Poids (kg)	4,5	38	3	6	20	13	2,2	4,1	3,4
Motif de prise en charge	ACR TDR ventriculaire Myocardite	ACR sur polytraumatisme	Cyanose réfractaire	Sepsis sévère	ACR sur noyade	Chute de 4,5m	Septicémie	Syndrome occlusif Insuffisance circulatoire	Sepsis sévère à Candida Albicans
Sortie	Secondaire	Primaire	Secondaire	Secondaire	Secondaire	Primaire	Secondaire	Secondaire	Secondaire
Lieu d'intervention	CH Pau	Bordeaux	CH Mont de Marsan	CH Lesparre	CH Bayonne	Bordeaux	CH Libourne	CH Périgueux	CH Agen
Soutien HDN - Dose adrénaline - Remplissage - Traitement IVSE	1 0 Dobutamine	4 1 Noradrénaline	0 0 Prostine	0 2 0	10 1 Adrénaline	0 0 0	0 3 0	0 2 0	0 2 0
Soutien respiratoire	VM	VM	0	0	VM	0	0	0	CPAP
Motif de réalisation de l'échographie	Fonction	Remplissage Fonction Épanchement	Cardiopathie	Remplissage Fonction	Remplissage Fonction	Epanchement	Remplissage Fonction	Remplissage Fonction	Remplissage Fonction
Échographie	Coeur	Coeur + FAST	Coeur	Coeur	Coeur	FAST	Coeur	Coeur	Coeur
Coupes	4 cavités Sous-costale	4 cavités Sous-costale FAST echo	Complète	4 cavités Sous-costale PGSA	4 cavités Sous-costale PGSA Petit axe	Thorax Sus-pubienne Quadrants abdominaux supérieurs	4 cavités PGSA Petit axe Sous-costale Supra-sternale	4 cavités PGSA Petit axe Sous-costale	4 cavités PSGA Petit axe
Diagnostic échographique	Dilatation biventriculaire et VCI Altération de la contraction biventriculaire	Dilatation VD et VCI modérées Bonne fonction Pas d'épanchement	Dilatation VD et VCI Altération modérée de la fonction VD Sténose pulmonaire	Hyperkinésie VG VCI collabée	Dysfonction ventriculaire gauche et droite. Indication au remplissage	Pas d'épanchement	Hyperkinésie VG VCI collabée	Hyperkinésie VG VCI collabée	Hyperkinésie globales VCI collabée
Interprétation	Dysfonction globale	Échographie normale	Cardiopathie	Indication remplissage au	Dysfonction globale	Échographie normale	Indication remplissage au	Indication remplissage au	Indication remplissage au
Conduite à tenir	Inotropes	Statut quo	Adaptation Prostine	Remplissage	Inotropes	Statut quo	4e remplissage	3e remplissage Pas d'amine	3e remplissage Pas d'amine

Tableau 1 : description des patients ayant bénéficié d'une échographie pré-hospitalière

3°) Utilité de l'échographie

Lorsqu'elle a été réalisée, l'échographie était déclarée par les pédiatres comme une aide au diagnostic dans 2 cas sur 9 : dans un cas, elle a permis de diagnostiquer une cardiopathie congénitale et d'adapter le traitement par Prostine jusqu'à l'arrivée du patient en cardiologie pédiatrique. Dans un autre cas elle a permis d'éliminer un épanchement péricardique dans le cadre d'un arrêt cardio-respiratoire traumatique.

Il s'agissait d'une aide à la prise en charge thérapeutique dans 7 cas sur 9 en évaluant la fonction cardiaque afin d'introduire ou d'adapter un traitement inotrope déjà initié. Dans 6 cas, elle permettait également d'évaluer la réserve de remplissage et d'en rechercher des éventuelles contre-indications (insuffisance cardiaque), lorsqu'un ou plusieurs remplissages vasculaires avaient déjà été réalisés. Elle permettait ainsi de conforter le pédiatre dans son impression clinique.

L'échographie a été déclarée comme une aide à l'orientation du patient dans 1 cas sur 9 : après avoir éliminé un épanchement à la FAST echo chez un enfant stable après un polytraumatisme, il a pu être emmené directement aux urgences pédiatriques sans passer par le déchocage.

Enfin, un bénéfice global était ressenti dans 8 cas sur 9.

4°) Indications potentielles

Les tableaux 2 et 3 décrivent les patients pris en charge par un médecin non expérimenté en échographie, et pour lesquels il aurait pu exister un bénéfice à la réalisation d'une échographie en préhospitalier.

Le tableau 2 détaille les indications d'échographie cardiaque (15 patients). On retrouve parmi elles, 3 arrêts cardio-respiratoires, 5 cardiopathies et 7 instabilités hémodynamiques dont les étiologies sont détaillées dans le tableau.

Parmi ces 15 patients, 11 avaient un soutien hémodynamique avant l'arrivée du SMUR pédiatrique, et 9 nécessitaient une ventilation mécanique durant le transport.

14 de ces patients ont eu une échographie à leur arrivée en réanimation, dont 8 (soit 57%) ont permis de modifier la prise en charge thérapeutique en adaptant le traitement inotrope.

Le tableau 3 détaille les indications de FAST echo (3 patients). Il s'agissait de polytraumatismes, et dans tous les cas la FAST echo réalisée à l'arrivée au déchocage était négative, n'entraînant pas de modification thérapeutique.

Tableau 2 : Patients avec indication d'échographie cardiaque pris en charge par des médecins non expérimentés.

	Patient 1	Patient 2	Patient 3	Patient 4	Patient 5	Patient 6	Patient 7	Patient 8	Patient 9	Patient 10	Patient 11	Patient 12	Patient 13	Patient 14	Patient 15
Age	2,5 mois	11 ans	20 mois	2 ans	2 jours	2 jours	11 ans	11 jours	3 ans	7 ans	1 jour	1 jour	1 jour	2 jours	3 ans
Sexe	M	F	M	F	M	F	F	M	F	F	F	M	M	M	M
Poids (kg)	5	35	11	12	3,5	2,8	35	2,8	16	23	0,95	3,6	3	3,7	10,5
Motif de prise en charge	TSV mal tolérée	ACR sur noyade	Noyade	Etat de mal convulsif ATCD de cardiopathie sévère	Coarctation de l'aorte de découverte néonatale	Suspicion de cardiopathie	Choc anaphylactique	Choc hypovolémique sur déshydratation	ACR sur noyade	Asthme aiguë grave avec tachycardie	Prématurité à 26 SA. Hémodynamique instable.	Encéphalopathie néonatale précoce	Hernie diaphragmatique de découverte néonatale	Suspicion coarctation de l'aorte. Prostine	ACR sur encéphalopathie
Sortie (P/S)	S	P	P	S	S	S	P	S	P	S	S	S	S	S	P
Lieu d'intervention	Libourne	Bègles	Libourne	Agen	Saintes	Marmande	Bordeaux	Périgueux	Langon	Agen	Marmande	Agen	Bayonne	Bayonne	Bordeaux
Soutien HDN : -doses adrénaline -remplissage -traitement IVSE	0 0 0	10 1 Adréline CEE sur FV	0 1 0	0 0 Dopamine	0 0 0	0 0 0	1 1 0	0 3 0	0 0 0	0 1 0	0 2 Dopamine	0 1 0	0 1 0	0 0 Prostine	1 1 0
Soutien respiratoire	0	VM	VM	VM	0	0	MHC	0	VM	VM	VM	VM	VM	0	VM
Echo en réanimation	Dysfonction cardiaque globale modérée	Absence d'activité cardiaque Pas de tamponnade	0	Superposables aux echo antérieures	Echographie à Saintes avant transfert	CIV restrictive sans dilatation des cavités gauches	Non faite, HDN stable	Bonne fonction cardiaque avec marge de remplissage	Bonne fonction cardiaque Hypodébit aortique Vasoplégie VCI collabée	Normale	HTAP majeure	Bonne fonction cardiaque Bradycarde Réserve de remplissage	Normale	Coarctation de l'aorte	Dysfonction cardiaque globale et VCI collabée
Traitements mis en place	Aldactone et Lasilix	Arrêt de la réanimation	0	Switch Dopamine pour NAD	Pas de Prostine car CA ouvert	0		Remplissage vasculaire	Remplissage vasculaire puis NAD	0	NO Switch Dopamine pour NAD	Dobutamine Remplissage	Chirurgie NAD	Chirurgie	Dobutamine Remplissage

Tableau 3: Patients avec indication de FAST echo pris en charge par des médecins non expérimentés.

	Patient 1	Patient 2	Patient 3
Age	12 ans	10 ans	5 ans
Sexe	M	F	M
Poids (kg)	55	32	20
Motif de prise en charge	Polytraumatisme	Polytraumatisme avec TC sévère	Polytraumatisme
Sortie	Primaire	Primaire	Primaire
Lieu d'intervention	Marmande	Bordeaux	Bordeaux
Soutien HDN : -doses adrénaline -remplissage -traitement IVSE	0 1 0	0 1 0	0 0 Mannitol
Soutien respiratoire	VM	VM	0
Echo en réanimation	FAST echo négative	FAST echo négative	FAST echo négative
Traitements mis en place	HSDA opéré	0	0

5°) Causes de non réalisation et inconvénients potentiels

Le tableau 4 décrit les cas pour lesquels l'échographie n'était pas réalisée pour des patients avec une indication potentielle, pris en charge par un médecin expérimenté. Parmi les 10 patients concernés, on retrouvait 2 traumatismes sévères, 2 pneumothorax, 4 anoxies périnatales, 1 noyade et 1 insuffisance cardiaque.

6 patients ont nécessité une ventilation mécanique pour le transport, et 8 avaient un soutien hémodynamique.

Comme décrit dans la figure 3, les causes principales de non réalisation de l'échographie dans ces 10 cas étaient la clinique typique et la proximité de l'hôpital.

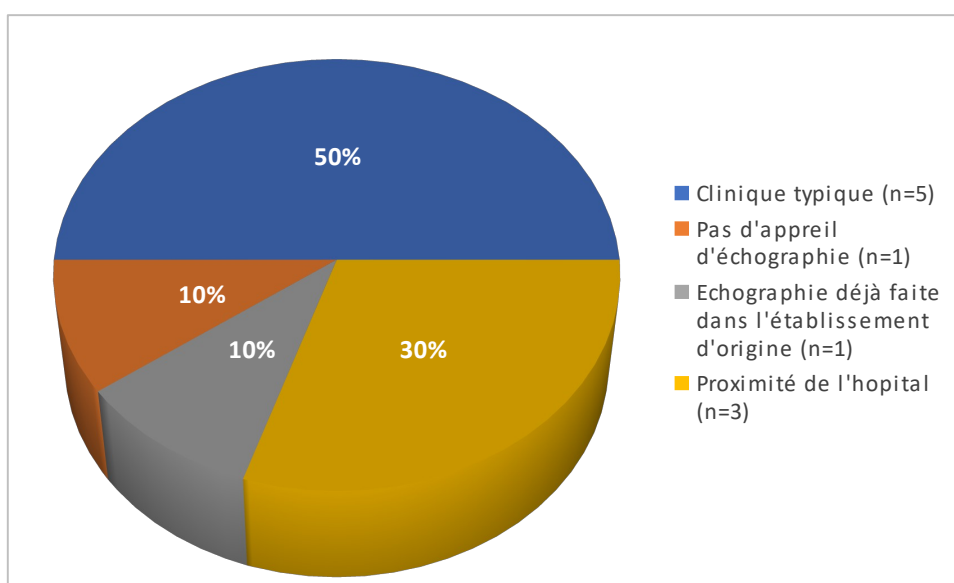


Figure 3 : diagramme représentant les causes de non réalisation d'échographie par des médecins expérimentés (10 patients avec indications potentielles).

Parmi les 8 patients pour lesquels l'échographie n'a pas été réalisée pour une clinique typique ou une proximité de l'hôpital, 6 ont bénéficié d'une échographie à leur arrivée en réanimation, dont une a fait modifier le soutien hémodynamique (introduction de Noradrénaline devant une insuffisance circulatoire décompensée).

Tableau 4 : Patient pris en charge par un médecin expérimenté, avec indication d'échographie , non réalisée

	Patient 1	Patient 2	Patient 3	Patient 4	Patient 5	Patient 6	Patient 7	Patient 8	Patient 9	Patient 10
Age	1 jour	1 jour	1 jour	27 jours	1 jour	11 ans	8 ans	1 jour	1 jour	19 mois
Sexe	M	M	M	F	M	M	F	M	M	M
Poids	3,2	2,3	3,2	3	2	33	27	3,2	0,74	11
Motif de prise en charge	Anoxie périnatale	Mauvaise adaptation à la vie extra-utérine dans un contexte d'hypotonie néonatale	Insuffisance respiratoire sur pneumothorax complet	Insuffisance cardiaque	Insuffisance respiratoire sur pneumothorax complet	Plaie thoracique arme blanche	Plaie thoracique arme blanche	Anoxie péri-natale	Prématurité à 24+6 SA. Instabilité HDN	Noyade
Sortie	Secondaire	Secondaire	Secondaire	Secondaire	Secondaire	Primaire	Primaire	Secondaire	Secondaire	Primaire
Lieu	Maternité Talence (MSPB)	CH Arcachon	CH Bergerac	CH Pau	CH Mont de Marsan	Bordeaux	Bordeaux	Polyclinique Bordeaux Nord	Maternité Talence (MSPB)	La Brede
Soutien HDN : -doses adrénaline -remplissage -traitement IVSE	0 1 0	0 1 0	0 3 0	0 0 Dobutamine	0 1 Noradrénaline	0 1 0	0 0 0	0 0 Dobutamine	0 1 Dopamine	0 1 0
Soutien respiratoire	VM	VM	VM	LNHD	VM	LN O2	LN O2	VM	VM	MHC
Cause de non réalisation de l'échographie	Clinique typique et proximité du CHU	Appareil d'échographie non prit au départ	Clinique typique et pneumothorax drainé	Déjà réalisée par le service d'origine et patient stable	Clinique typique	Clinique typique et enfant stable	Clinique typique et enfant stable	Clinique typique et proximité de l'hôpital	Clinique typique et proximité de l'hôpital	Clinique typique
Echo en réanimation	ETT : N		ETT : Insuffisance circulatoire décompensée NAD		ETT : Vasoplégie	Non réalisée. Thoracotomie exploratrice	FAST : pneumothorax, hémithorax D	ETT : VCI plate, bonne contractilité	ETT : N	ETT : non réalisée
Modif ttt	0				Poursuite NAD		Chirurgie	Poursuite Dobutamine	Poursuite Dopamine	0

D- Discussion

Sur les 6 mois de recueil des données de ce travail prospectif, 9% des patients pris en charge par le SMUR néonatal et pédiatrique de Bordeaux avaient une indication potentielle de réalisation d'échographie préhospitalière : polytraumatisme, soutien hémodynamique (remplissage, inotrope, vasopresseurs), hypertension artérielle pulmonaire (HTAP) ou suspicion de malformation cardiaque. A l'hôpital Robert Debré à Paris, entre Janvier 2010 et Décembre 2017, 30% des transports pédiatriques avaient une indication potentielle d'échographie pré-hospitalière. Deux indications étaient cependant rajoutées aux nôtres : l'hypertension intracrânienne et les pathologies pulmonaires néonatales (maladie des membranes hyalines, retard de résorption et inhalation de liquide amniotique méconial) (68).

Bien que le pourcentage d'indication à une échographie préhospitalière puisse sembler peu important, il s'agit en réalité des patients les plus instables, présentant un risque vital à court terme et pour lesquels on peut espérer un réel bénéfice à une évaluation directe de la fonction cardiaque en cas de défaillance par exemple, ou dans le contexte de dépistage d'une cardiopathie congénitale pour adaptation précoce des thérapeutiques comme l'a montré un cas dans notre étude. En effet, la prise en charge de patient très instables par le SMUR pédiatrique est moins fréquente qu'au SMUR adulte mais la vitesse de décompensation plus rapide.

9 échographies (soit 2% des interventions sur la période de recueil) ont finalement été réalisées. L'indication principale d'échographie cardiaque était l'état de choc. Elle permettait de guider l'utilisation de soutien hémodynamique, et notamment d'évaluer la marge de remplissage vasculaire. Les autres indications étaient la recherche d'une cardiopathie congénitale, et la recherche d'épanchement par FAST echo dans le cadre de polytraumatismes.

Ces indications rejoignent les recommandations américaines de 2016 d'utilisation de l'échographie aux urgences pédiatriques (48) : recherche d'une cardiopathie ; évaluation de la fonction cardiaque dans le cadre d'un choc afin d'évaluer la réserve de remplissage, d'en rechercher une éventuelle contre-indication, d'introduire ou d'adapter un soutien hémodynamique ; prise en charge d'un arrêt cardio-respiratoire et recherche d'un épanchement en contexte traumatique.

Parmi les patients que nous avons étudiés, on a pu observer que l'échographie était réalisée après le 2^e remplissage vasculaire. En effet il n'est probablement pas utile de réaliser une échographie cardiaque d'emblée, mais après 2 remplissages, et en l'absence d'amélioration (ou en cas d'aggravation clinique), il est important de rechercher à l'échographie des signes de choc cardiogénique. Les signes cliniques de surcharge peuvent être frustrés en pédiatrie, d'autant plus en période néonatale. Il n'existe cependant pas de recommandation à ce sujet.

L'échographie était souvent ressentie comme bénéfique par le médecin, surtout en tant qu'aide à la décision thérapeutique. En 2017, une étude multicentrique montrait que l'échographie ciblée, aux urgences et en pré-hospitalier chez l'adulte, avait un impact diagnostique de 82% (confirmation du diagnostic évoqué dans 62% des cas et modification dans 20% des cas), un impact thérapeutique dans 47% des cas (nouveau traitement dans 34% des cas, arrêt du traitement débuté dans 6% des cas et modification du traitement dans 7% des cas), et une modification de l'orientation du patient dans 27% des cas (13).

Une autre étude française publiée en 2006 montrait que l'échographie pré-hospitalière augmentait la précision diagnostique en confirmant l'impression clinique dans 67% des cas, et en l'infirmant dans 22% des cas. La précision diagnostique des cas douteux était améliorée de 90% (18) .

Parmi les patients ayant une potentielle indication à une échographie préhospitalière (état de choc, cardiopathie congénitale, arrêt cardio-respiratoire ou recherche d'épanchement dans les traumatismes), tous ont bénéficié d'une échographie à leur arrivée à l'hôpital. La FAST echo réalisée au déchocage était toujours négative. L'échographie cardiaque réalisée en réanimation pédiatrique avait modifié la prise en charge thérapeutique hémodynamique dans 57% des cas, par la réalisation d'un remplissage vasculaire devant une VCI collabée, l'introduction ou la modification d'un traitement inotrope devant une insuffisance cardiaque ou une vasoplégie, ou encore la diminution d'un traitement par Prostine devant un canal artériel largement ouvert dans le cadre d'une coarctation de l'aorte. Cette analyse nous montre que l'évaluation hémodynamique d'un enfant instable ne peut s'appuyer que sur des critères cliniques, qui sont souvent insuffisants par rapport aux données pouvant être obtenues par l'échographie. Cela rejoint les observations faites dans la littérature sur le monitoring hémodynamique des enfants instables aux urgences et en réanimation, l'échographie étant un outil non invasif permettant un recueil régulier d'informations de qualité (52,53). Ainsi, en pré-hospitalier, la réalisation d'une échographie pour ces patients instables, et d'autant plus lors des transports longs permettrait une adaptation thérapeutique plus précoce et plus fine, afin d'améliorer le pronostic du patient.

Les causes de non réalisation d'échographie par un médecin expérimenté étaient principalement une clinique typique selon eux, pour laquelle il n'y aurait pas eu de bénéfice à la réalisation d'une échographie. Parmi les 8 patients concernés, 6 ont bénéficié d'une échographie à leur arrivée à l'hôpital, dont une a fait modifier la prise en charge en introduisant un traitement inotrope devant une insuffisance circulatoire. Nos chiffres sont insuffisants pour pouvoir conclure, cependant, la

littérature montre que la clinique seule peut parfois être mise en défaut. En effet dans cet essai contrôlé randomisé réalisé aux États-Unis par Melniker LA et al (23), il existait une différence significative en terme de prise en charge chirurgicale et de complications (hémorragique, septique) entre le groupe ayant bénéficié d'une échographie à leur arrivée aux urgences pour un traumatisme et ceux ayant bénéficié d'une prise en charge clinique et para-clinique habituelle.

Cependant, dans certains cas, bien que le patient présente une indication théorique d'échographie, sa réalisation doit s'adapter à la situation. Dans une étude française publiée en 2005, un score de probabilité clinique était proposé avant de réaliser une échographie. Ce score appelé « score d'utilité de l'échographie » allait de 0 (absence de lésion) à 10 (lésion certaine), et évaluait l'apport de l'échographie dans chaque situation. L'apport diagnostique de l'échographie était le plus important dans les situations de doute clinique (score entre 3 et 7) (18). En effet, la clinique prime et l'échographie doit être utilisée afin d'affiner l'impression clinique du praticien, et incluse dans un algorithme de prise en charge.

Dans plusieurs cas, la proximité de l'hôpital avec un enfant stable faisait préférer au pédiatre un transport rapide vers une unité de réanimation. En effet, devant un patient stable la réalisation d'une échographie ne doit pas retarder le transfert devant l'absence de bénéfice à une prise en charge plus précoce de quelques minutes seulement. Le temps de réalisation d'une échographie étant dans la moitié des cas de 5 à 10 minutes, pour un trajet court chez un enfant stable, l'échographie pré-hospitalière ne semble pas nécessaire.

Limites

Il s'agit d'une étude pilote permettant d'établir un état des lieux de l'utilisation de l'échographie d'urgence par les pédiatres, et d'évaluer les besoins dans la prise en charge pré-hospitalière. Étant donné l'absence de recommandations claires sur les indications d'utilisation, nous nous sommes appuyé sur la littérature et les recommandations américaines. Cependant il est difficile d'établir des indications claires, car nous avons pu observer au cours de cette étude que les médecins expérimentés en échographie ne faisaient pas tous des échographies pour les indications que nous avons retenu, suggérant que l'échographie n'est pas une fin en soi mais est intégrée dans un algorithme de prise en charge globale.

Notre étude est également soumise à des biais de subjectivité, le bénéfice de l'échographie étant celui ressenti par le médecin, sans critère objectif. Afin d'évaluer un réel bénéfice de cette technique sur la prise en charge diagnostique, thérapeutique et sur l'orientation des patients, il serait intéressant de réaliser à plus grande échelle une étude cas témoins, dans laquelle un groupe de

patient bénéficierait d'une échographie, et l'autre de la prise en charge clinique habituelle, dans les indications que nous avons définies auparavant, comme cela a été réalisé dans l'essai contrôlé randomisé réalisé aux États-Unis par Melniker LA et al (23) pour la FAST echo.

De la même façon, l'incidence des patients nécessitant une échographie pré-hospitalière restant faible, il serait intéressant de réaliser une étude sur une période plus longue afin d'obtenir une plus forte puissance. A titre d'exemple, une étude publiée par Browning and coll. en 2016 (69) avait nécessité 7 ans pour démontrer l'utilité de l'échographie pré-hospitalière pour l'évaluation hémodynamique précoce des nouveau-nés à terme et prématurés.

III- DEUXIEME PARTIE : EVALUATION DE L'APPRENTISSAGE DE L'ECHOGRAPHIE CIBLEE PAR DES PEDIATRES NOVICES

A- Objectif

L'objectif était d'évaluer l'apprentissage à l'échographie ciblée pour les pédiatres du SMUR non formés à cette technique.

B- Matériel et méthodes

1) Formation proposée

Parmi les 17 pédiatres du SMUR néonatal et pédiatrique de Bordeaux, 9 n'étaient pas formés à l'échographie.

La formation a été suivie intégralement (échographie cardiaque et FAST echo) par 5 pédiatres, exerçant ou prenant régulièrement des gardes au SMUR néonatal et pédiatrique. 3 d'entre eux n'avaient jamais pratiqué d'échographie cardiaque, et 3 d'entre eux n'en pratiquaient plus depuis au moins 5 ans.

Une formation de 2 jours portant sur l'échographie cardiaque et la FAST echo, suivie de la réalisation de 15 échographies cardiaques encadrées par un tuteur a été proposée aux pédiatres au cours de l'étude.

a) Livret explicatif (cf annexe 2)

Un livret explicatif, à lire avant la formation pratique, contenant les bases de l'échographie cardiaque, les modalités d'utilisation de l'appareil ainsi que les réglages, les principales coupes à obtenir avec le positionnement de la sonde était remis aux novices. Il contenait également les bases de l'évaluation hémodynamique ainsi que la recherche d'épanchement péricardique. Ce livret était informatisé et contenait des vidéos d'échographies cardiaques normales.

b) Déroulement de la formation

Une première journée de formation (2 groupes de 3 pédiatres), en octobre 2018 (8 heures de formation), ciblée sur l'échographie cardiaque, était réalisée par le docteur Perdreau, cardio-pédiatre, et se déroulait de la façon suivante :

- Une présentation théorique d'une heure, qui abordait l'utilisation pratique de l'appareil d'échographie, ses indications d'utilisation et les coupes à réaliser.
- Une session pratique sur volontaires sains de deux heures environ, et une session en

néonatalogie et réanimation polyvalente pédiatrique de deux heures également. Les points abordés étaient les suivants : acquisition des 4 coupes (apicale 4 cavités, parasternale grand axe, et sous-costale avec visualisation de la VCI), évaluation de la taille des ventricules, de la fonction cardiaque, recherche d'épanchement péricardique et évaluation de la réserve de remplissage.

- Enfin, une analyse de vidéos normales et pathologiques d'une heure avec une évaluation de « début de formation ». Une série de boucles échographiques devait être interprétée selon les critères suivants : taille des ventricules (normale, dilatée, réduite) et fonction ventriculaire (normale, hyperkinétique, intermédiaire, sévèrement réduite), marge de remplissage vasculaire, présence d'un épanchement péricardique.

Une deuxième journée de formation, proposée par le Dr Simonnet (médecin urgentiste adulte) et ciblée sur l'échographie eFAST, se déroulait en novembre 2018 et durait 4h.

Cette formation comprenait une partie théorique de 2 heures abordant l'intérêt de la eFAST, les coupes à réaliser et leurs localisations, ainsi que la sémiologie échographique. Les objectifs étaient la recherche d'épanchement liquidien (péricardique, pleural et abdominal) chez le polytraumatisé ainsi que le diagnostic de pneumothorax. Les 2 heures suivantes étaient dédiées à la pratique sur volontaires sains pour l'acquisition de ces coupes.

c) Entraînements encadrés par un tuteur

5 pédiatres devaient, en l'espace de 4 mois, réaliser 15 échographies cardiaques chacun, encadrées par des tuteurs (cardiopédiatre, néonatalogiste ou réanimateur pédiatrique, déjà formé à l'échographie). Dans la mesure du possible, l'appareil d'échographie du SMUR était utilisé. A défaut, l'appareil utilisé était celui du service. Un livret était à remplir par le tuteur pour chacune des échographies d'entraînement (cf Annexe 3). Elles devaient être réalisées après la première journée de formation, et permettaient de voir l'évolution de l'acquisition des coupes et de l'interprétation, en évaluant la qualité des images, la justesse des diagnostics échographiques et de l'interprétation.

Pour chaque échographie, le tuteur devait juger de la bonne qualité ou non de la coupe réalisée. Le diagnostic complet comprenait : la taille de la veine cave inférieure (dilatée, normale, collabée), la présence ou non d'un épanchement péricardique, la fonction des ventricules droit et gauche (normale, hyperkinétique, intermédiaire, sévèrement réduite), la taille des ventricules droit et gauche (normale, dilatée, réduite). Enfin, le novice devait en donner son interprétation (échographie normale, indication au remplissage, dysfonction ventriculaire gauche ou droite, présence d'un épanchement péricardique), qui était validée par le tuteur.

2) Évaluation de l'apprentissage

L'évolution des novices était analysée selon deux axes : une évaluation en fin de formation qui était comparée aux connaissances initiales, et l'apprentissage des novices au cours de la formation, qui était apprécié par le tuteur à l'aide d'un livret.

a) Évaluation de début et de fin de formation

Un questionnaire d'évaluation des connaissances était proposé aux novices à la fin de la première journée de formation. Pour chacune des 25 boucles échographiques, les novices devaient repérer la taille des ventricules (petite, normale ou dilatée) et la fonction cardiaque (normale ou altérée). A partir de 9 autres boucles échographiques ils devaient évaluer la réserve de remplissage, et enfin à partir de 6 dernières boucles échographiques, repérer la présence ou non d'un épanchement péricardique.

Une seconde évaluation était réalisée à la fin des deux journées de formations et après réalisation des 15 échographies d'entraînement (soit 4 mois au total) afin de pouvoir évaluer des bénéfices de cette formation (cf Annexe 4). Des boucles échographiques devaient être interprétées selon les mêmes critères que lors de la première évaluation. De plus, elle comportait des questions à choix multiples portant sur des questions théoriques de l'échographie, l'identification des coupes échographiques, le diagnostic d'une tamponnade et la nécessité d'un avis cardio-pédiatrique en urgence. Les taux de bonnes réponses à chaque évaluation étaient comparés.

b) Courbe d'apprentissage au cours de la formation

Nous avons évalué la progression des novices au cours des échographies d'apprentissages par le nombre d'erreur en terme d'acquisition des coupes ou de diagnostic. Pour chacun, nous avons réalisé une courbe d'apprentissage.

3) Analyse statistique

Les variables qualitatives ont été décrites en termes d'effectif et de pourcentage.

Les variables quantitatives ont été décrites en termes d'effectif, moyenne, écart-type, médiane, minimum, maximum, 1er et 3ème quartile.

Les variations des erreurs issues des échographies réalisés par les pédiatres de l'étude ont été décrites graphiquement.

Les analyses statistiques et les représentation graphiques ont été réalisées via le logiciel R® version 3.5.2 et le logiciel excel.

C- Résultats

a- Évaluation avant et après formation

Le taux de bonnes réponses au questionnaire initial réalisé au terme de la première journée de formation, était de 87,5%.

La seconde évaluation réalisée au terme de la formation, après les 15 échographies d'entraînement retrouvait un taux de bonnes réponses de 93%.

La figure 4 représente le pourcentage de bonnes réponses par les pédiatres ayant réalisé les échographies d'entraînement, au début et à la fin de la formation, concernant les items suivants : évaluation de la taille des ventricules (89% contre 100% après formation), évaluation de la fonction ventriculaire gauche et droite (91% contre 83,5% après formation), évaluation de la réserve de remplissage (87,5% avant et après formation), et présence ou non d'un épanchement péricardique (83% contre 100% après formation).

A la fin de la formation, les pédiatres avaient les bonnes réponses aux questions théoriques concernant l'échographie dans 95% des cas. Ils étaient capables de déterminer la coupe échographique à partir de vidéos dans 100% des cas, de diagnostiquer une tamponnade dans 100% des cas, une insuffisance cardiaque dans 90% des cas, et de déterminer les cas dans lesquels un avis cardiologique urgent était nécessaire dans 100% des cas.

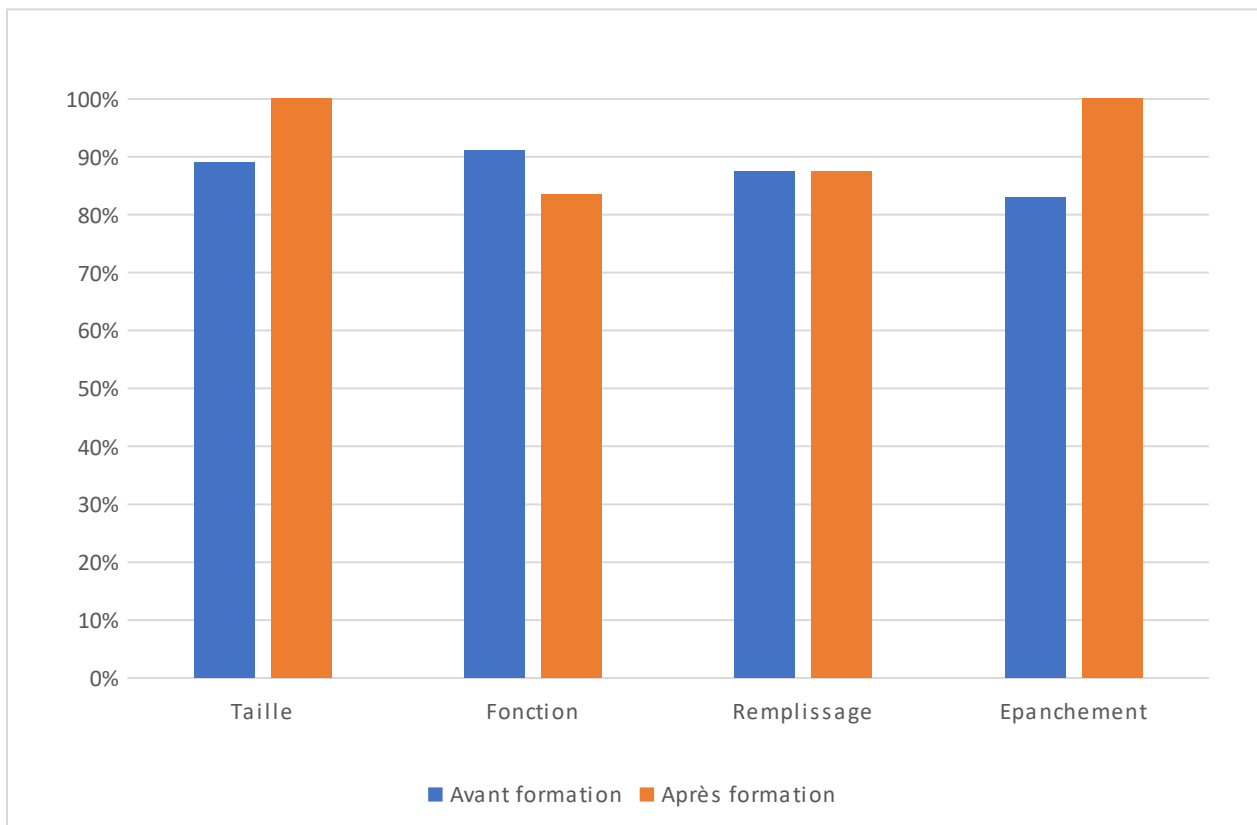


Figure 4 : pourcentage de bonnes réponses aux questionnaires avant et après formation

b-Échographies d'entraînement

Réalisation des échographies

Les échographies d'entraînement étaient réalisées dans les services de soins intensifs de néonatalogie ou de réanimation néonatale et pédiatrique, pour des enfants qui nécessitaient dans leur prise en charge une échographie cardiaque, et qui était par la suite complétée par le médecin du service. Les indications de réalisation lors de notre étude étaient les suivantes :

- En néonatalogie : canal artériel persistant, cardiopathie congénitale, détresse respiratoire, recherche d'hypertension artérielle pulmonaire, bilan d'accident vasculaire cérébral néonatal, évaluation hémodynamique et bilan de souffle cardiaque.
- En pédiatrie : évaluation hémodynamique, recherche de cardiopathie ou d'HTAP.

Sur les 68 échographies réalisées au total par les 5 pédiatres novices (tous n'ont pas pu réaliser les 15 échographies demandées), 52 étaient normales sur les critères analysés (taille des ventricules, fonction, remplissage et épanchement). Parmi les 16 échographies anormales, on retrouvait 2 épanchements péricardiques, 1 indication au remplissage, 1 dysfonction ventriculaire globale, 6 ventricules droits dilatés, 4 ventricules gauches dilatés et 2 dilatations des cavités gauches et droites.

Apprentissage de la technique :

Le tableau 5 décrit pour chacune des 68 échographies, le nombre de coupes correctement obtenues parmi celles étudiées, ainsi que le nombre d'échographie avec une erreur de diagnostic (non accord avec le tuteur).

Le tuteur était le Dr Perdreau pour 64 des 68 échographies.

La coupe apicale 4 cavités était bien réalisée dans 91% des cas, la coupe sous-costale dans 93 % des cas, la coupe parasternale grand axe dans 82% des cas, et la coupe de la VCI dans 71 % des cas.

Le diagnostic échographique était correct dans 97% des cas.

Descriptions des échographies		
	Description	
Repérage		
<i>4 cavités</i>		
Toutes classes	n(d.m)	68(7)
Non	N(%)	6(8.82%)
Oui		62(91.18%)
<i>Parasternale Grand Axe</i>		
Toutes classes	n(d.m)	68(7)
Non	N(%)	12(17.65%)
Oui		56(82.35%)
<i>VCI</i>		
Toutes classes	n(d.m)	68(7)
Non	N(%)	20(29.41%)
Oui		48(70.59%)
<i>Sous costal</i>		
Toutes classes	n(d.m)	68(7)
Non	N(%)	5(7.35%)
Oui		63(92.65%)
Diagnostic		
Toutes classes	n(d.m)	68(7)
Non	N(%)	2(2.94%)
Oui		66(97.06%)

Tableau 5 : Description en nombre et en pourcentage de l'acquisition des coupes échographiques et du diagnostic échographique. n=nombre total d'échographies réalisées. N=nombre de coupe ou diagnostic correctement acquis ou non. d.m= données manquantes.

Évolution de l'apprentissage :

La figure 5 représente les courbes d'apprentissage au fur et à mesure des 15 échographies pour chaque novice, sur l'acquisition des coupes et la validation de l'échographie et du diagnostic par le tuteur. Chaque couleur représente l'évolution d'un novice, avec pour chaque échographie, le nombre d'erreur (coupe et/ou validation) qui apparaît en ordonnée, et le numéro de l'échographie réalisée qui apparaît en abscisse. Le nombre d'erreur par échographie était compris entre 0 et 3.

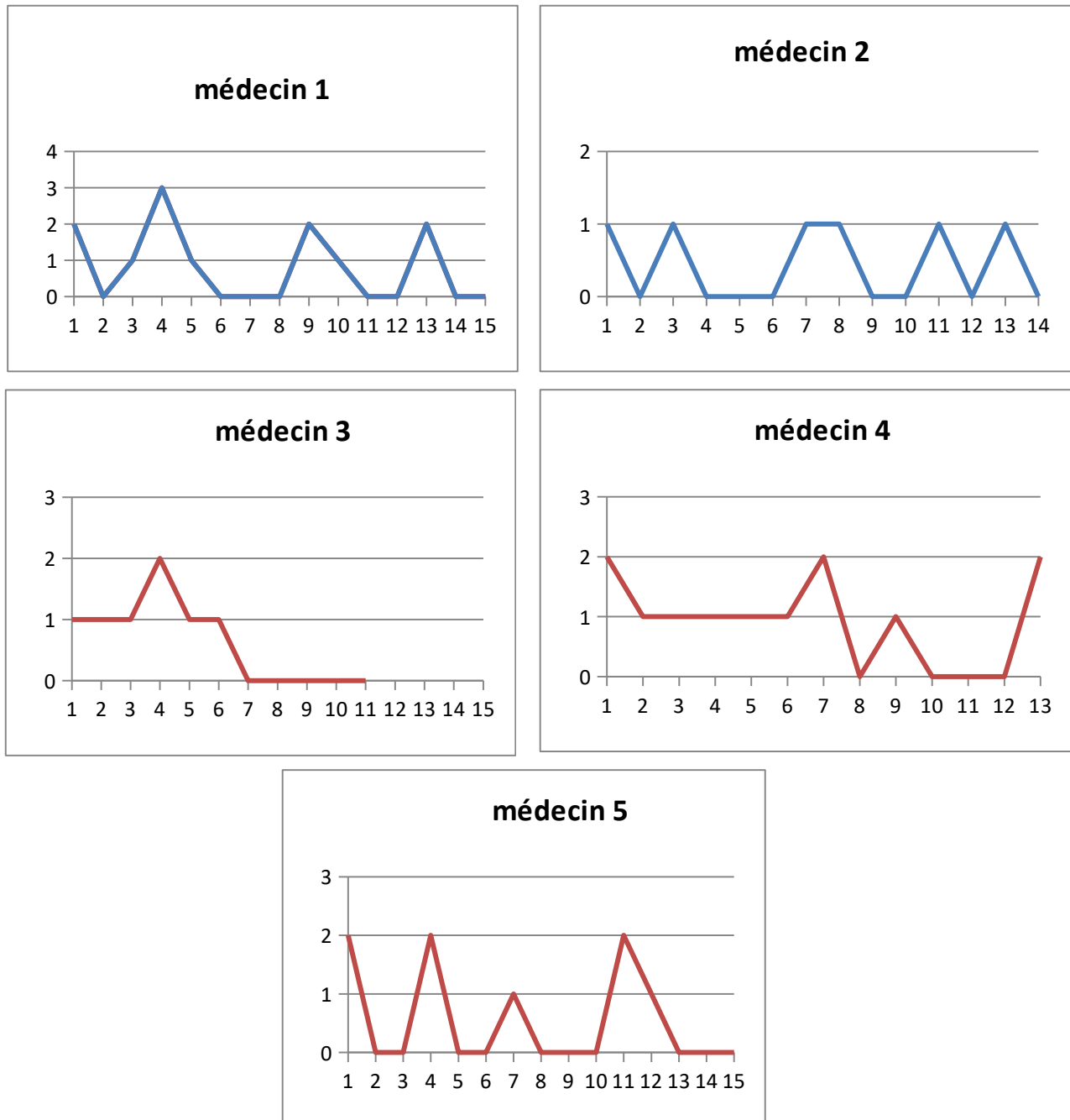


Figure 5 : courbes d'apprentissage des 5 novices avec le numéro des échographies réalisées en abscisse et le nombre d'erreur en ordonnées.

c-Élargissement de la formation

Nous avons ajouté à l'évaluation de début de formation des vidéos sur lesquelles les novices devaient dépister la présence ou non d'une HTAP, d'une coarctation de l'aorte ou d'une transposition des gros vaisseaux (TGV) après avoir abordé ces notions au cours de la formation.

Le taux de bonnes réponses était de 87,5% pour le diagnostic d' HTAP, de 94% pour le diagnostic de coarctation de l'aorte et de 96% pour le diagnostic de TGV.

D- Discussion

Formation

Nous avons proposé aux novices une journée de formation portant sur l'échographie cardiaque ciblée, et une autre journée portant sur la FAST echo. Cette formation était composée d'une base théorique sur l'utilisation d'un appareil d'échographie, l'acquisition des coupes échographiques, puis l'analyse de vidéos normales et pathologiques, et enfin une session pratique d'entraînement sur volontaires sains. L'apprentissage de l'échographie requiert un apprentissage de la technique en elle-même pour valider la qualité des coupes et ne pas avoir une interprétation erronée, un apprentissage pour différencier le normal du pathologique et une reconnaissance et caractérisation des situations pathologiques. Il faut donc à la fois entraîner sa main mais également ses yeux. L'utilisation de vidéos est intéressante pour reconnaître des situations pathologiques évidentes. L'évaluation de la première journée a permis de montrer que malgré leur manque d'expérience, les novices étaient capables de reconnaître des situations pathologiques avec 87.5% d'interprétation juste pour l'évaluation de la taille des ventricules, la fonction cardiaque, la réserve de remplissage et la présence d'un épanchement péricardique.

Pour l'échographie cardiaque, nous avons enseigné aux novices les coupes suivantes : apicale 4 cavités, parasternale grand axe, VCI et sous-costale. Les items à repérer sur ces coupes étaient : la taille des ventricule et l'appréciation subjective de leur fonction, la réserve de remplissage par évaluation de la veine cave inférieure, et la présence d'un épanchement péricardique. Une étude américaine publiée en 2014 (66) retenait les éléments de formation suivants : principes de base de l'échographie, anatomie cardiaque de base, obtention des coupes échographiques, évaluation subjective de la fonction ventriculaire droite et gauche, évaluation de la réserve de remplissage par l'étude de la veine cave inférieure, analyse des valves cardiaques et recherche d'un épanchement péricardique. Les coupes enseignées étaient les suivantes : parasternale grand-axe et petit axe, 4 cavités et coupe sous-costale. Chez l'adulte, les recommandations de la société française de réanimation, requiert les compétences suivantes pour l'échographie cardiaque de base : évaluation subjective de la fonction cardiaque droite et gauche, identification d'une hypovolémie sévère, d'une tamponnade, d'une fuite mitrale importante, et évaluation de la circulation en cas d'arrêt cardio-respiratoire ou après récupération (70).

Échographies d'entraînement

La réalisation d'échographies d'entraînement avec tutorat avait été décrit dans la littérature. Toutes s'accordaient à dire qu'elles étaient primordiales dans l'acquisition de la technique échographique et

de visualisation d'examen normaux et pathologiques. Le nombre d'échographie d'entraînement nécessaire pour maîtriser l'échographie variait selon les études, entre 10 et 30 en moyenne (33–39,71). Nous avons volontairement réalisé les échographies d'entraînement uniquement sur l'échographie cardiaque, la FAST echo étant décrite par les études comme plus facile à acquérir. De plus, des échographies d'entraînement de FAST echo chez les patients hospitalisés en pédiatrie n'aurait pas permis de visualiser des échographies pathologiques, ce qui diminue très nettement leur intérêt.

Certaines études ont fait réaliser aux novices des échographies d'entraînement, dont les boucles échographiques étaient relues secondairement par un médecin expérimenté (41). Nous avons volontairement réalisé un tutorat direct dans lequel l'échographie était réalisée en présence du médecin expérimenté, afin de pouvoir corriger en cas d'erreur et d'optimiser la progression.

Au cours des échographies d'entraînement, il nous est impossible de conclure sur la progression des novices. Cela peut s'expliquer par le fait que dès les premières échographies le taux d'erreur était déjà faible (entre 0 et 2 erreur à la première échographie).

Il semble important que les échographies d'entraînement soient réalisées sur des patients sains afin de pouvoir visualiser les images d'une échographie normale, mais également sur des patients pathologiques afin de savoir les identifier par la suite (35,42). En effet, comme l'a montré Shackford et coll (45), plus la prévalence d'une pathologie est importante, plus la progression en terme d'acquisition des coupes échographiques et de diagnostic est importante. Dans notre étude, seules 24% de ces échographies étant pathologiques, certains pédiatres n'ont pas été confrontés durant leur formation à toutes les situations pathologiques (notamment la présence d'un épanchement péricardique ou d'une dysfonction cardiaque). La prévalence de certaines pathologies comme un épanchement péricardique est trop faible pour pouvoir conclure à une réelle progression au cours de 15 échographies. De plus, il est difficile de réaliser un tutorat dans certaines situations pathologiques avec un risque vital, notamment en réanimation où les médecins doivent agir vite. En cela, le travail sur vidéos est intéressant.

Apprentissage

Quoi qu'il en soit, il semble important de démystifier l'apprentissage de l'échographie et de formaliser son enseignement en pédiatrie afin d'uniformiser les prises en charges et les indications de réalisation. Dans cette optique, il serait intéressant de réfléchir à l'intégration d'une formation courte à l'échographie de base pour tous les internes de pédiatrie. Une étude américaine a montré en 2004 qu'après 3 heures de formation, les internes étaient capables de réaliser une échographie en 8,5 minutes en moyenne. Les résultats étaient concordants avec ceux d'un échographiste dans 75% des

cas pour l'évaluation de la fonction ventriculaire gauche, et dans 98% des cas pour la présence d'un épanchement péricardique (72).

Nous avons observé dans notre étude que la coupe de la VCI semblait la plus difficile à visualiser avec un taux d'erreur de presque 30% en moyenne. Or il s'agit d'une coupe importante en SMUR pédiatrique car elle permet d'évaluer la marge de remplissage vasculaire. Cela peut s'expliquer par le fait que les échographies d'entraînement étaient réalisées en majorité dans le service de néonatalogie sur des nouveau-nés et prématurés, pour lesquels il n'est pas toujours facile de visualiser la VCI. Les coupes les plus simples à réaliser sont la sous-costale et l'apicale 4 cavités.

On remarque que le taux d'erreur diagnostique était faible (3%). Il serait intéressant de prolonger la formation en réalisant plus d'échographies d'entraînement pour améliorer la qualité des coupes, et négativer le taux d'erreurs diagnostiques. Il existe également possiblement une différence interindividuelle dans l'acquisition de la technique échographique.

Limites de la formation

Bien que cette formation soit courte (2 journées de formation théorique et 15 échographies d'entraînement en 4 mois), parmi les 9 pédiatres de l'effectif du SMUR néonatal et pédiatrique de Bordeaux non formés à l'échographie, seuls 6 ont pu suivre la formation théorique, 5 ont réalisé les échographies d'entraînement dont 4 seulement entièrement, ce qui diminue la significativité des résultats. En effet, l'entraînement demande un investissement de temps dont beaucoup de pédiatres hospitaliers ne disposent malheureusement pas. De plus, il est nécessaire de pouvoir pratiquer l'échographie régulièrement afin de conserver les compétences acquises lors de la formation. La SFMU recommande pour les urgentistes adultes, qu'ils entretiennent leurs compétences au minimum par le biais d'une pratique régulière, ou au mieux par une formation universitaire s'inscrivant dans le développement professionnel continu (22).

Les échographies d'entraînement ont été réalisées sur des patients stables, en milieu intrahospitalier, dans des conditions différentes des conditions de transport. Il serait intéressant de poursuivre cette étude en étudiant l'apport de l'échographie en conditions de transport pour ces pédiatres nouvellement formés. Les études réalisées chez l'adulte vont dans ce sens en montrant que la fiabilité de l'échographie effectuée durant un transport est identique à celle réalisée dans le service d'accueil, et permet ainsi, par des échographies répétées de surveiller l'évolution d'un patient instable (28).

Limites de la formation à l'échographie en pédiatrie

L'échographie est un outil qui doit être utilisé avec prudence chez l'enfant, en étant toujours guidé par la clinique. C'est un faisceau d'arguments cliniques et échographiques qui permettra une prise en charge optimale. En effet, l'échographie cardiaque de l'enfant est parfois difficile et demande une expérience importante pour certains diagnostics. L'évaluation morphologique notamment doit être prudente pour un non cardiologue, et bien que la présence visible d'une anomalie morphologique puisse conforter le pédiatre dans son diagnostic clinique, et guider la prise en charge thérapeutique pré-hospitalière, l'absence d'anomalie visible sur l'échographie ne permet pas de l'éliminer de façon formelle et la suspicion clinique doit mener à un examen cardiologique. De même le diagnostic d'hypertension artérielle pulmonaire n'est pas aisé pour un opérateur n'utilisant pas l'échographie dans sa pratique quotidienne. C'est pour cette raison que nous avons volontairement réduit la formation initiale des pédiatres aux diagnostics échographiques pré-hospitaliers accessibles : taille des ventricules, fonction, marge de remplissage et présence d'un épanchement, sans aucune mesure chiffrée.

Cependant, nous avons pu observer qu'après une journée seulement de formation, les pédiatres étaient capables de repérer une HTAP sévère ou une cardiopathie congénitale telle que la transposition des gros vaisseaux (TGV) sur des images échographiques. La société américaine d'échocardiographie a établi en 2011 des recommandations quant à l'échographie cardiaque ciblée néonatale par les médecins néonatalogues (73). Apparaissent dans ces recommandations, l'évaluation de la fonction ventriculaire gauche et droite, la recherche d'un shunt atrial (foramen oval perméable), la recherche d'un canal artériel persistant, la recherche d'une hypertension artérielle pulmonaire, l'évaluation du volume intravasculaire, et la recherche d'un épanchement péricardique.

V- CONCLUSION

L'échographie d'urgence en pédiatrie a des indications limitées, mais concerne des enfants instables présentant un risque vital à court terme, et pour lesquels un diagnostic échographique pré-hospitalier et une prise en charge précoce pourrait avoir un impact sur le pronostic. La clinique seule est souvent frustrante chez l'enfant hémodynamiquement instable et ne permet pas une évaluation optimale. Les indications les plus fréquentes d'utilisation sont : polytraumatisme, soutien hémodynamique (remplissage, inotropes, vasopresseurs), HTAP et suspicion de malformation cardiaque, mais aucune recommandation officielle n'existe à l'heure actuelle. De plus, la maîtrise de cette technique nécessite une formation courte. Il serait donc intéressant de développer l'utilisation de l'échographie d'urgence en pédiatrie, afin d'optimiser la prise en charge des patients en situation d'urgence.

BIBLIOGRAPHIE

1. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, Flachskampf FA, Foster E, Pellikka PA, et al. Recommendations for Chamber Quantification: A Report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, Developed in Conjunction with the European Association of Echocardiography, a Branch of the European Society of Cardiology. *J Am Soc Echocardiogr*. 2005;18(12):1440-63.
2. Rozycki GS, Ochsner MG, Jaffin JH, Champion HR. Prospective evaluation of surgeons' use of ultrasound in the evaluation of trauma patients. *J Trauma*. 1993;34(4):516-26; discussion 526-527.
3. Rozycki GS, Ochsner MG, Schmidt JA, Frankel HL, Davis TP, Wang D, et al. A prospective study of surgeon-performed ultrasound as the primary adjuvant modality for injured patient assessment. *J Trauma*. 1995;39(3):492-8; discussion 498-500.
4. Neskovic AN, Edvardsen T, Galderisi M, Garbi M, Gullace G, Jurcut R, et al. Focus cardiac ultrasound: the European Association of Cardiovascular Imaging viewpoint. *Eur Heart J - Cardiovasc Imaging*. 2014;15(9):956-60.
5. Alauze C. Echographie en pré hospitalier [Internet]. 2006 [cité 13 sept 2018]; JLAR. Disponible sur: <http://studylibfr.com/doc/3916765/echographie-en-pré-hospitalier>
6. Adnet F, Galinski M, Lapostolle F. Echographie en traumatologie pour l'urgentiste : de l'enseignement à la pratique. *Réanimation*. 2004;13(8):465-70.
7. Kristensen JK, Buemann B, Kühl E. Ultrasonic scanning in the diagnosis of splenic haematomas. *Acta Chir Scand*. 1971;137(7):653-7.
8. Thomas B, Falcone RE, Vasquez D, Santanello S, Townsend M, Hockenberry S, et al. Ultrasound evaluation of blunt abdominal trauma: program implementation, initial experience, and learning curve. *J Trauma*. mars 1997;42(3):384-8; discussion 388-390.
9. McElveen TS, Collin GR. The role of ultrasonography in blunt abdominal trauma: a prospective study. *Am Surg*. févr 1997;63(2):184-8.
10. Branney SW, Moore EE, Cantrill SV, Burch JM, Terry SJ. Ultrasound based key clinical pathway reduces the use of hospital resources for the evaluation of blunt abdominal trauma. *J Trauma*. 1997;42(6):1086-90.
11. Via G, Hussain A, Wells M, Reardon R, ElBarbary M, Noble VE, et al. International evidence-based recommendations for focused cardiac ultrasound. *J Am Soc Echocardiogr Off Publ Am Soc Echocardiogr*. 2014;27(7):683.e1-683.e33.
12. Mancuso FJN, Siqueira VN, Moisés VA, Gois AFT, de Paola AAV, Carvalho ACC, et al. Focused Cardiac Ultrasound Using a Pocket-Size Device in the Emergency Room. *Arq Bras Cardiol*. 2014;103(6):530-7.
13. Bobbia X, Zieleskiewicz L, Pradeilles C, Hudson C, Muller L, Claret PG, et al. The clinical impact and prevalence of emergency point-of-care ultrasound: A prospective multicenter study.

Anaesth Crit Care Pain Med. 2017;36(6):383-9.

14. Massen H, Mercat C. Intérêt des explorations par les ultrasons dans les véhicules de transport primaires d'urgence des malades ou blessés. *Rev SAMU*. 1983;7:321-4.
15. Rooney KP. Pre-hospital assessment with ultrasound in emergencies: implementation in the field. *World J Emerg Med*. 2016;7(2):117.
16. Booth KL, Reed MJ, Brady S, Cranfield KR, Kishen R, Letham K, et al. Training paramedics in focussed echo in life support. *Eur J Emerg Med Off J Eur Soc Emerg Med*. 2015;22(6):430-5.
17. Brooke M, Walton J, Scutt D, Connolly J, Jarman B. Acquisition and interpretation of focused diagnostic ultrasound images by ultrasound-naïve advanced paramedics: trialling a PHUS education programme. *Emerg Med J EMJ*. 2012;29(4):322-6.
18. Lapostolle F, Petrovic T, Lenoir G, Catineau J, Galinski M, Metzger J, et al. Usefulness of hand-held ultrasound devices in out-of-hospital diagnosis performed by emergency physicians. *Am J Emerg Med*. 2006;24(2):237-42.
19. Grimbart M. Évaluation des besoins en échographie pré-hospitalière au SMUR du Centre Hospitalier de Roubaix. [thèse pour l'obtention du diplôme de docteur en médecine] 2017.
20. Benenati S, Chardin A, Laborne F-X, Kadji R, Sapir D, Tazarourte K, et al. Échoscopie ultra-portable en SMUR (SMURSCOPE) : impact sur la prise en charge pré-hospitalière et l'orientation du patient. *Anesth Réanimation*. 2015;1:A34-5.
21. Société Française de Médecine d'Urgence - SFMU. Disponibilité et pratique de l'échographie clinique en SMUR : Enquête Nationale 2016 [Internet]. [cité 21 juin 2018]. Disponible sur: http://www.sfmur.org/fr/bus/media/med_id/1335
22. membres de la commission des référentiels de la SFMU, Duchenne J, Martinez M, Rothmann C, Claret P-G, Desclefs J-P, et al. Premier niveau de compétence pour l'échographie clinique en médecine d'urgence. Recommandations de la Société française de médecine d'urgence par consensus formalisé. *Ann Fr Médecine Urgence*. 2016;6(4):284-95.
23. Melniker LA, Leibner E, McKenney MG, Lopez P, Briggs WM, Mancuso CA. Randomized Controlled Clinical Trial of Point-of-Care, Limited Ultrasonography for Trauma in the Emergency Department: The First Sonography Outcomes Assessment Program Trial. *Ann Emerg Med*. 2006;48(3):227-35.
24. Montoya J, Stawicki SP, Evans DC, Bahner DP, Sparks S, Sharpe RP, et al. From FAST to E-FAST: an overview of the evolution of ultrasound-based traumatic injury assessment. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2016;42(2):119-26.
25. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick AW, et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med*. 2012;38(4):577-91.
26. Alrajhi K, Woo MY, Vaillancourt C. Test characteristics of ultrasonography for the detection of pneumothorax: a systematic review and meta-analysis. *Chest*. 2012;141(3):703-8.
27. Ma OJ, Mateer JR. Trauma ultrasound examination versus chest radiography in the detection of

hemothorax. *Ann Emerg Med*. 1997;29(3):312-5; discussion 315-316.

28. Brun P-M, Bessereau J, Chenaitia H, Pradel A-L, Deniel C, Garbaye G, et al. Stay and play eFAST or scoop and run eFAST? That is the question! *Am J Emerg Med*. 2014;32(2):166-70.
29. Lichtenstein DA, Mezière GA. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. *Chest*. 2008;134(1):117-25.
30. Lichtenstein DA. Échographie pleuro-pulmonaire. /data/revues/16240693/v0012i01/02000051/ [Internet]. [cité 27 févr 2019]; Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/en/article/15957>
31. Labovitz AJ, Noble VE, Bierig M, Goldstein SA, Jones R, Kort S, et al. Focused cardiac ultrasound in the emergent setting: a consensus statement of the American Society of Echocardiography and American College of Emergency Physicians. *J Am Soc Echocardiogr Off Publ Am Soc Echocardiogr*. 2010;23(12):1225-30.
32. Breitzkreutz R, Walcher F, Seeger FH. Focused echocardiographic evaluation in resuscitation management: Concept of an advanced life support-conformed algorithm: *Crit Care Med*. 2007;35(Suppl):S150-61.
33. Moore CL, Rose GA, Tayal VS, Sullivan DM, Arrowood JA, Kline JA. Determination of left ventricular function by emergency physician echocardiography of hypotensive patients. *Acad Emerg Med Off J Soc Acad Emerg Med*. 2002;9(3):186-93.
34. Randazzo MR, Snoey ER, Levitt MA, Binder K. Accuracy of emergency physician assessment of left ventricular ejection fraction and central venous pressure using echocardiography. *Acad Emerg Med Off J Soc Acad Emerg Med*. 2003;10(9):973-7.
35. Manasia AR, Nagaraj HM, Kodali RB, Croft LB, Oropello JM, Kohli-Seth R, et al. Feasibility and potential clinical utility of goal-directed transthoracic echocardiography performed by noncardiologist intensivists using a small hand-carried device (SonoHeart) in critically ill patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2005;19(2):155-9.
36. Lucas BP, Candotti C, Margeta B, Evans AT, Mba B, Baru J, et al. Diagnostic accuracy of hospitalist-performed hand-carried ultrasound echocardiography after a brief training program. *J Hosp Med*. 2009;4(6):340-9.
37. Beraud A-S, Rizk NW, Pearl RG, Liang DH, Patterson AJ. Focused transthoracic echocardiography during critical care medicine training: curriculum implementation and evaluation of proficiency. *Crit Care Med*. 2013;41(8):e179-181.
38. Vignon P, Mücke F, Bellec F, Marin B, Croce J, Brouqui T, et al. Basic critical care echocardiography: validation of a curriculum dedicated to noncardiologist residents. *Crit Care Med*. 2011;39(4):636-42.
39. Rob C. Tanzola, MD, Sam Walsh, Bsc, Wilma M. Hopman, MA, Devin Sydor, MD Ramiro Arellano, MD Rene V. Allard, MD. Brief report: Focused transthoracic echocardiography training in a cohort of Canadian anesthesiology residents: a pilot study. *J Can Anesth*. 2013;
40. Vignon P, Dugard A, Abraham J, Belcour D, Gondran G, Pepino F, et al. Focused training for goal-oriented hand-held echocardiography performed by noncardiologist residents in the intensive care unit. *Intensive Care Med*. 2007;33(10):1795-9.

41. Martin T, Carrié C. Evaluation des compétences diagnostiques après un programme de formation spécifique à l'échoscopie préhospitalière chez les patients instables [Mémoire du DESC de médecine d'urgence]. Bordeaux; 2015.
42. Expert Round Table on Ultrasound in ICU. International expert statement on training standards for critical care ultrasonography. *Intensive Care Med.* 2011;37(7):1077-83.
43. Kern SJ, Smith RS, Fry WR, Helmer SD, Reed JA, Chang FC. Sonographic examination of abdominal trauma by senior surgical residents. *Am Surg.* 1997;63(8):669-74.
44. Smith RS, Kern SJ, Fry WR, Helmer SD. Institutional Learning Curve of Surgeon-Performed Trauma Ultrasound. *Arch Surg.* 1998;133(5):530-6.
45. Shackford SR, Rogers FB, Osler TM, Trabulsky ME, Clauss DW, Vane DW. Focused abdominal sonogram for trauma: the learning curve of nonradiologist clinicians in detecting hemoperitoneum. *J Trauma.* 1999;46(4):553-62; discussion 562-564.
46. Biais M, Carrié C, Delaunay F, Morel N, Revel P, Janvier G. Evaluation of a new pocket echoscopic device for focused cardiac ultrasonography in an emergency setting. *Crit Care.* 2012;16(3):R82.
47. Coşkun F, Akıncı E, Ceyhan MA, Sahin Kavaklı H. Our new stethoscope in the emergency department: handheld ultrasound. *Ulus Travma Ve Acil Cerrahi Derg Turk J Trauma Emerg Surg TJTES.* 2011;17(6):488-92.
48. Marin JR, Abo AM, Arroyo AC, Doniger SJ, Fischer JW, Rempell R, et al. Pediatric emergency medicine point-of-care ultrasound: summary of the evidence. *Crit Ultrasound J.* 2016;8(1):16.
49. Coz JL, Orlandini S, Titomanlio L, Rinaldi VE. Point of care ultrasonography in the pediatric emergency department. *Ital J Pediatr.* 2018;44(1):87.
50. Klugman D, Berger JT. Echocardiography & Focused Cardiac Ultrasound. *Pediatr Crit Care Med J Soc Crit Care Med World Fed Pediatr Intensive Crit Care Soc.* 2016;17(8 Suppl 1):S222-4.
51. Marin JR, Zuckerbraun NS, Kahn JM. Use of emergency ultrasound in United States pediatric emergency medicine fellowship programs in 2011. *J Ultrasound Med Off J Am Inst Ultrasound Med.* 2012;31(9):1357-63.
52. Ramirez-Schrempp D, Dorfman DH, Tien I, Liteplo AS. Bedside ultrasound in pediatric emergency medicine fellowship programs in the United States: little formal training. *Pediatr Emerg Care.* 2008;24(10):664-7.
53. Brissaud O, Guichoux J, Villega F, Orliaguet G. Quelle évaluation hémodynamique non invasive en réanimation pédiatrique en 2009 ? *Ann Fr Anesth Réanimation.* 2010;29(3):233-41.
54. Boet Angèle. [Mémoire DIU]: Echocardiographie et SMUR pédiatrique. Création d'un référentiel et de formations d'échographie cardiaque pédiatrique embarquée. 2016.
55. Holmes JF, Gladman A, Chang CH. Performance of abdominal ultrasonography in pediatric blunt trauma patients: a meta-analysis. *J Pediatr Surg.* 2007;42(9):1588-94.

56. Taylor GA, Sivit CJ. Posttraumatic peritoneal fluid: Is it a reliable indicator of intraabdominal injury in children? *J Pediatr Surg.* 1995;30(12):1644-8.
57. Klugman D, Berger JT. Echocardiography as a hemodynamic monitor in critically ill children. *Pediatr Crit Care Med J Soc Crit Care Med World Fed Pediatr Intensive Crit Care Soc.* 2011;12(4 Suppl):S50-54.
58. Şahin S, Uysal Yazıcı M, Ayar G, Köksal T, Çetin İİ, Ekici F, et al. Clinical impact and efficacy of bedside echocardiography on patient management in pediatric intensive care units (PICUs): A prospective study. *Anatol J Cardiol.* 2017;18(2):136-41.
59. Ranjit S, Kissoon N. Bedside echocardiography is useful in assessing children with fluid and inotrope resistant septic shock. *Indian J Crit Care Med Peer-Rev Off Publ Indian Soc Crit Care Med.* 2013;17:224-30.
60. Inagawa G, Morimura N, Miwa T, Okuda K, Hirata M, Hiroki K. A comparison of five techniques for detecting cardiac activity in infants. *Pediatr Anesth.* 2003;13(2):141-6.
61. Ochoa FJ, Ramalle-Gómara E, Carpintero JM, García A, Saralegui I. Competence of health professionals to check the carotid pulse. *Resuscitation.* 1998;37(3):173-5.
62. Sarti A, Savron F, Ronfani L, Pelizzo G, Barbi E. Comparison of three sites to check the pulse and count heart rate in hypotensive infants. *Paediatr Anaesth.* 2006;16(4):394-8.
63. Tsung JW, Blaivas M. Feasibility of correlating the pulse check with focused point-of-care echocardiography during pediatric cardiac arrest: a case series. *Resuscitation.* 2008;77(2):264-9.
64. Levine AC, Shah SP, Umulisa I, Munyaneza RBM, Dushimiyimana JM, Stegmann K, et al. Ultrasound assessment of severe dehydration in children with diarrhea and vomiting. *Acad Emerg Med Off J Soc Acad Emerg Med.* 2010;17(10):1035-41.
65. Chen L, Kim Y, Santucci KA. Use of ultrasound measurement of the inferior vena cava diameter as an objective tool in the assessment of children with clinical dehydration. *Acad Emerg Med Off J Soc Acad Emerg Med.* 2007;14(10):841-5.
66. Gaspar HA, Morhy SS, Lianza AC, de Carvalho WB, Andrade JL, do Prado RR, et al. Focused cardiac ultrasound: a training course for pediatric intensivists and emergency physicians. *BMC Med Educ.* 2014;14:25.
67. Spurney CF, Sable CA, Berger JT, Martin GR. Use of a hand-carried ultrasound device by critical care physicians for the diagnosis of pericardial effusions, decreased cardiac function, and left ventricular enlargement in pediatric patients. *J Am Soc Echocardiogr Off Publ Am Soc Echocardiogr.* 2005;18(4):313-9.
68. Brunet S. journée de recherche du GFRUP : POCUS en SMUR pédiatrique [Internet]. 2018 [cité 10 mars 2019].
69. Browning Carmo K, Lutz T, Greenhalgh M, Berry A, Kluckow M, Evans N. Feasibility and utility of portable ultrasound during retrieval of sick preterm infants. *Acta Paediatr* 2017;106(8):1296-301.
70. Mayo PH, Beaulieu Y, Doelken P, Feller-Kopman D, Harrod C, Kaplan A, et al. American

College of Chest Physicians/La Société de Réanimation de Langue Française Statement on Competence in Critical Care Ultrasonography. *Chest*. 2009;135(4):1050-60.

71. Vignon P, Dugard A, Abraham J, Belcour D, Gondran G, Pepino F, et al. Focused training for goal-oriented hand-held echocardiography performed by noncardiologist residents in the intensive care unit. *Intensive Care Med*. 2007;33(10):1795-9.
72. Alexander JH, Peterson ED, Chen AY, Harding TM, Adams DB, Kisslo JA. Feasibility of point-of-care echocardiography by internal medicine house staff. *Am Heart J*. 2004;147(3):476-81.
73. Mertens L, Seri I, Marek J, Arlettaz R, Barker P, McNamara P, et al. Targeted Neonatal Echocardiography in the Neonatal Intensive Care Unit: practice guidelines and recommendations for training. Writing Group of the American Society of Echocardiography (ASE) in collaboration with the European Association of Echocardiography (EAE) and the Association for European Pediatric Cardiologists (AEPC). *J Am Soc Echocardiogr Off Publ Am Soc Echocardiogr*. 2011;24(10):1057-78.

ANNEXE 1 : Questionnaire d'utilisation de l'échographie au SMUR néonatal et pédiatrique

Nous vous remercions de remplir ce questionnaire :

- Si une échographie a été réalisée (cœur, poumon, abdomen,...)
- OU dans les indications suivantes : soutien hémodynamique (remplissage, inotrope), HTAP, suspicion de malformation cardiaque, polytraumatisé (même si l'écho n'a pas été réalisée)

Lieu d'intervention :

A- Si l'échographie n'a pas été réalisée, quelle en était la raison :

Manque de temps / Proximité de l'hôpital / Clinique typique / Autre (précisez)

B- Si l'échographie a été réalisée :

1) ECHOGRAPHIE CARDIAQUE

Appareil utilisé :

Sono IVIZ / Appareil local / Autre

Indication :

Détresse respiratoire inexpliquée / État de choc / Tachycardie / Cyanose / Suspicion de cardiopathie / Arrêt cardio-respiratoire

Coupes réalisées :

Sous-costale / 4 cavités / Parasternale grand axe / Parasternale petit axe / Vue du canal / Supra-sternale

Diagnostic :

- Ventricule gauche : *Petit / Normal / Dilaté / Hyperkinétique / Indéterminé*
- Ventricule droit : *Petit / Normal / Dilaté / Indéterminé*
- Fonction VG : *Hyperkinétique / Normale / Intermédiaire / Sévèrement réduite / Indéterminée*
- Fonction VD : *Hyperkinétique / Normale / Intermédiaire / Sévèrement réduite / Indéterminée*
- Épanchement péricardique : *Absent / Petit / Modéré / Large*
- Veine cave inférieure : *Dilatée / Normale / Collabée*
- Morphologie : *Canal artériel / Coarctation de l'aorte / Autre (précisez)*

Interprétation :

Dysfonction VG / Dysfonction VD / Indication au remplissage / HTAP / Malformation cardiaque / Épanchement péricardique / Canal artériel persistant / Normale

2) FAST ECHO

Appareil utilisé :

Sono IVIZ / Appareil local / Autre

Indication :

Traumatisme / Suspicion d'épanchement gazeux ou liquidien

Coupes réalisées :

Thorax G (liquide) / Thorax D (liquide) / Thorax G (gaz) / Thorax D (gaz) / Péricarde / Quadrant abdominal supérieur D / Quadrant abdominal supérieur G / Sus-pubienne

Interprétation :

Épanchement abdominal / Épanchement péricardique / Pneumothorax G / Pneumothorax D / Épanchement pleural / Examen normal

Si épanchement retrouvé :

Abdominal : Petit / Modéré / Large

Pleural : Petit / Modéré / Large

3) INTERET DE L'ECHOGRAPHIE (à remplir si écho cœur et/ou fast écho réalisée)

Aide diagnostic : *Oui / Non*

Aide à la thérapeutique initiale : *Oui / Non*

Aide à l'orientation du patient : *Oui / Non*

Bénéfice global ressenti : *Oui / Non*

Durée de réalisation de l'échographie : *< 5 min / 5 à 10 min / > 10 min*

Commentaires :

Livret de formation

Echocardiographie au SMUR néonatal et pédiatrique

Dr Elodie Perdreau
SMUR néonatal et pédiatrique
CHU de Bordeaux
2018-2019

Introduction

L'intégration de l'utilisation de l'échographie aux urgences et en pré-hospitalier a commencé dans les années 80. Il a été démontré qu'elle représentait une aide précieuse à tous les stades de la prise en charge : diagnostic, pronostic, orientation du patient, thérapeutique. Il s'agit d'un examen ciblé, qualitatif et non exhaustif qui doit s'intégrer dans l'évaluation clinique.

Bien développée chez les adultes, elle l'est moins chez les enfants en France, à la différence des Etats-Unis.

Deux domaines d'intérêt se dégagent :

- l'évaluation hémodynamique
- la recherche d'épanchement gazeux ou liquidien (FAST echo)

Ce livret concerne l'évaluation hémodynamique et est inspiré des recommandations américaines pour l'échographie cardiaque dirigée (FOCUS : focused cardiac ultrasound).

Les objectifs sont :

- identifier les situations spécifiques impliquant le cœur, du nouveau-né à l'enfant
- évaluer la fonction cardiaque, notamment en cas d'état de choc.

L'évaluation de la fonction systolique peut servir en cas de tachycardie, hypotension et arythmie. Elle permet également de s'orienter vers une éventuelle cause cardiaque à l'état de choc. L'étude de la veine cave inférieure permet d'estimer la volémie du patient. La recherche d'épanchement péricardique peut être utile en cas de suspicion de tamponnade, en cas de traumatisme ou d'arrêt cardio-respiratoire.

La répétition des examens est primordiale, pour évaluer la réponse des patients aux thérapeutiques mises en place.

Après deux chapitres sur l'appareil et les réglages de l'image échographique, les différentes coupes à utiliser sont présentées, suivies de 3 items pour l'évaluation simplifiée de l'hémodynamique en pré-hospitalier, dans la population pédiatrique : indication au remplissage, fonction cardiaque et recherche d'épanchement péricardique.

Bonne lecture !

1. Présentation de l'appareil

Pour une présentation claire et une introduction sur les modalités d'utilisation de l'appareil, vous pouvez regarder cette vidéo : <https://www.sonosite.com/fr/produit/sonosite-iviz>.

1.1 Matériel

Le matériel dont nous disposons avec l'appareil est le suivant :

- 2 sondes d'échographie (à gauche, la sonde cardio et à droite, celle pour l'abdomen/vasculaire) et du gel



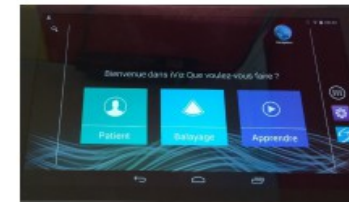
- Le chargeur et la batterie (pensez à toujours prendre une batterie de rechange car elle n'est pas dans le sac (tiroir sous le tiroir où sont rangés les appareils d'écho))



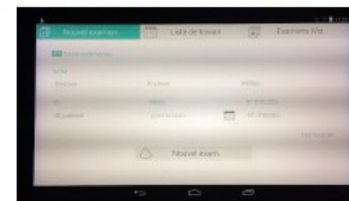
1.2. Démarrage de l'appareil

- L'appareil s'allume en haut à droite. La page d'accueil est la suivante. Il y a 3 menus :

- « Patient » pour entrer l'identité du patient
- « Balayage » pour scanner directement sans entrer l'identité du patient
- « Apprendre » pour revoir les coupes standard et lire le guide d'utilisation de l'appareil (si vous ne savez pas quoi faire ;))



- Lorsque l'on sélectionne « Patient », on arrive sur cette page qui permet d'entrer le nom/prénom, etc... puis on clique sur « Nouvel examen ».



- Une fois « Nouvel examen » sélectionné, on arrive sur cette page et on peut alors commencer à scanner.



1.3. Description de la page d'accueil

1.3. Description de la page d'accueil



2. Réglages

Avant de commencer à scanner, il faut faire quelques réglages (mode/orientation de l'image) et sur la première coupe que l'on trouve, optimiser la qualité de l'image. Ceci est indispensable pour éviter toute interprétation erronée.

2.1. Mode

Quand l'appareil s'allume, il est en mode « Abdo ». Appuyer sur le menu déroulant en haut à droite de l'écran et sélectionner « Cardio ». Le mode « Abdo » est intéressant pour la recherche d'épanchement liquidien et le mode pulmonaire pour la recherche de pneumothorax.



2. Réglages

Avant de commencer à scanner, il faut faire quelques réglages (mode/orientation de l'image) et sur la première coupe que l'on trouve, optimiser la qualité de l'image. Ceci est indispensable pour éviter toute interprétation erronée.

2.1. Mode

Quand l'appareil s'allume, il est en mode « Abdo ». Appuyer sur le menu déroulant en haut à droite de l'écran et sélectionner « Cardio ». Le mode « Abdo » est intéressant pour la recherche d'épanchement liquidien et le mode pulmonaire pour la recherche de pneumothorax.



2.2. Orientation

Toutes les sondes d'écho ont un « notch », c'est-à-dire une encoche sur le côté qui permet à l'utilisateur de repérer la latéralité des images qu'il visualise avec la sonde d'écho.



Cette encoche est reportée sur l'image, selon l'orientation choisie et permet donc de latéraliser les structures (du côté du notch ou non). Le mieux est de vérifier que cette encoche se trouve bien à droite sur l'écran, si on se place selon le point de vue de l'utilisateur. Sur cet appareil, elle se met automatiquement du « mauvais » côté donc le réglage est à faire, avant même de poser la sonde sur le thorax.



Sur cet exemple, le notch de la sonde est placé le plus à gauche du patient (cercle rouge, notch non visible sur cette photo) et correspond au petit carré bleu sur l'écran de l'échographie. Les structures sur la droite de l'écran (si on se place du point de vue de l'échographiste) se trouveront donc être les structures gauches du cœur.

2.3. Profondeur

En fonction de la taille de l'enfant, il faut régler la profondeur du champ. Elle varie sur cet appareil de 5 cm à 20 cm. Elle se règle avec le paramètre « Prof » de l'appareil d'écho.

La profondeur sera d'autant plus faible que l'enfant est de petite taille. Pour un nouveau-né, par exemple, il faut utiliser une profondeur de 5 cm.

Pour régler la profondeur optimale, il faut utiliser la première coupe obtenue : l'image doit occuper la majeure partie du champ, tout en gardant une résolution correcte visuellement.



2.4. Gain

Le gain de l'image correspond au niveau de gris de celle-ci. Un gain trop faible donne une image noire, un gain trop fort donne une image trop brillante. Il faut donc trouver le juste milieu !

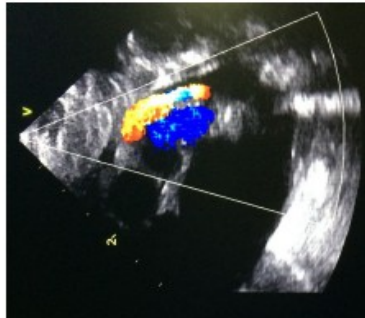
Sur cet appareil, plusieurs réglages simples sont possibles :

- le gain total : il modifie le niveau de gris de l'ensemble de l'image, à régler en priorité
- le gain Su/Pr : il modifie le niveau de gris de la partie la plus proche de la sonde (Su) ou la plus lointaine (Pr).

Les deux sont à régler pour optimiser le gain de l'image mais chez l'enfant, le réglage du gain total devrait suffire.

2.5. Mode couleur

Ce mode vous permet d'évaluer le sens du flux, notamment pour évaluer le sens du canal artériel. Le code habituel pour interpréter est le suivant : rouge lorsque le flux va vers la sonde et bleu lorsqu'il s'en éloigne (rien à voir avec l'oxygénation du sang !).



2.6. Synthèse

Les réglages à faire sont donc les suivants :

- Se mettre en mode « Cardio »
- Vérifier que le notch sur l'image est bien à droite (selon le point de vue de l'utilisateur) en plaçant la sonde d'écho avec le notch à la gauche du patient
- Régler la profondeur du champ et le gain avec la première image

3. Coupes

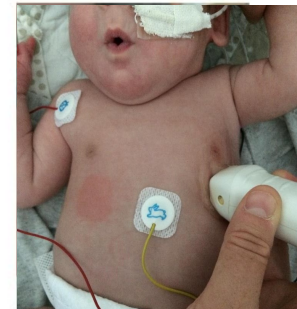
3.1. 4 cavités

Il s'agit de la coupe la plus importante à connaître et à maîtriser car c'est une mine d'informations : état du remplissage (ventricules hyperkinétiques), taille des ventricules, fonction cardiaque, hypertension artérielle pulmonaire...

Chez l'enfant de plus de 3 ans (cela dépend de leur corpulence), on peut optimiser l'image en plaçant l'enfant en décubitus latéral gauche. La sonde doit être placée en axillaire gauche, à la pointe du cœur (que l'on doit imaginer...), le notch étant à 2-3h.

Cette coupe est analysable si on voit :

- les 4 cavités, du massif des oreillettes jusqu'à la pointe des ventricules
- les valves mitrale et tricuspide
- la paroi latérale des deux ventricules.



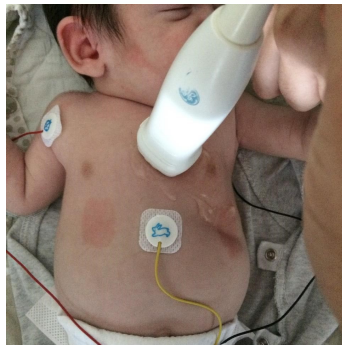
(notch : cercle rouge)



3.2. Parasternale grand axe

Cette coupe permet de regarder plus précisément le côté gauche du cœur.

L'enfant peut rester en décubitus latéral gauche. La sonde est placée sur le bord gauche du sternum, à peu près à hauteur du 3^{ème} - 4^{ème} espace intercostal, le notch étant dirigé vers l'épaule droite, soit à 10h.



On doit voir l'oreillette gauche, la valve mitrale, le ventricule gauche, la valve aortique et l'infundibulum (voie d'éjection droite, portion du ventricule droit sous la valve pulmonaire).



Dans le cadre d'une échographie réalisée en urgence, elle permet une analyse rapide de la fonction cardiaque et de la cinétique du septum interventriculaire (anormale en cas d'hypertension artérielle pulmonaire). Elle sert également au diagnostic de transposition des gros vaisseaux.

3.3. Sous-costale

Cette coupe permet de visualiser la veine cave inférieure et l'existence d'un éventuel épanchement péricardique.

La veine cave inférieure (VCI) n'est pas toujours évidente à dégager, il ne faut pas perdre de temps à la chercher. De plus, si le patient est intubé, l'interprétation est difficile.

On place la sonde en sous-xyphoïdien, le notch étant à 1h, regardant l'épaule gauche et on va faire un mouvement de balayage (vers le haut) pour dégager la VCI. Elle apparaît alors en longitudinal (tube).



On peut également voir sur cette coupe un éventuel épanchement péricardique.



Une autre possibilité pour mettre en évidence un épanchement est de mettre la sonde en sous-xyphoïdien, avec le notch à 3h, et de la basculer vers le haut pour faire apparaître le bord droit du cœur. En cas d'épanchement, la localisation préférentielle se trouve d'abord sur le bord droit du cœur (moins de pression).



4. Utilisation de l'échographie

4.1. Fonction cardiaque

Evaluer la fonction cardiaque est l'élément le plus intéressant et utile en pré-hospitalier pour s'assurer que le cœur fonctionne normalement et en cas de défaillance, évaluer la gravité de celle-ci et adapter la prise en charge thérapeutique. L'évaluation de la taille des ventricules donne également des indices les conditions de charge.

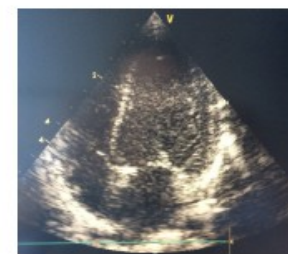
Il existe de nombreuses techniques d'évaluation de la fonction cardiaque, aussi bien systolique que diastolique mais qui sont difficiles à appliquer en pré-hospitalier pour plusieurs raisons : la technique (qualité des images, accès au patient, ...), la formation (cela demande plus de temps pour assurer une bonne fiabilité des mesures) et l'intérêt en pré-hospitalier (la

question que l'on se pose est : « le cœur fonctionne-t-il normalement ? » avec une réponse manichéenne : « Oui ou non » !).

Les coupes 4 cavités et parasternale grand axe permettent d'apprécier la contraction et le remplissage des cavités. Elles nous renseignent sur :

- La taille des ventricules :

- Normalement le ventricule droit fait un peu plus de la moitié du ventricule gauche (rapport VD/VG < 0.6) sauf en période néonatale immédiate
- Une dilatation du ventricule gauche peut être liée à une dysfonction systolique, un shunt à l'étage ventriculaire ou artériel (communication interventriculaire, canal artériel, etc...)
- Une dilatation du ventricule droit peut être en rapport avec une dysfonction ventriculaire droite, une hypertension artérielle pulmonaire (selon le contexte), un shunt atrial (communication interatriale), une embolie pulmonaire, etc..
- Une partie du cœur de très petite taille peut être d'origine malformative (par exemple, hypoplasie du cœur gauche)



Exemple de dilatation du ventricule gauche (shunt gauche-droite : canal artériel)

- La fonction ventriculaire s'apprécie visuellement (sur la 4 cavités où vous avez accès aux deux ventricules et sur la parasternale grand axe qui ne concernera que le ventricule gauche) :

- Hyperkinésie dans un contexte d'indication au remplissage (>70%)
- Fonction normale qui correspond à une fraction d'éjection autour de 55-65%
- Fonction intermédiaire (35-55%)
- Fonction sévèrement réduite (<35%)

Certes, cette évaluation visuelle est peu précise mais elle est suffisante pour orienter la thérapeutique et ne pas mettre en danger le patient en multipliant les remplissages vasculaires.

Nous verrons des exemples lors de la journée de formation.

Ainsi,

- Ventricules hyperkinétiques => s'orienter vers le remplissage
- Fonction normale : statu quo
- Fonction intermédiaire : diurétique et soutien inotrope à dose modérée (ex : corotrope 0.5 µg/kg/min et adrénaline 0.05µg/kg/min ou dobutamine 5 µg/kg/min), si cela concorde avec la clinique
- Fonction sévèrement réduite : diurétique, soutien inotrope important (ex : corotrope 1 µg/kg/min et adrénaline 0.1 µg/kg/min ou dobutamine 10-15 µg/kg/min)

4.2. Remplissage

L'évaluation du remplissage par l'échographie peut être intéressante pour plusieurs raisons :

- Poser l'indication de remplissage
- Evaluer les conditions de charge après un premier remplissage
- Eliminer une défaillance cardiaque

En échographie pré-hospitalière, deux coupes peuvent vous aider dans cette évaluation :

- Coupe 4 cavités : les ventricules seront hyperkinétiques, c'est-à-dire qu'ils contractent très fort
- Vue sous-costale de la veine cave inférieure : la veine cave inférieure est fine et se collapse à plus de 50% au cours de la respiration.

4.3. Épanchement péricardique

L'épanchement péricardique est peu fréquent chez l'enfant.

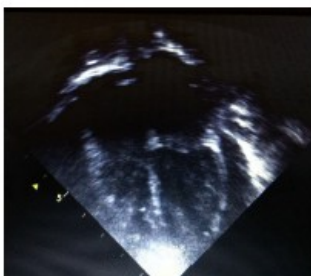
En traumatologie et en cas d'arrêt cardio-respiratoire inexpliqué, la recherche d'un épanchement péricardique peut être nécessaire, notamment pour éliminer une tamponnade, cause curable d'arrêt cardio-respiratoire de type asystolie. Dans ce cas, l'échocardiographie servira également à guider le geste salvateur.

Un épanchement péricardique est représenté par une bande noire en regard du bord du cœur (droit ou les deux) et peut être vu sur différentes coupes, notamment lorsqu'il est important (coupe sous-costale, 4 cavités, parasternale grand axe). La vue sous-costale est la principale coupe à retenir car elle permet de bien le dégager lorsqu'il est du côté droit – là où il sera d'emblée, compte-tenu des pressions plus basses à droite- et elle permet de guider le geste de ponction.

Lorsqu'il est important, il faut se poser la question d'une tamponnade, en fonction de l'état clinique du malade. A l'échographie, les éléments suivants sont importants :

- épanchement péricardique important, réparti tout autour du cœur
- ventricule droit de petite taille avec le bord libre qui a un mouvement anormal, le ventricule étant comme « écrasé » contre le ventricule gauche, on parle de « swinging heart »

Si on doit ponctionner (par exemple, en cas d'ACR), on reste avec la sonde positionnée en sous-costal (notch à 3h), là où il y a le plus de liquide et on ponctionne selon l'axe de la sonde, en visant l'épaule gauche.



Exemple d'épanchement péricardique circonferentiel sur une coupe 4 cavités

Conclusion

Finalement, chez le nourrisson et l'enfant, l'évaluation hémodynamique dirigée s'inspire de celle réalisée chez l'adulte : évaluation de la fonction cardiaque, du remplissage et recherche d'un épanchement péricardique. Cette technique échographique est rapidement accessible à

l'apprentissage car peu de coupes sont à intégrer et l'interprétation est assez simple.

La particularité pédiatrique concerne le nouveau-né qui présente des tableaux d'état de choc liés à la transition vie intra/extra-utérine et à la présence éventuelle de malformation cardiaque non dépistée. Ces éléments demandent un peu plus d'entraînement et nous y sommes moins confrontés mais une initiation me semblait intéressante.

En pièces jointes, vous trouverez des vidéos des différentes coupes à connaître.

Lors de la journée de formation, nous reprendrons les grandes notions développées dans ce livret, grâce à la pratique sur volontaires sains puis sur patients de réanimation et néonatalogie, et grâce à l'étude de vidéos pour distinguer le normal du pathologique.

Merci à toutes et tous pour votre participation.

5. Vidéos

1. Coupe 4 cavités (cœur normal)
2. Coupe parasternale grand axe (cœur normal)
3. Coupe sous-costale (cœur normal)
4. Coupe supra-sternale (crosse de l'aorte normale)
5. Coupe du canal artériel (shunt droite gauche en systole à travers le canal artériel)

6. Références

1. Lai WW, Geva T, Shirali GS, Frommelt PC, Humes RA, Brook MM, et al. Guidelines and Standards for Performance of a Pediatric Echocardiogram: A Report from the Task Force of the Pediatric Council of the American Society of Echocardiography. J Am Soc Echocardiogr. 2006 Dec;19(12):1413–30.
2. Mertens L, Seri I, Marek J, Arlettaz R, Barker P, McNamara P, et al. Targeted Neonatal Echocardiography in the Neonatal Intensive Care Unit: Practice Guidelines and Recommendations for Training: Writing group of the American Society of Echocardiography (ASE) in collaboration with the European Association of Echocardiography (EAE) and the Association for European Pediatric Cardiologists (AEPCC). Eur J Echocardiogr. 2011 Oct 1;12(10):715–36.
3. Marin JR, Abo AM, Arroyo AC, Doniger SJ, Fischer JW, Rempell R, et al. Pediatric emergency medicine point-of-care ultrasound: summary of the evidence. Crit Ultrasound J. 2016 Dec;8(1):16.

ANNEXE 3 : Exemple de questionnaire rempli d'échographie d'entraînement

Age de l'enfant : 6 jours

Tuteur :EP

Motif de l'échographie : recherche canal artériel

Date :15/11/18

Coupe réalisée	Bonne qualité	A améliorer	Non faite
4 cavités	x		
Parasternale grand axe	x		
Veine cave inférieure	x		
Sous-costale	x		

Diagnostic :

- 4) Veine cave inférieure : *Dilatée / Normale/ Collabée*
- 5) Epanchement péricardique : *Oui / Non*
- 6) Ventricule gauche : *Normal / Dilaté / Petit*
- 7) Ventricule droit : *Normal / Dilaté /Petit*
- 8) Fonction ventriculaire gauche : *Hyperkinétique / Normale/ Intermédiaire / Sévèrement réduite*
- 9) Fonction ventriculaire droite : *Hyperkinétique / Normale/ Intermédiaire / Sévèrement réduite*

Interprétation :

ETT normale / Indication au remplissage / Dysfonction VG / Dysfonction VD / Épanchement péricardique

Validation du tuteur :

Accord avec le(s) diagnostic(s) échographique(s) : **Oui** / Non

Accord avec l'interprétation : **Oui** / Non

ANNEXE 4 : Questionnaire de fin de formation

Concernant l'appareil d'échographie (cocher les réponses vraies)

- Pour l'écho coeur, le notch est habituellement situé à droite sur l'écran
- Il faut régler la profondeur avant de débiter l'examen pour que l'image occupe au moins les 2/3 du champ
- La profondeur réglée chez un nouveau-né est d'environ 15 cm
- En mode couleur, le flux est bleu quand il va vers la sonde et rouge lorsqu'il s'en éloigne

Concernant la coupe 4 cavités (cocher les réponses vraies)

- Elle permet d'évaluer la fonction cardiaque
- La sonde doit être placée en région sous-mamelonnaire gauche
- Le notch doit être à 2-3h
- C'est la meilleure coupe pour confirmer rapidement une transposition des gros vaisseaux

Concernant la coupe parasternale grand axe (cocher les réponses vraies)

- Le notch est dirigé vers l'épaule droite, à 10h
- Elle permet de voir l'ensemble des cavités droites
- Elle permet d'apprécier la fonction cardiaque
- Un épanchement péricardique peut être visualisé sur cette coupe

Parmi ces propositions, la/lesquelle(s) est/sont vraie(s)

- La veine cave inférieure se collapse de façon physiologique à plus de 50% au cours de l'inspiration
- Un épanchement péricardique se trouve plus souvent en regard des cavités gauches
- L'interprétation de la VCI est modifiée si le patient est intubé
- La coupe qui permet de visualiser la VCI peut également visualiser un épanchement péricardique

Concernant l'épanchement péricardique, quelle(s) est/sont la/les réponse(s) vraie(s)

- Il est visualisé par une bande blanche en regard du bord du cœur
- Un geste de ponction devra se faire en utilisant la vue sous costale
- La ponction se fait selon l'axe de la sonde, en visant l'épaule gauche
- A l'échographie, le ventricule droit est de petite taille, « écrasé » contre le ventricule gauche

Vidéo 1 (cocher les réponses vraies)

(insuffisance cardiaque sévère)

- Il s'agit d'une coupe 4 cavités
- Le ventricule gauche est dilaté
- Le ventricule droit est dilaté
- La fonction cardiaque gauche est sévèrement altérée
- La fonction cardiaque gauche est modérément altérée

Vidéo 2 (cocher les réponses vraies)

(Tamponnade)

- Il s'agit d'une coupe parasternale grand axe
- La contraction cardiaque est correcte
- Il existe un épanchement péricardique tout autour du cœur
- L'image est compatible avec un diagnostic de tamponnade

Vidéo 3 (cocher les réponses vraies)

(échographie normale)

- Il s'agit de la coupe de la veine cave inférieure (VCI)
- La VCI semble dilatée
- On peut éventuellement remplir le patient
- Il existe un petit épanchement péricardique

Vidéo 4 (cocher les réponses vraies)

(RVPA Total bloqué)

- Il s'agit d'une coupe 4 cavités
- Le ventricule gauche est dilaté
- Le ventricule droit est dilaté
- Un appel au cardiopédiatre doit être envisagé

SERMENT D'HIPPOCRATE

Au moment d'être admise à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.

Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admise dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçue à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonorée et méprisée si j'y manque.

Échographie pré-hospitalière en pédiatrie : intérêt, utilisation et formation des praticiens

Résumé

Introduction

L'échographie pré-hospitalière est encore peu utilisée en pédiatrie. Les objectifs de cette étude étaient : 1) décrire son intérêt et utilisation en pédiatrie, 2) évaluer l'apprentissage à l'échographie ciblée pour les pédiatres du SMUR non formés.

Matériel et méthodes

De Juillet 2018 à Janvier 2019, nous avons inclus de manière prospective les patients pris en charge par le SMUR néonatal et pédiatrique du CHU de Bordeaux pour: polytraumatisme, nécessité d'un soutien hémodynamique, HTAP, suspicion de malformation cardiaque. Nous avons évalué: le bénéfice de l'échographie rapporté par les praticiens pour le diagnostic, la thérapeutique et l'orientation du patient; les causes de non réalisation de l'échographie lorsqu'elle était indiquée; les patients avec indication d'échographie pris en charge par des médecins non formés.

Une formation théorique ainsi que la réalisation de 15 échographies d'entraînement ont été proposées à 5 pédiatres du SMUR non formés. Une évaluation pré et post formation a été réalisée avec étude de leur progression.

Résultats

Parmi 423 patients pris en charge, 37 (9%) avaient une indication d'échographie pré-hospitalière. Neuf (2%) en ont bénéficié, 10 (2,5%) présentaient une clinique typique, et 18 (4%) étaient pris en charge par un médecin non expérimenté. Lorsqu'une échographie était réalisée, un bénéfice était ressenti dans 8 cas sur 9. Lorsqu'elle n'avait pas été réalisée, le soutien hémodynamique était modifié à l'arrivée en réanimation après échographie dans 57% des cas.

Lors des échographies d'entraînement, le diagnostic échographique était correct dans 97% des cas et les coupes dans 84% des cas.

Conclusion

L'échographie d'urgence en pédiatrie a des indications limitées, mais concerne des enfants présentant un risque vital à court terme. L'apprentissage de cette technique nécessite une formation courte et devrait être développée en pédiatrie.