

UNIVERSITE SIDI MOHAMMED BEN ABDELLAH
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE
FES



Année 2014

Thèse N° 095/14

**INTERET DE L'ECHOGRAPHIE EN ANESTHESIE ET REANIMATION
EXPERIENCE DU SERVICE D'ANESTHESIE ET REANIMATION A4
DU CHU HASSAN II FES
(A propos de 253 cas)**

THESE

PRESENTEE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 30/06/2014

PAR

Mme. EZ-ZOUAQ IKRAM

Née le 04 Février 1988 à Fès

POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MEDECINE

MOTS-CLES :

Echographie - Réanimation - Anesthésie - Formation - Sécurité

JURY

M. KANJAA NABIL.....	PRESIDENT
Professeur d'Anesthésie réanimation	
M. SBAI HICHAM.....	RAPPORTEUR
Professeur agrégé d'Anesthésie réanimation	
M. KHATOUF MOHAMMED.....	JUGES
Professeur d'Anesthésie réanimation	
M. LABIB SMAEL.....	
Professeur agrégé d'Anesthésie réanimation	

PLAN

INTRODUCTION	8
GENERALITES	11
A. Historique	12
B. Principes physiques	13
C. Modes échographiques	14
D. Sémiologie échographique	16
E. Configuration souhaitable d'un échographe en USI	17
ECHOGRAPHIE ET REANIMATION	18
A. Echocardiographie Doppler en réanimation.....	19
I. Echocardiographie transthoracique ou transoesophagienne	19
II. Echocardiographie bidimensionnelle normale	21
III. Incidence des interactions cardiorespiratoires sur les mesures échocardiographiques.....	23
IV. Indications de l'échocardiographie en réanimation	24
i. Défaillance circulatoire.....	24
ii. Défaillance respiratoire	31
iii. Autres indications de l'échocardiographie	33
V. Mesures d'hygiène à l'utilisation de l'échocardiographie	35
B. Echographie et abord vasculaire en réanimation.....	37
I. Technique de mise en place des CVC sous échographie	37
II. Intérêt de l'échoguidage	44
III. Echoguidage bidimensionnel pour la pose de chambres implantables	45
IV. La mise en place de cathéters d'hémodialyse sous échographie	46
C. Echographie pleuro-pulmonaire en réanimation	48
I. Description de la technique d'échographie pulmonaire.....	48
II. Description des artefacts et éléments visualisés à l'échographie pulmonaire	50
III. échographie et épanchements pleuraux.....	54

IV. Apports dans le diagnostic et le suivi des pneumonies associées à la ventilation mécanique	57
V. Protocole d'échographie dans le diagnostic des causes d'insuffisance respiratoire et dyspnée aigüe	59
VI. Echographie pleuropulmonaire et embolie pulmonaire	62
VII. Apport de l'échographie pulmonaire dans la confirmation de l'intubation endotrachéale	63
D. Echographie abdominale en réanimation	64
I. Focused Assessment Sonography for Trauma (FAST)	64
II. Cholécystite aigue alithiasique	66
III. échographie et évaluation du contenu gastrique	66
E. Autres applications de l'échographie en réanimation	67
I. Doppler transcrânien en réanimation	68
II. L'échographie rénale en réanimation	69
III. Exploration de la vessie	70
IV. échographie des sinus en réanimation	71
V. Trachéotomie percutanée échoguidée	71
ECHOGRAPHIE ET ANESTHESIE	72
A. Échographie en anesthésie locorégionale	73
I. Introduction	73
II. Sono-anatomie	74
III. Réglage et prise en mains de l'appareil	74
IV. Différentes techniques de repérage	75
V. Echographie et ALR périphérique	77
i. Intérêt des ultrasons en ALR périphérique	77
ii. Intérêt de l'échoguidage en fonction du type de bloc	79
VI. Echographie et ALR axiale	81

1. Abord péridural	81
2. Bloc paravertébral	82
VII. Blocs des parois échoguidés	84
1. TAP blocs	84
2. bloc iliohypogastrique et ilio-inguinal	86
VIII. Blocs échoguidés du plexus cervical	87
B. Autres applications de l'échographie en anesthésie	92
C. Hygiène en échographie	93
FORMATION EN ECHOGRAPHIE	94
A. introduction	95
B. Organisation de l'enseignement et de l'accréditation en échographie dans les pays développés	96
1. France	96
2. les Etats-Unis	96
3. royaume unis	97
C. La formation en échographie au Maroc	98
D. Formation des anesthésistes-réanimateurs en échographie	98
1. Formation en échocardiographie	98
2. L'apprentissage de l'ALR échoguidée	101
3. Formation en échoguidage pour la pose de CVC	103
4. Formation en échographie pleuro-pulmonaire	105
MATERIELS ET METHODES	107
I. Matériels	108
A. Description et lieu de l'étude	108
B. Historique de la pratique de l'échographie au service de réanimation	109
C. Critères d'inclusion	109
D. Critères d'exclusion :	109

II. Méthodes	110
A. Recueil de données	110
B. Paramètres évalués	110
1. Paramètres concernant la population étudiée	110
2. Le matériel	110
3. Paramètres échographiques et techniques	111
4. Paramètres relatifs aux opérateurs	114
C. Analyse statistique :	115
RESULTAS	116
I. Paramètres relatifs aux patients	117
II. Paramètres échographiques et techniques	121
III. paramètres concernant les opérateurs	138
DISCUSSION	146
CONCLUSION	166
RESUMES	168
ANNEXES	175
BIBLIOGRAPHIE.....	192

LISTE DES ABREVIATIONS

2D	: bidimensionnel
ACLS	: Advanced Cardiac Life Support
AL	: anesthésique local
Ao	: aorte ascendante
AP	: tronc de l'artère pulmonaire
APD	: artère pulmonaire droite proximale
Au	: auricule gauche
BIS	: bloc interscalénique
BMUS	: British Medical Ultrasound Society
BSE	: British Society of Echocardiography
CIV	: communication interventriculaire
COR	: College of Radiographers
CVC	: cathéter veineux central
DESC	: diplôme d'études spécialisées complémentaire
ECG	: électrocardiographie
EP	: embolie pulmonaire
ETO	: échographie transoesophagienne
ETT	: échographie transthoracique
FESG	: fraction d'éjection systolique du ventricule gauche
IMC	: indice de masse corporel
IPEM	: Institute of Physics and Engineering in Medicine
ITV	: intégrale temps-vitesse du profil Doppler
ITVmax	: intégrale temps-vitesse maximale
ITVmin	: intégrale temps-vitesse minimale
MEAV	: minimum effective anesthetic volume

OAP	: œdème aigu du poumon
OD	: oreillette droite
OG	: oreillette gauche
PAPs	: pression artérielle pulmonaire systolique
PEP	: pression expiratoire positive
SA	: sigmoïde aortique
SDRA	: syndrome d détresse respiratoire aigu
SVT	: Society of Vascular Technology of Great Britain and Ireland
TET	: tube endotrachéal
Us	: ultrason
USI	: unité de soins intensifs
VCI	: veine cave inférieure
VCS	: veine cave supérieure
VD	: ventricule droit
VF	: veine fémorale
VG	: ventricule gauche
VJ	: veine jugulaire
Vmax	: vitesse Doppler maximale
Vmin	: vitesse Doppler minimale
Vpic	: pic de vitesse Doppler
VPSG	: veine pulmonaire supérieure gauche.
VS	: ventilation spontanées
VSC	: veine sous Clavière
VT	: volume courant
VVP	: voie veineuse périphérique

INTRODUCTION

Le monde de la médecine est en constante évolution, tant au niveau des découvertes médicales que des innovations technologiques. Parmi ces innovations, l'utilisation de l'échographie à des fins diagnostiques et thérapeutiques a certes marqué un point tournant dans plusieurs spécialités médicales. La médecine d'urgence, de soins intensifs et l'anesthésiologie ont largement bénéficié de l'accessibilité à l'échographie.

Bien que la technologie des ultrasons ait près de 50 ans, son utilisation dans les services de réanimation, d'urgences et dans les blocs opératoires n'est devenue évidente que très récemment. Depuis une petite décennie seulement, l'échographie associée ou non au Doppler, occupe une place prépondérante dans ces secteurs de soins critiques ^[1]. Et depuis moins de huit ans, l'expression « Stéthoscope à Ultrason » a pris tout son sens grâce à la miniaturisation des appareils d'échographie ^[1], représentant aujourd'hui environ 25 % du chiffre d'affaire du marché de l'imagerie médicale ^[2].

L'apport de cette technologie et de ses derniers développements révolutionne la prise en charge du patient en état critique, dont les conditions de l'examen clinique sont la plupart du temps perturbées par le stress, la douleur, la dyspnée, les troubles de conscience et la sédation. De nombreuses études suggèrent que l'évaluation clinique de la volémie, de l'étiologie d'une dyspnée, d'une insuffisance myocardique, de la sévérité d'un épanchement pleural peut se révéler insuffisante et améliorée par un examen échographique. Du fait des progrès liés à la qualité d'image, l'échographie représente en réanimation un moyen simple d'améliorer la performance de l'examen clinique, sans nécessité de déplacer un patient potentiellement instable. Non invasive, non irradiante, l'échographie-Doppler devient le prolongement direct de l'examen clinique.

Les difficultés de réalisation des examens ont néanmoins nettement augmenté, au fur et à mesure que les techniques sont devenues plus spécialisées et

l'appareillage de plus en plus dédié. De même, les explorations endocavitaires ou les applications peropératoires de l'échographie dans un certain nombre de disciplines médicales ont d'avantage alourdi l'interprétation des résultats. De cette façon, l'exercice de l'échographie impose la nécessité d'une formation théorique et pratique de qualité. Celle-ci est d'autant plus difficile que les spécialités utilisatrices d'échographie sont diverses et qu'aucune n'en détient bien sûr le monopole d'emploi [3]. Les objectifs de notre étude étaient :

Objectif général :

- Rappporter l'expérience de l'équipe d'anesthésie réanimation A4 quant à l'usage de l'échographie en milieu de réanimation et au bloc opératoire.

Objectifs spécifiques :

- Evaluer la pratique de l'échographie cardiaque par les anesthésistes réanimateurs pour l'évaluation hémodynamique des patients en situation critique ;
- Rappporter l'expérience de l'équipe du service d'anesthésie- réanimation A4 du CHU HASSAN II Fès dans le guidage et repérage échographique des accès veineux centraux y compris la pose de chambres implantables, des cathéters de dialyse et lors des accès veineux périphériques difficiles ;
- Déterminer la place de l'échographie dans le diagnostic des pathologies pleuro-pulmonaire spécifique à la réanimation ;
- Evaluer la pratique de l'échoguidage en ALR selon l'activité chirurgicale assurée par le service.
- Evaluer le niveau de compétences et le potentiel de formation en échographie des médecins anesthésistes réanimateurs diplômés et en cours de formation.
- Elaborer une stratégie locale au niveau du département d'anesthésie- réanimation, pour développer la pratique de l'échographie par les anesthésistes réanimateurs et améliorer tous les aspects liés à la formation des médecins en cursus de spécialité à l'usage de cet outil.

GENERALITES

A. Historique :

L'échographie médicale a été développée à partir de la découverte du sonar durant la première guerre mondiale [4-5]. Les premières images échographiques du squelette humain ont été publiées en 1947 [7], puis les premières images échographiques de pathologie abdominale en 1958 [8].

L'échographie a été par la suite largement utilisée en radiologie, en cardiologie et en obstétrique [6]. Son utilisation au lit du malade ne cesse de se développer grâce à l'apparition d'appareils échographiques moins volumineux, mobiles, de meilleure qualité et moins coûteux.

Au début des années 1980, l'échographie en temps réel fit son entrée dans les services de réanimation médicale. A l'époque, les renseignements recherchés concernaient la fonction cardiaque [9].

Par la suite le domaine d'anesthésie a pris sa part ; Les premiers anesthésistes à prendre conscience de l'intérêt potentiel de la technologie ultrasonore exerçaient l'anesthésie en cardiologie. Ils ont commencé en utilisant l'échocardiographie épiscopardique [10,11]. Et au cours des dernières années, l'échographie a été encore davantage embrassée par le monde de l'anesthésie, démontré en 1990 par Kapral et al. qui ont décrit la réalisation échoguidée d'un bloc sus-claviculaire du plexus brachial [12].

Et depuis, l'échographie est devenu un sujet d'actualité pour les anesthésistes-réanimateurs. Certes, arrivé un peu plus tard que dans d'autres spécialité, mais . . . mieux vaut tard que jamais !

B. Principes physiques :

I. Les ultrasons :

Les ultrasons sont des sons, c'est-à-dire une onde mécanique et élastique, se propageant dans la matière, c'est-à-dire les gaz, les liquides, les tissus mous (tissus, organes) ou les solides. Leur fréquence se situe entre 20 KHz et 200 MHz. Trop aigus, ils sont par définition inaudibles pour l'homme ^[13]. L'onde ultrasonore se caractérise par sa fréquence (ν) et sa période (T), sa longueur d'onde (λ) et sa célérité (C) au sein d'un milieu donné.*

II. Effet piézo-électrique :

L'effet piézo-électrique, est la propriété que possèdent certains corps de se polariser électriquement sous l'action d'une contrainte mécanique, et réciproquement de se déformer mécaniquement lorsqu'on leur applique un champ électrique. Les deux effets sont indissociables. En pratique, des ondes ultrasonores sont générées en appliquant un courant alternatif à un composé piézo-électrique (émissions d'ultrasons). Ces matériaux, aussi capables de la transformation inverse, peuvent transformer une onde mécanique en courant électrique. Ils se comportent comme des émetteurs et des récepteurs.

III. Propagation des US :

Pour qu'une onde ultrasonore émise par la sonde puisse être recueillie, elle doit rencontrer une interface acoustique qui la réfléchisse.

L'impédance acoustique définit les propriétés d'une structure biologique à réfléchir ou à se laisser traverser par les US. En clinique humaine, l'impédance des tissus est très variable, celle de l'os étant 20 à 30 fois supérieure à celle des poumons.

En fonction de l'impédance acoustique des structures rencontrées ou traversées, le faisceau ultrasonore va se comporter de 3 façons différentes :

- le faisceau traverse totalement le corps sur lequel il est appliqué. N'étant pas réfléchi, il ne génère aucune image sur l'écran ;
- le faisceau est partiellement arrêté par le corps sur lequel il est appliqué, générant alors une image;
- le faisceau ne peut traverser le corps sur lequel il est appliqué. Il est totalement réfléchi et ne fournit qu'une image de son enveloppe de surface.

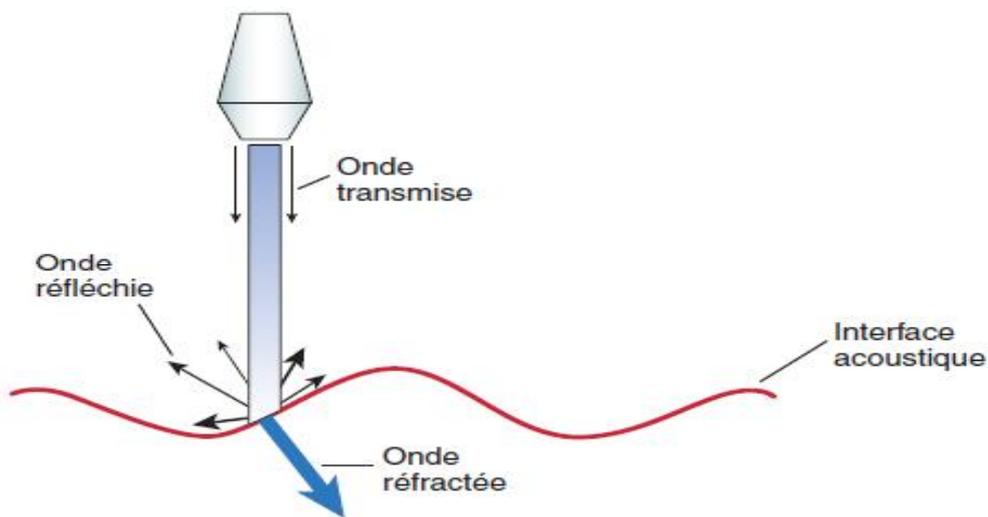


Figure 1 : Schéma illustrant la propagation de l'onde ultrasonore

C. Modes échographiques :

L'échographie ultrasonore est passée du mode A (amplitude) n'utilisant qu'un capteur fournissant des informations d'amplitude et de profondeur du retour du faisceau ultrasonore représenté sur un tracé type oscilloscope, au mode B (brillance) utilisant de multiples capteurs situés côte à côte et permettant de produire une image bidimensionnelle. Le mode TM (temps mouvement) est quant à lui dérivé du mode B et représente le mouvement d'une coupe de tissu dans le temps.

L'échographie peut également être utilisée pour évaluer la vitesse d'écoulement de liquide au sein du corps humain à l'aide des modes Doppler dont on distingue :

Doppler continu : Un faisceau continu d'ultrasons est émis et recueilli, de fait c'est la sommation de l'ensemble des flux situés sur le trajet du faisceau qui va être analysée. Il ne peut donc pas y avoir de repérage de profondeur (ambiguïté de profondeur). Par contre, il n'y a pas de limite à la vitesse mesurée et il est très sensible même avec des flux lents.

Doppler pulsé : Dans ce mode, les ultrasons (US) sont émis par paquets discontinus. Il permet d'analyser une zone précise, punctiforme mais ne permet pas l'analyse de vitesses supérieures à 1,5 m/s. Un flux venant vers la sonde est dit positif et est codé au-dessus de la ligne de base. Un flux fuyant la sonde est dit négatif et est codé au-dessous de la ligne de base. En pratique, le mode pulsé permet d'analyser les flux physiologiques, en particulier les pressions de remplissage par le flux mitral et le calcul du débit cardiaque par le flux sous aortique.

Doppler couleur : Le Doppler couleur est un Doppler pulsé. Il consiste en une cartographie des vitesses au sein d'un volume d'échantillonnage matérialisé sur l'image par un secteur trapézoïdal. Au sein du volume d'échantillonnage, chaque globule rouge en mouvement reçoit un code couleur qui est fonction du sens de son déplacement. Un flux venant vers la sonde est dit positif et est codé en rouge. Un flux fuyant la sonde est dit négatif et est codé en bleu.

Doppler tissulaire : Le Doppler tissulaire (Doppler pulsé avec filtre supprimant les hautes vitesses) enregistre le déplacement de la paroi myocardique et non des globules rouges. Ce mouvement est inversé par rapport au flux sanguin. Il est essentiellement utilisé à l'anneau mitral et tricuspide. Les vitesses enregistrées sont faibles, de l'ordre du cm/s. Cette analyse myocardique pariétale permet

l'évaluation des propriétés intrinsèques du myocarde, systoliques (Onde S) et diastoliques (Ondes E' (ou Ea) et A' (ou Aa)).

D. Sémiologie échographique :

Quand un écho revient vers la sonde, il va se manifester sur l'écran par un point blanc plus ou moins lumineux selon son amplitude. C'est l'ensemble de ces points qui va former l'image échographique. Il faut distinguer une image noire dite hypoéchogène d'une image blanche dite hyperéchogène. Les images les plus hyperéchogènes correspondent aux interfaces : plèvres, périoste, péricarde... Quand il n'y a aucune réflexion, l'image apparaît noire, c'est typiquement le cas des liquides comme le sang par exemple. Cela peut être une structure nerveuse quand elle est dépourvue de tissu conjonctif comme une racine le tableau 3 donne l'aspect échographique des principales structures anatomiques.

Tableau 1 : Caractéristiques écho-doppler des différents éléments rencontrés au cours d'une échographie en anesthésie-réanimation.

Structures	Image échographique	Doppler
Racine nerveuse	Hypoéchogène, homogène, gris cerclé de blanc	Aucun effet Doppler possible
Nerf	Hétérogène non compressible, hypoéchogène pour le tissu neural, hyperéchogène pour le tissu conjonctif	
Tendon	Hyperéchogène, ± homogène	
Fascia	Hyperéchogène, homogène	
Graisse	Hypoéchogène, hétérogène	
Muscle	Hypoéchogène, hétérogène	
Os	Très hyperéchogène, cône d'ombre en profondeur	
Aiguille	Hyperéchogène, homogène, artéfacts de réverbération	
Cathéter	Certains sont échogènes	
Veine	Anéchogène, vide échographique, compressibles	Effet Doppler visualisable et parfois mesurable
Artère	Anéchogène, vide échographique, peu compressible, battante, renforcement postérieur	
Injectat	Hydrolocalisation, signe de la cocarde	

E. Configuration souhaitable d'un échographe en USI :

Si l'ultrason n'a fait son apparition que très récemment en réanimation, c'est en partie dû à la récente évolution de la microélectronique, mais aussi aux nombreuses contraintes techniques qu'il a fallu surmonter : les appareils doivent être petits, ergonomiques et mobiles, connectables rapidement, robustes, et permettre une exploration offrant une très grande qualité image, même dans des conditions médiocres d'examen.

La configuration idéale d'un échographe comporte :

- Une unité centrale qui doit être légère, de dimensions les plus réduites possibles, et montée sur un chariot mobile, Afin de pouvoir accéder facilement au patient. l'appareil doit être compact, sans aspérités ni boutons saillants, avec un clavier lisse à touche pression, car l'ensemble pourra se laisser nettoyer [9].
- Une seule sonde de type micro-convexe, d'une fréquence de 5 MHz, est nécessaire et permet l'exploration pulmonaire, cardiaque, abdominale et des gros troncs veineux. Cette sonde doit surtout être immergeable, résistante aux chocs et avoir un câble de longueur suffisante pour maintenir l'appareil d'échographie à distance du lit et du malade [9].

Cependant une unité de réanimation doit aussi posséder un appareil plus performant pour les diagnostics d'expert, utilisable par le radiologue ou le cardiologue, avec plusieurs types de sonde : linéaire (imagerie superficielle, vaisseaux), - micro-convexe (imagerie cardiaque, pulmonaire, vaisseaux) - convexe (abdomen, voies urinaires, pelvis) - sonde d'échographie transoesophagienne ; les modes Doppler suivants : continu, pulsé, couleur, tissulaire ; un système d'enregistrement simultané de l'ECG, indispensable en échographie cardiaque ; un système d'enregistrement simultané des pressions de ventilation chez les patients placés sous ventilation mécanique [14-17].

ECHOGRAPHIE ET

REANIMATION

A. Echocardiographie Doppler en réanimation :

I. Echocardiographie transthoracique ou transoesophagienne :

Le choix de la voie transthoracique ou transoesophagienne dépend de nombreux points : la situation et l'indication clinique. Il est classiquement recommandé de commencer par réaliser une ETT qui permet de guider au mieux l'ETO [18].

L'ETT est la technique d'imagerie la plus simple et la plus rapide à mettre en œuvre au lit du patient de réanimation pour évaluer la structure et la fonction cardiaque. Elle seule peut être considérée comme véritablement non invasive. L'ETO nécessite en effet l'intubation de l'œsophage .sous réserve d'une technique rigoureuse et du respect des contre-indications (annexe 1).

En fait, ces deux approches sont souvent complémentaires, l'une apportant des résultats que l'autre ne peut obtenir et inversement.

Globalement, la précision diagnostique de l'ETO est supérieure à celle de l'ETT. Dans de nombreuses études réalisées principalement en chirurgie cardiaque ou en soins intensifs de cardiologie, l'apport diagnostique de l'ETO par rapport à l'ETT concerne 32 à 50 % des patients [19-20]. Dans une autre étude prospective réalisée en réanimation [21], l'ETT ne permettait pas de répondre à la question du clinicien dans 62 % des cas alors que l'ETO résolvait 97 % des problèmes cliniques et fournissait un diagnostic supplémentaire dans 59 % des cas.

Tableau 2. Avantages diagnostiques respectifs de l'ETT et l'ETO lorsque la qualité d'image rend toutes les informations exploitable

Performance supérieure de l'ETT	Performance supérieure de l'ETO
Imagerie bidimensionnelle <ul style="list-style-type: none"> - Examen du péricarde (épanchement) - Examen de la pointe du VG (thrombus, infarctus apical) - Mise en évidence CIV (post infarctus ou traumatique) - Examen de la VCI et veines sus-hépatiques 	Imagerie bidimensionnelle <ul style="list-style-type: none"> - Examen de la valve mitral (native, prothèse) - Examen des oreillettes et des auricules - Examen des gros vaisseaux (aorte thoracique, artère pulmonaire proximale ...)
Evaluation hémodynamique par Doppler <ul style="list-style-type: none"> - Meilleur alignement avec le courant mitral antérograde et surtout de jet d'insuffisance tricuspide (évaluation de la PAPs) - Mesure d'un gradient à l'éjection du VD (obstruction dynamique) 	Evaluation hémodynamique par Doppler <ul style="list-style-type: none"> - Profile de vitesse dans les artères coronaires proximales

Tableau 3 : principales indications de l'ETT et l'ETO en réanimation ; anesthésie et médecine d'urgence.

Echocardiographie transthoracique	Echocardiographie transoesophagienne
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Évaluation hémodynamique simple ✓ Suspicion d'embolie pulmonaire ✓ Tamponnade et pathologie du péricarde ✓ IDM à la phase aigue ✓ OAP ✓ Traumatisme thoracique (VS) ✓ Bilan préopératoire avant chirurgie en urgence ✓ Contre-indications ETO 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Etat de choc ✓ EP (patient ventilé) ✓ Tamponnade localisée (traumatisme, chirurgie cardiaque) ✓ Œdème pulmonaire lésionnel/hypoxémie inexplicquée sous respirateur ✓ Polytraumatisé et traumatisme thoracique fermé sévère ✓ Chirurgie cardiaque (période per et postopératoire) ✓ Chirurgie lourde non cardiaque (monitorage HD) ✓ Embolie artérielle systémique ✓ Suspicion de dissection aigue de l'aorte thoracique ✓ Recherche d'endocardite ✓ Evaluation d'une valvulopathie ou d'une dysfonction de prothèse valvulaire (mitrale>aortique) ✓ ETT non contributive

II. Echocardiographie bidimensionnelle normale :

1. Échocardiographie transthoracique normale :

Les images d'échographie cardiaque sont recueillies au niveau des régions thoraciques offrant une moindre résistance à la pénétration des ultrasons, appelées fenêtres acoustiques. Les fenêtres parasternales, apicales et sous-costales sont les 3 voies préférentielles. Les vues échocardiographiques grand axe représentent une section sagittale ou horizontale du cœur qui le coupe de la base à la pointe. Les vues échocardiographiques petit axe sont perpendiculaires aux précédentes et fournissent des coupes anatomiques sous forme de « tranches de section » du cœur de la base vers la pointe [22].

❖ vue parasternale :

À partir de cette position du capteur, on peut obtenir des coupes échocardiographiques petit axe et grand axe du cœur. On distingue :

- Les vues parasternales grand axe : du ventricule gauche en coupe sagittale ; de la chambre de remplissage du VD ;
- vues parasternales petit axe : de la bifurcation du tronc de l'artère pulmonaire, de la valve aortique et de la chambre de chasse du VD ; de la valve mitrale ; des muscles papillaires ; de la pointe du VG.

❖ vue apicale :

On distingue : la vue des quatre cavités ; la vue des cinq cavités ; la vue des deux cavités (gauches).

❖ Vue sous-costale :

Permettent d'obtenir ; la vue de la VCI et des veines hépatiques ; la vue de la chambre de remplissage des ventricules ; la vue du VG et de l'aorte ; la vue de la chambre de chasse du VD.

❖ Vue suprasternale :

Permettent d'obtenir la vue grand axe de l'aorte et petit axe de l'artère pulmonaire.

2. Echocardiographie transoesophagienne normale :

La sonde d'ETO multiplan utilisée de préférence permet la multiplication des plans de coupe 2D à l'infini. En pivotant le capteur de 0 à 180°, tous les plans de coupes intermédiaires peuvent être obtenus.

L'examen ETO multiplan est décomposé en 20 vues principales, réparties en quatre niveaux d'observation dans l'œsophage (supérieur, moyen et inférieur) et l'estomac.

- Œsophage supérieur : crosse de l'aorte grand axe et petit axe ;
- Œsophage moyen : Aorte ascendante grand et petit axe ; Valve aortique grand axe et petit axe ; Vue des quatre cavités et des deux cavités (gauches) ; Commissure mitrale ; Ventricule gauche grand axe ; Vue des deux veines caves ; Vue des cavités droites ; Aorte descendante petit axe et grand axe ;
- Transgastrique : VG petit axe au niveau basal et au niveau des piliers mitraux ; VG en coupe longitudinale et cavités gauches grand axe ; Cavités droites ; Vue apicales grand axe des cavités cardiaques.

III. Incidence des interactions cardiorespiratoires sur les mesures échocardiographiques:

L'influence des paramètres respiratoires sur la fonction circulatoire est responsable de modifications cycliques des données enregistrées en échocardiographie Doppler [23]. L'interprétation des résultats doit distinguer ventilation spontanée et ventilation assistée.

Les mécanismes des interactions physiologiques (sujet sain en ventilation spontanée) ou pathologiques (asthme aigu grave, ventilation assistée) comprennent des variations de précharge et de postcharge au niveau des deux ventricules.

Les variations physiologiques en ventilation spontanée, entraînent des variations physiologiques du retour veineux systémique. Ce dernier est en effet accéléré par l'inspiration, qui majore donc le remplissage des cavités droites. On peut d'ailleurs observer en échocardiographie une discrète dilatation inspiratoire physiologique du VD, ainsi qu'une discrète majoration inspiratoire du flux tricuspide et du flux artériel pulmonaire [24].

En ventilation assistée, l'insufflation entraîne une diminution de précharge ainsi qu'une augmentation de postcharge du ventricule droit. C'est ce deuxième mécanisme qui prédomine dans les pathologies où la ventilation assistée est difficile (par exemple, le syndrome de détresse respiratoire aigu) [25]. L'insufflation mécanique du volume courant provoque des variations inverses des flux Doppler pulmonaire et aortique : réduction du flux pulmonaire et augmentation du flux aortique. Lors de la phase expiratoire, on observe une restauration progressive des vitesses Doppler pour retrouver les profils existant avant l'insufflation mécanique.

Toute modification rapide de la taille d'un ventricule s'accompagne d'une modification inverse de la taille de l'autre ventricule du fait de l'interdépendance des deux ventricules qui sont entourés d'une enveloppe inextensible.

VI. Indications de l'échocardiographie en réanimation :

Les indications de l'échocardiographie en réanimation sont principalement la défaillance circulatoire (hypotension artérielle, états de choc) et la défaillance respiratoire. Beaucoup d'autres indications relèvent de situations spécifiques liées au type de recrutement du service de réanimation.

i. Défaillance circulatoire :

1. Apport de l'échocardiographie : recherche d'un diagnostic évident

L'examen vise dans un premier temps à éliminer une cause évidente de défaillance circulatoire. La tamponnade péricardique doit être reconnue quel que soit le niveau d'apprentissage. Les autres diagnostics caricaturaux doivent également être reconnus : dysfonction myocardique sévère, anomalie segmentaire étendue de la contractilité, complications mécaniques de l'infarctus du myocarde, insuffisance valvulaire aiguë, mais aussi cœur pulmonaire aigu [26-27].

a. Tamponnade :

Les cavités droites sont les premières concernées car la pression intracavitaire y est la plus basse, et pendant la diastole, celle-ci devient inférieure à la pression dans le péricarde. La compression de l'oreillette droite est reflétée par l'inversion de la courbure de sa paroi libre en diastole. Une inversion intermittente (en télédiastole) et isolée ne témoigne pas d'une gêne pertinente du retour veineux alors qu'une compression prolongée (plus du tiers de la durée de la diastole) est un signe de mauvaise tolérance hémodynamique de l'épanchement péricardique. Chez les patients en ventilation spontanée, la veine cave inférieure est dilatée et perd son collapsus inspiratoire physiologique [28].

Enfin, le septum interventriculaire tend à bomber vers la cavité ventriculaire gauche pendant l'inspiration et vers celle du ventricule droit pendant l'expiration. Non seulement l'ETT permet de confirmer le diagnostic clinique de tamponnade et

d'évaluer l'importance de son retentissement hémodynamique, mais elle facilite également son traitement en guidant la péricardocentèse [29].

b. Analyse de la fonction systolique du ventricule gauche :

L'échocardiographie transthoracique est suffisante le plus souvent pour l'analyse de la fonction systolique du VG dans la plupart des centres. Dans le travail rapporté par Vignon et al. [27], l'ETT était suffisante pour obtenir les données d'analyse de la fonction systolique du VG chez 77% des patients en ventilation mécanique. La contractilité du VG est un paramètre important à connaître dans la prise en charge hémodynamique des patients [30]. Cette contractilité est évaluée par le calcul :

– de la fraction d'éjection (FE) du VG (FEVG) : $FE = \frac{VTD - VTS}{VTD}$, dont VTD est le volume télédiastolique et VTS le volume télésystolique.

– de la fraction de raccourcissement en surface (FR) du VG (FS) :

$FR = \frac{STDVG - STSVG}{STDVG}$, dont STDVG est la surface télédiastolique du VG, STSVG est la surface télésystolique du VG.

– de la fraction de raccourcissement à mi-paroi des parois du VG ;

– Enfin par le calcul du débit cardiaque : Le débit cardiaque est approché en échocardiographie-Doppler par l'intégrale temps-vitesse (ITV) du flux systolique qui parcourt la chambre de chasse du ventricule gauche. Cette ITV sous aortique est obtenue en Doppler pulsé sur une vue apicale des 5 cavités. La valeur de l'ITV sous aortique multipliée par la surface de la chambre de chasse du ventricule gauche donne le volume d'éjection systolique, qui lui-même multiplié par la fréquence cardiaque donne le débit cardiaque [31].

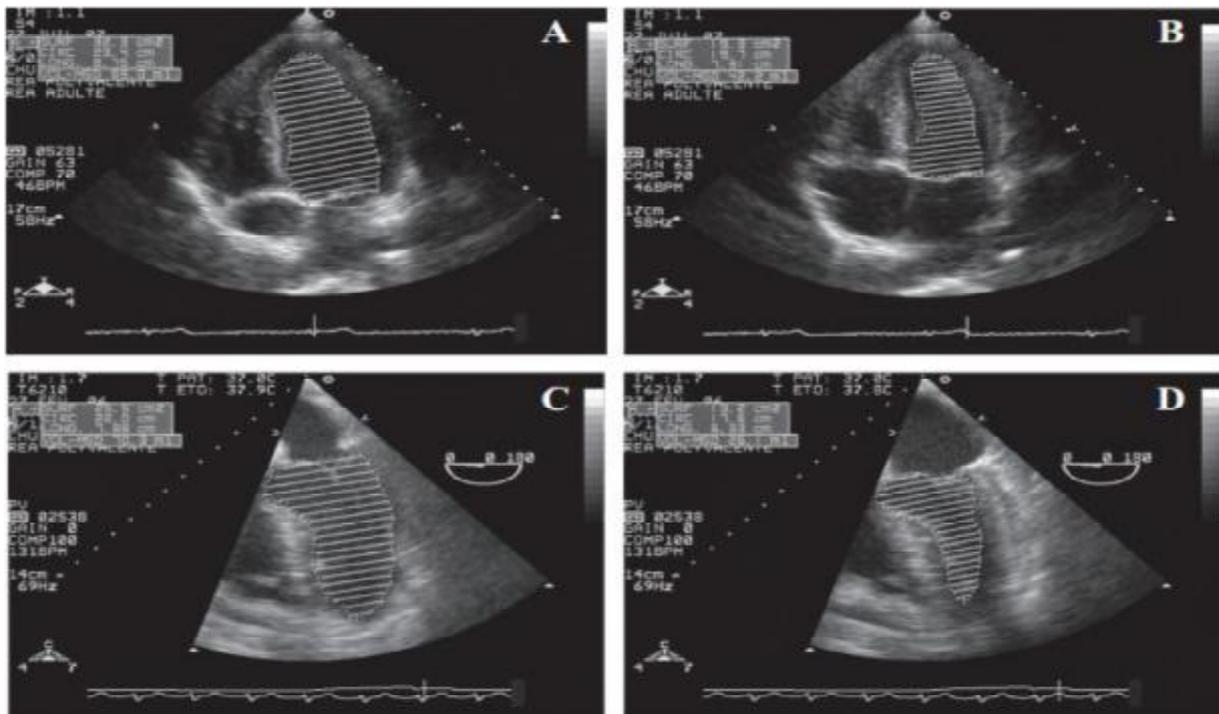


Figure 2 : Mesure de la fraction d'éjection du ventricule gauche par méthode de Simpson modifiée. En vue apicale des 4 cavités chez un volontaire sain, un logiciel incorporé dans l'échographe permet de mesurer le volume télédiastolique (A) et télésystolique (B) du ventricule gauche à partir de la planimétrie manuelle de sa cavité. La fraction d'éjection était à 58 %. Chez ce patient hypertendu ventilé qui est examiné en vue transoesophagienne des 4 cavités, le ventricule gauche est hypertrophié de manière concentrique et le volume de sa cavité est réduit, aussi bien en télédiastole (C) qu'en télésystole (D). La fraction d'éjection est normale à 63 %.

c. Fuite valvulaire massive :

La quantification des fuites est difficile et affaire de spécialiste. Toutefois, il est facile de diagnostiquer une fuite mitrale massive lorsque le Doppler couleur montre en coupe 4 cavités un flux systolique bleu allant de la valve mitrale au plancher de l'oreillette gauche [32].

2. Évaluation hémodynamique :

En l'absence de diagnostic évident identifié en imagerie bidimensionnelle, une évaluation hémodynamique est nécessaire. La recherche d'une hypovolémie est guidée par la recherche de signes évoquant une précharge très basse ou une précharge-dépendance, la recherche d'une dysfonction systolique du ventricule gauche. La présence d'un cœur pulmonaire aigu peut conduire à des modifications de réglage du respirateur afin de limiter encore la pression de plateau. La mesure du débit cardiaque ainsi que l'évaluation des pressions de remplissage du ventricule gauche et des pressions artérielles pulmonaires sont réalisées par les opérateurs expérimentés.

a. Hypovolémie :

L'hypovolémie provoque un remplissage insuffisant des cavités cardiaques dont l'hyperkinésie compensatoire en augmente la vidange. Ce phénomène est illustré en échographie bidimensionnelle par un quasi collapsus télésystolique de la lumière du ventricule gauche, matérialisé par un contact entre les piliers mitraux sur une coupe petit axe, parasternale ou sous-costale, ou au mieux transgastrique [26]. Une surface télésystolique du ventricule gauche mesurée sur cette même incidence et inférieure à 4 cm² ou 5,5 cm/m² a généralement la même signification [27].

b. Évaluation de la précharge ventriculaire droite :

Le ventricule droit est principalement dépendant des conditions de charge qui déterminent son débit. Les variations de charge induites par les variations respiratoires de pression intrathoracique ont ainsi d'importantes conséquences en

matière de débit cardiaque et peuvent être utilisées pour appréhender la précharge-dépendance.

Les dimensions des cavités droites ne peuvent pas être utilisées en pratique courante : d'une part l'anatomie du cœur droit rend son abord échographique difficile, d'autre part, sa géométrie rend l'extrapolation d'une dimension à un volume très imparfaite. La pression auriculaire droite est indirectement accessible en échographie par l'examen de la veine cave inférieure : une diminution inspiratoire de 50% de son diamètre suppose une pression auriculaire droite basse (inférieure à 10 mmHg) [33] et par conséquent une réserve de précharge ventriculaire droite.

A l'inverse, en l'absence de modulation respiratoire de la veine cave inférieure, il est probable qu'un apport volémique supplémentaire ne s'accompagne pas d'une optimisation de la précharge ventriculaire droite et donc du débit cardiaque.

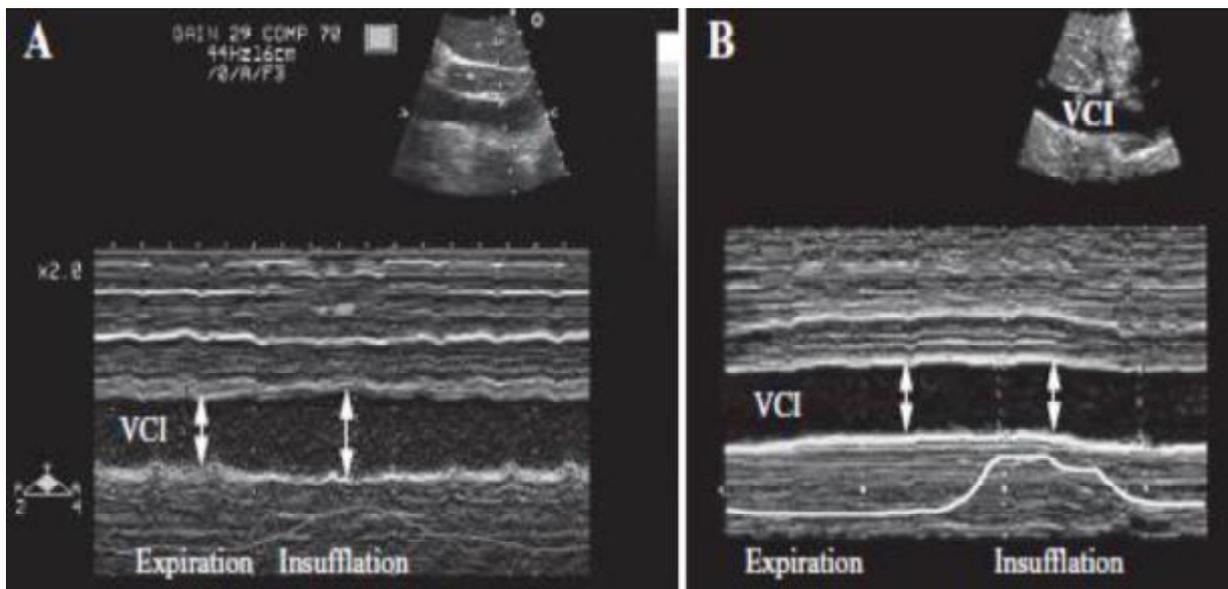


Figure 3 : Étude de la variabilité respiratoire du diamètre de la veine cave inférieure (doubles flèches). Une variation respiratoire importante du diamètre de la veine cave inférieure (A). Chez le second patient, l'absence de variabilité respiratoire du diamètre de la veine cave inférieure témoigne d'un état de précharge-indépendance du ventricule droit (B).

c. **Précharge-dépendance :**

La notion de précharge dépendance est liée à la relation qui unit le volume d'éjection ventriculaire à la précharge. Cette relation est connue sous le nom de relation de Frank-Starling ^[33] et unit ces deux paramètres par une relation curvilinéaire. Cette relation comprend une partie ascendante suivie d'un plateau. Sur la partie ascendante de cette courbe, une augmentation de la précharge (induite par exemple par une expansion volémique) va entraîner une augmentation significative du volume d'éjection ventriculaire et du débit cardiaque. Il s'agit de la zone de précharge dépendance. Sur le plateau, une augmentation de la précharge n'a pas d'impact sur le volume d'éjection ventriculaire. Il s'agit alors de la zone de précharge indépendance. On comprend qu'il est important de savoir sur quelle partie de la courbe se situe un patient donné puisque cela va déterminer sa capacité à répondre au remplissage vasculaire.

d. **Cœur pulmonaire aigu :**

Devant une insuffisance circulatoire avec des signes droits, l'échocardiographie peut visualiser un aspect de cœur pulmonaire aigu (CPA). Le CPA est un diagnostic échographique qui décrit les conséquences sur le VD d'une surcharge systolique aiguë. Cette surcharge entraîne une dilatation du VD évaluée sur une vue apicale des quatre cavités par le rapport des surfaces des ventricules droit et gauche. Pour un rapport entre 0,6 et 1, la dilatation du VD est modérée. Au-delà de 1, la dilatation est majeure et très évocatrice d'embolie pulmonaire dans un contexte clinique favorable et en présence d'une hypertension artérielle pulmonaire. Cette dilatation s'accompagne d'une diminution de la fraction de raccourcissement en surface du VD et de perturbations du remplissage diastolique des deux ventricules à type de trouble de la relaxation. Le VG est de petite taille (diminution de sa précharge). Il existe de façon constante une insuffisance tricuspide fonctionnelle moyenne à importante et une dilatation auriculaire droite ^[27].

e. **Evaluation des pressions de remplissage :**

- **Doppler mitral** : Le flux mitral enregistre les flux de remplissage diastolique du VG. Il est essentiel pour l'étude des pressions de remplissage ventriculaire gauche. Il est obtenu, en ETT comme en ETO, à partir de la coupe 4 cavités, en Doppler pulsé. Le flux mitral normal est positif, codé en rouge en couleur et montre deux ondes : une précoce appelée onde E (early) correspondant au remplissage passif, une télédiastolique, correspondant à la systole auriculaire appelée onde A (atrial). Le profil mitral ne peut être analysé sans enregistrement simultané de l'électrocardiogramme qui seul permet de différencier ces 2 ondes. Toute la difficulté de l'analyse du flux mitral réside dans le fait que les ondes E et A varient avec l'âge (Tableau I) et les pressions de remplissage [34-35].

- **Le Doppler tissulaire à l'anneau mitral** enregistre le déplacement du tissu myocardique, avec des vitesses de déplacement basses (de l'ordre du cm/s) et dans un sens inverse du flux sanguin. Le spectre obtenu est donc l'inverse du flux de remplissage mitral avec une onde E et une onde A négatives appelées ondes E' et A' (ou Ea et Aa ou e' et a'). La vitesse de déplacement de l'anneau mitral en protodiastole évaluée par Doppler tissulaire (E') dépend de la relaxation du VG et est indépendante des conditions de charge de ce dernier. Le choix du recueil de E' à l'anneau mitral septal ou latéral étant controversé, il est actuellement recommandé d'utiliser la valeur moyenne du rapport E/E'5. Les valeurs normales de E' sont > 8 cm/s à l'anneau septal et > 10 cm/s à l'anneau latéral. En deçà de ces valeurs, une insuffisance cardiaque diastolique doit être suspectée [36-37].

Tableau 4: Valeurs normales du flux mitral. TDE = temps de décélération de l'onde E.

Age	2-20 ans	21-40 ans	41-60 ans	>60 ans
Onde E (cm/s)	88±14	75±13	71±14	71±11
Onde A (cm/s)	49±12	51±11	57±13	75±12
Rapport E/A	1,88±0,45	1,53±0,40	1,28±0,25	0,96±0,18
TDE (ms)	142±19	166±14	181±19	200±29

-Flux veineux pulmonaire (FVP) : est un flux systolo–diastolique recueilli en ETT au niveau de la base de l’OG par la veine pulmonaire supérieure droite. En ETO, le flux de la veine pulmonaire supérieure gauche est facilement recueilli en coupe 2 cavités à 75°. Ce flux triphasique comprend une onde systolique (S, parfois bifide S1, S2), une onde diastolique (D) et une onde auriculaire négative rétrograde (Ar) correspondant au reflux sanguin vers les veines pulmonaires lors de la systolique auriculaire. Physiologiquement, le rapport S/D est positif sauf chez les sujets jeunes (< 20 ans). La vitesse de (Ar) est inférieure à 30 cm/s et sa durée est égale à la durée de l’onde A mitrale [34].

f. le monitoring hémodynamique :

Une surveillance systématique ou initiée en cas d’échec voire d’intolérance du traitement d’épreuve est possible avec l’échocardiographie. L’évaluation hémodynamique initiale sert de référence pour comparer les examens itératifs réalisés après interventions thérapeutiques. Ce monitoring non invasif par l’échocardiographie est indispensable dans certaines pathologies comme l’état de choc septique où plusieurs mécanismes d’insuffisance circulatoire peuvent se succéder ou coexister. De plus, l’administration de noradrénaline peut révéler une dysfonction ventriculaire gauche masquée initialement par la vasoplégie intense [38].

ii. Défaillance respiratoire :

Les insuffisances respiratoires aiguës (IRA) constituent la deuxième indication la plus fréquente de l’échocardiographie en réanimation [39]. Le contexte clinique est variable : œdème aigu pulmonaire inexpliqué, insuffisance respiratoire aiguë sans œdème pulmonaire radiologique, décompensation d’une insuffisance respiratoire chronique, échec de sevrage du respirateur, etc.

En cas d’œdème pulmonaire, il convient d’abord de déterminer s’il s’agit d’un œdème de type hémodynamique ou d’un syndrome de détresse respiratoire aiguë (SDRA). Pour ce faire, l’évaluation des pressions de remplissage ventriculaire gauche

est fondamentale [40]. En présence d'un œdème pulmonaire d'origine hémodynamique, la cause est fréquemment identifiée au cours du même examen. En cas de SDRA, l'échocardiographie recherche un cœur pulmonaire aigu et évalue les pressions artérielles pulmonaires. Un cas particulier est celui de l'œdème pulmonaire survenant lors du sevrage de la ventilation mécanique où l'échocardiographie permet d'identifier une cause cardiaque en mettant en évidence des pressions gauches élevées et parfois une ischémie myocardique ou une insuffisance mitrale aiguë. Devant la présence d'une IRA avec un œdème pulmonaire radiologique, l'échocardiographie couplée à la clinique va apporter des éléments décisifs en faveur de son origine hémodynamique. L'examen devra rechercher des anomalies de la cinétique segmentaire évocatrices d'une cardiopathie ischémique, à l'aide d'un modèle de découpage du ventricule gauche en seize segments [40]. La cinétique est évaluée sur le mouvement de la paroi (hypokinésie, akinésie et dyskinésie) et sur son épaissement. Une séquelle d'infarctus du myocarde se traduit ainsi typiquement par un ou plusieurs segments correspondant à un territoire coronaire, qui apparaissent akinétiques (voire dyskinétiques) et amincis. L'existence d'une dilatation significative du VG est également très en faveur d'un œdème aigu du poumon (OAP) cardiogénique, puisque la dysfonction systolique ventriculaire gauche lors d'un choc septique par exemple ne s'accompagne pas d'une telle dilatation. L'étude des valves à la recherche d'une valvulopathie sévère (insuffisance ou rétrécissement mitral ou aortique) doit orienter sur la cause de l'OAP [41].

Finalement, devant un œdème pulmonaire, l'existence d'une fraction d'éjection ou d'une fraction de raccourcissement diminuée permet simplement d'affirmer la présence d'une anomalie de l'inotropisme du VG.

iii. Autres indications de l'échocardiographie:

1. Douleur thoracique :

Devant une douleur thoracique aiguë, violente en réanimation, deux diagnostics engageant le pronostic vital doivent être rapidement éliminés : l'infarctus du myocarde (IDM) et le syndrome aortique aigu. Dans ces deux situations, si le malade est hospitalisé en réanimation, il existe une insuffisance circulatoire ou une détresse respiratoire devant faire rechercher les complications habituelles de ces pathologies [42].

L'échocardiographie Doppler est la pierre angulaire dans la démarche diagnostique face à un état de choc associé à une douleur thoracique aiguë [44]. Elle a en effet deux avantages cruciaux dans ce contexte particulier : elle permet le diagnostic immédiat d'une pathologie rapidement mortelle en l'absence de traitement adapté, et est ambulatoire, ce qui évite le transport dangereux d'un patient instable.

Dans cette situation clinique, la démarche diagnostique sera de privilégier une ETT, car elle est strictement non invasive et a une précision diagnostique souvent suffisante. Lorsque le patient est ventilé, l'ETO affine le diagnostic sans prise de risque quant à sa tolérance, notamment respiratoire [43].

2. Traumatisme thoracique :

L'ETT est préférée pour l'évaluation des patients victimes d'une plaie thoracique par arme blanche ou à feu, a fortiori s'ils sont en ventilation spontanée. Inversement, l'ETO est préférable chez les patients qui ont un traumatisme thoracique fermé, ce d'autant qu'ils sont ventilés. Seule l'ETO est performante pour le diagnostic des ruptures traumatiques de l'aorte [44].

3. Évaluation périopératoire :

L'ETO a un rôle capital dans l'évaluation peropératoire des patients de chirurgie cardiaque. Elle permet d'évaluer la faisabilité et le résultat d'une plastie mitrale. L'ETO permet aussi de guider la stratégie de la chirurgie cardiaque non valvulaire. Les indications de l'ETO dans ce contexte sont donc nombreuses.

L'utilisation de l'ETO au cours de la chirurgie non cardiaque est moins bien codifiée.

L'indication essentielle est la surveillance hémodynamique au cours de la chirurgie lourde et hémorragique réalisée sous anesthésie générale. Indépendamment du monitoring hémodynamique programmé, toute hypotension peropératoire non expliquée ou qui persiste en dépit d'un traitement d'épreuve doit inciter à réaliser une ETO dans les plus brefs délais ^[44]. Le dépistage d'une cardiopathie totalement ignorée par le bilan préopératoire ou la survenue d'une embolie pulmonaire peropératoire sont des événements rares mais non exceptionnels.

V. Mesures d'hygiène à l'utilisation de l'échocardiographie : [40]

1. Echocardiographie transthoracique :

La décontamination de la sonde et des câbles doit comprendre les étapes suivantes : essuyage du gel avec du papier à usage unique ; application d'un produit désinfectant de surface à action nettoyante ; toute trace de gel doit être retirée des porte-sondes et du clavier de l'appareil. L'opérateur doit ensuite procéder à un lavage hygiénique des mains ou un lavage antiseptique si le patient est porteur de bactéries multi résistantes.

En ce qui concerne les dermatoses infectieuses, la prévention repose sur les règles de mise en œuvre du gel d'échographie : conditionnement du gel si possible en canette de 250mL et non en bidons de 5L ; vérification de la date de péremption ; nécessité absolue de mettre au déchet, en fin de journée, toute canette entamée même si elle n'a pas été totalement utilisée ; utilisation de gel stérile en conditionnement individuel dans les cas particuliers suivants : existence d'une cicatrice opératoire récente, plaie cutané, échocardiographie per opératoire, ponction et/ou biopsie.

2. Echocardiographie transoesophagienne :

Les recommandations actuelles concernant la technique de désinfection de la sonde œsophagienne :

- Suggèrent que chez les patients VIH, l'opérateur doit porter des lunettes et des gants ; la sonde d'ETO peut être protégée par un étui en latex enduit de gel conducteur.
- Chez les patients qui sont suspects d'avoir une maladie de Creutzfeldt-Jakob, l'utilisation de la gaine de latex est obligatoire. En son absence, la sonde d'ETO sera détruite si le patient est contaminé.

La circulaire du 1 décembre 2004 précise que, compte tenu du niveau significatif d'exposition de la population à l'agent de l'encéphalite spongiforme

bovine par voie alimentaire et de l'impossibilité de caractériser ce risque à l'échelon individuel, il est nécessaire de prendre en compte le risque de transmission des encéphalites spongiformes subaiguës transmissibles pour tout patient. En pratique, un double nettoyage de la sonde d'ETO est maintenant recommandé pour tout patient, sans caractéristique particulière.

Enfin, une antibioprophylaxie systématique avant la réalisation d'une ETO ne semble pas nécessaire chez les patients de réanimation. Certaines recommandations américaines proposent néanmoins une antibiothérapie lorsque l'ETO est pratiquée chez des patients à haut risque d'endocardite infectieuse.

B. Echographie et abord vasculaire en réanimation :

Les cathéters veineux centraux (CVC) constituent un outil de travail majeur en réanimation. Leur pose est associée à des complications pouvant mettre en jeu le pronostic vital du patient [76]. Ces risques augmentent avec certaines caractéristiques anatomiques (obésité, cachexie, hypovolémie...), cliniques (ventilation mécanique, arrêt cardiorespiratoire...) et l'existence de comorbidités (emphysème, coagulopathie) [45].

I. Technique de mise en place des cathéters veineux centraux sous échographie :

L'incidence élevée des complications de la ponction basée sur les seuls repères anatomiques a incité de nombreux auteurs à recommander l'utilisation de l'échographie bidimensionnelle et/ou du Doppler pour le cathétérisme veineux central. Le bénéfice de l'échographie bidimensionnelle pour l'abord veineux central est aujourd'hui bien établi chez l'adulte comme chez l'enfant [46], et a conduit le National Institute for Clinical Excellence (NICE) à publier au Royaume Uni des recommandations à l'utilisation de l'échographie bidimensionnelle pour la mise en place des CVC [47]. L'image échographique correspond à une coupe anatomique. Les vaisseaux peuvent être visualisés dans un plan transversal ou longitudinal [48].

1) Coupe transversale :

La coupe transversale est la plus simple à obtenir. Elle permet de distinguer facilement l'artère de la veine. L'artère est circulaire, anéchogène, pulsatile, non compressible et présente un renforcement échographique postérieur. La veine a une forme variable, n'est pas pulsatile ; elle est compressible et ne présente pas de renforcement postérieur de l'image échographique.

2) Coupe longitudinale :

La coupe longitudinale permet en théorie de voir la veine dans son grand axe. La distinction entre l'artère et la veine n'est pas aisée, et le caractère pulsatile est difficile à mettre en évidence.

3) Ponction de la veine :

Une sonde classique de haute fréquence peut être utilisée, permettant, avant toute désinfection, de visualiser la veine, de confirmer sa position, d'analyser sa taille et d'éliminer une thrombose.

La zone à ponctionner est ensuite désinfectée et le matériel de ponction ainsi que le cathéter sont préparés. La sonde d'échographie est enduite de gel et positionnée dans un manchon plastique stérile. Du gel stérile est mis directement sur la peau et la sonde permet de situer le lieu de ponction. La veine est placée au centre de l'écran. L'aiguille est placée en amont de la sonde et la ponction est réalisée en se dirigeant vers le point désigné par l'échographie ^[49].

La ponction de la veine peut s'effectuer « dans le plan » ou en « dehors du plan ». Lorsque l'abord du vaisseau s'effectue dans le champ, l'aiguille est visualisée sur tout son trajet. Lors de la ponction « hors du plan », l'aiguille croise le plan des ultrasons. La position du biseau de l'aiguille se déduit des mouvements exercés sur les tissus traversés ou en utilisant l'hydrolocalisation ^[48].

La pose peut s'effectuer après un simple repérage échographique ^[52] (avec marquage cutané de la future ponction) ou complètement échoguidée ^[53].

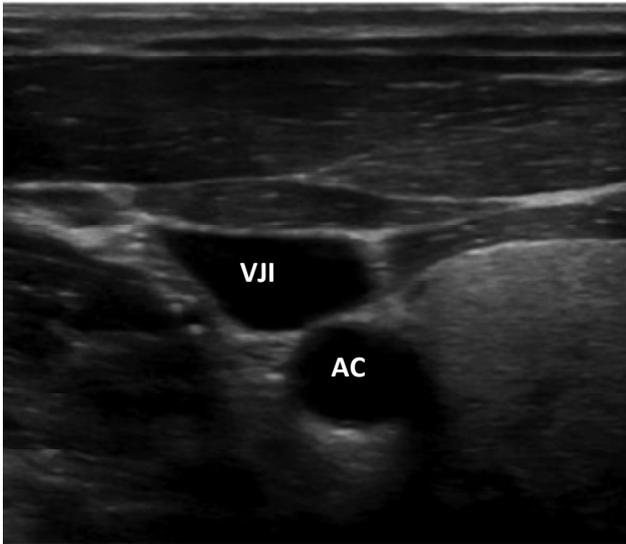


Figure 5 : Coupe transversale (VJI et AC)

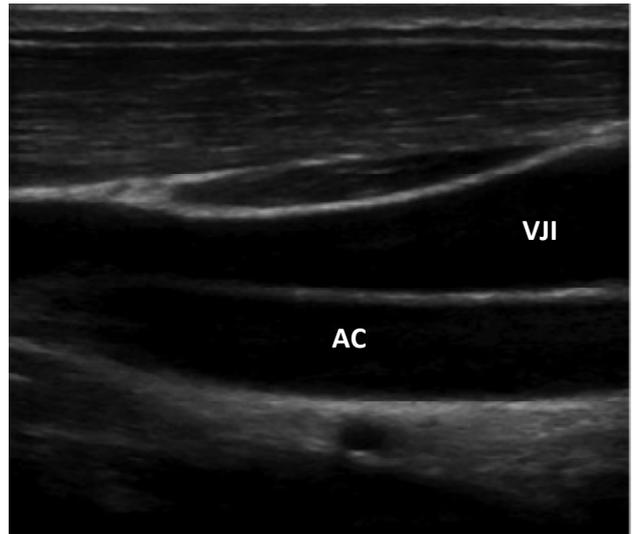


Figure 4 : Coupe longitudinale de la veine jugulaire interne (VJI) et l'artère carotide primitive(AC)

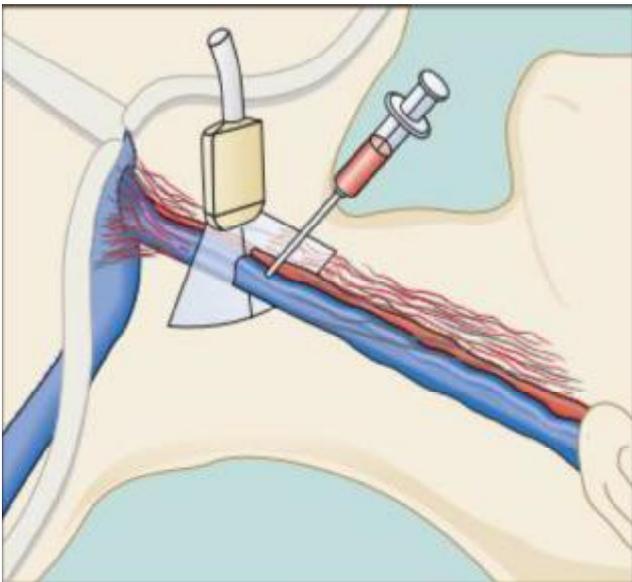


Figure 6 : Ponction « hors du plan » (VJI)

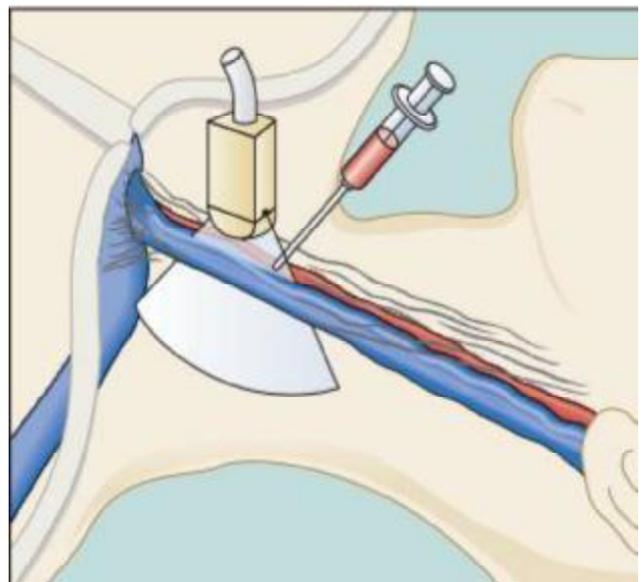


Figure 7 : Ponction « dans le plan » (VJI)



Figure8 : Ponction échoguidée « hors du plan » de la veine jugulaire interne.



Figure 9: veine jugulaire thrombosée

4) Les sites d'insertion :

a. Veine jugulaire interne :

L'abord de la veine jugulaire interne (VJI) est le plus utilisé en littérature [50-52]. C'est une veine superficielle et l'absence de relief osseux assure une bonne fenêtre échographique.

- La tête du patient est tournée du côté opposé à celui de la ponction.

- La sonde d'échographie est orientée de façon à obtenir une coupe transversale de la région cervicale. L'image de la veine jugulaire est retrouvée en plaçant la sonde perpendiculairement au muscle sternocléidomastoïdien sous lequel elle apparaît, proche de l'artère carotide.

- Une désinfection cutanée de la région cervicale est réalisée. La sonde d'échographie est placée dans une gaine de protection stérile avec du gel échographique. Une fine couche de gel échographique est placée au contact de la peau.

- Une aiguille est introduite à 0,50 cm au-dessus de la sonde d'échographie et avancée sous contrôle de la vue jusqu'à la paroi antérieure de la VJI. Après aspiration de sang, un guide métallique est introduit et l'aiguille peut alors être retirée. Le point de ponction cutané est incisé avec une lame de bistouri. Un dilateur puis un cathéter sont alors introduits selon la technique de Seldinger [53].

b. Veine sous clavière :

La veine sous clavière est suivie du sillon deltopectoral à l'espace sous clavier, mais à cet endroit la veine est profonde et la fenêtre échographique est limitée par l'ombre de la clavicule et de la première côte. C'est l'abord le plus difficile et il nécessite un certain entraînement. L'abord sus claviculaire lui est donc souvent préféré.

L'image de la veine est centrée sur l'écran de l'appareil d'échographie et l'aiguille est avancée. Après aspiration sanguine, la sonde d'échographie peut être retirée et le reste de la procédure poursuivi [48].

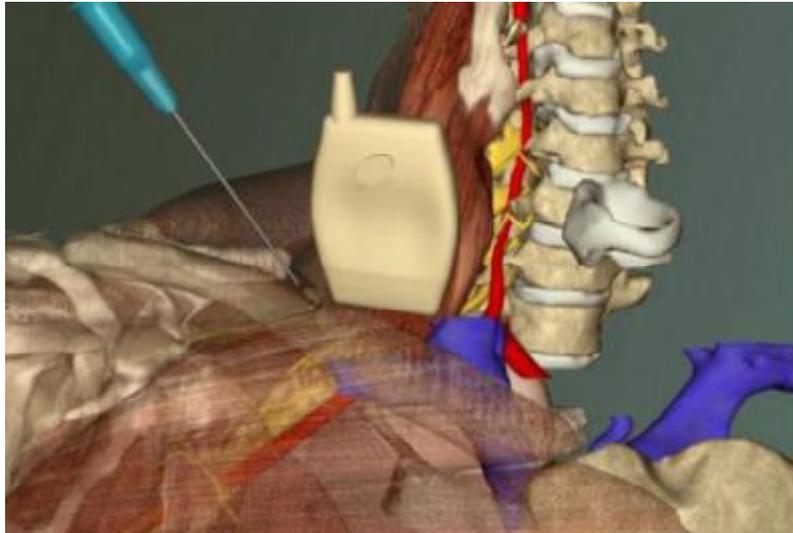


Figure 10 : Ponction « dans le plan » de la veine sous-clavière par voie sus claviculaire.

C. Veine fémorale :

L'abord de la veine fémorale est relativement simple. La veine est très superficielle, facile d'accès, avec une fenêtre échographique très favorable. La veine est visualisée en coupe transversale ou longitudinale et la ponction se fait soit dans le plan soit en dehors en suivant les différents étapes déjà abordés.

D. Voies périphériques

❖ Accès vasculaire artériel :

L'apport de l'échoguidage dans la mise en place des cathéters artériels a également fait l'objet de nombreuses publications et de recommandations [53].

La mise en place des cathéters artériels est principalement associée à un risque de thrombose artérielle (jusqu'à 20 % en radial contre 1,5 % en fémoral) et d'hématome (14 % en radial contre 6 % en fémoral) même si moins de 1 % des complications auront des conséquences graves [53].

L'apport de l'échographie dans la ponction d'une artère est bien moins important que pour la veine notamment parce que son caractère pulsatile la rend plus facile à localiser par la palpation.

L'usage de l'échographie n'est pas recommandé en systématique pour la ponction artérielle mais plutôt en solution de sauvetage d'un échec de la technique palpatoire. Depuis, une méta-analyse a cependant montré que l'échoguidage améliorerait significativement en radial le taux de succès à la première ponction [76].

❖ Accès veineux périphériques :

L'échographie aide à localiser les veines périphériques chez le patient obèse ou œdémateux et permet d'éliminer une thrombose. Les veines profondes du bras sont une alternative logique à la voie veineuse centrale pour la plupart des procédures chirurgicales. Keyes et al. [54] ont utilisé l'échographie au niveau du pli du coude pour cathétériser les veines céphaliques, basiliques ou cubitales.

II. Intérêt de l'échoguidage :

1 – diminution du taux de complications : ^[48]

L'échoguidage est tout d'abord utilisé pour la mise en place des VVC parce que le taux de complications mécaniques des abords vasculaires avec les repères anatomiques de surface s'élève à 10–15% des ponctions et qu'elles sont le plus souvent liées à des variations anatomiques identifiables par l'échographie ^[57,58].

Le risque relatif de ces complications augmente avec le nombre de tentatives et quand les repères anatomiques sont difficilement identifiables. Il est important de noter que la majorité des complications graves est liée à des ponctions et cathétérismes artériels accidentels, qu'il faut donc s'appliquer à éliminer ;

L'échoguidage permet également la diminution du risque septique par la diminution du nombre de tentatives de ponctions.

2 – augmentation du taux de réussite :

En permettant un contrôle visuel permanent et en identifiant les variations anatomiques et les thromboses veineuses préexistantes infra-cliniques ^[59].

l'échographie augmente sans aucun doute le taux de réussite quelle que soit la voie d'abord ; le taux de réussite est ainsi de 94,4% à 99,8% pour la VJI et de 96,5% à 98,6% pour la VSC ^[60].

L'échographie permet également d'améliorer le taux de réussite dès la première ponction, diminuant ainsi le risque relatif de complications ; le taux de succès à la première ponction de la veine fémorale augmente de 54 à 85,5% et de la veine jugulaire interne de 80,5 à 94,4% ^[60,61].

3 – diminution du temps de pose :

Le temps de pose est plutôt diminué par l'échoguidage du fait de la réduction du nombre de tentatives. 5 à 7 min sont habituellement nécessaires pour réaliser la ponction et introduire le cathéter ^[60].

4- sécurisation des ponctions dans des circonstances à risque :

Les troubles de l'hémostase représentent une circonstance à risque pour la mise en place des VVC. L'utilisation de l'échographie diminue le risque d'hématome en réduisant le nombre de ponctions et en évitant les ponctions artérielles. Une étude réalisant 133 ponctions chez des patients présentant un INR supérieur à 3 et une thrombopénie n'a pas noté de complications importantes [62].

Par ailleurs, les ponctions chez l'obèse et dans les positions inusuelles sont également sécurisées par l'utilisation de l'échographie.

La supériorité de l'échoguidage dans l'abord veineux profond par rapport à la technique anatomique classique est ainsi rapportée dans plusieurs études avec des résultats significatifs. Selon Peris et Prabhu, le taux de succès à la première ponction de la veine fémorale augmente de 54 à 85,5% et de la veine jugulaire interne de 80,5 à 94,4% [60,61]. L'étude de James G.Caridi [80] portant sur 937 CVC insérés en jugulaire interne a noté la survenue d'uniquement de 7 complications mécaniques dont 4 embolies gazeuses, 2 PNO et une malposition.

III. Echoguidage bidimensionnel pour la pose de chambres implantables :

1) Indications :

La pose de chambre implantable sera proposée au patient dans différents cas:

- La préservation du capital veineux du patient: lors de l'utilisation de produits de chimiothérapie, entraînant un risque élevé de nécrose tissulaire en cas d'extravasation ; lors de la mise en place d'un traitement au long cours (chimiothérapie...)
- La réalisation de chimiothérapie à domicile ou d'alimentation parentérale.

- Un abord vasculaire lorsque le capital veineux est pauvre d'emblée ou fortement altéré.
- La diminution du risque infectieux en évitant la contamination directe du flux sanguin par l'orifice cutané.

3) Technique avec échoguidage :

Après préparation du patient et du matériel, le patient est perfusé pour injection d'une antibioprophylaxie (céfazoline 2 g, protocole calqué sur les recommandations de la Société française d'anesthésie et réanimation ^[55] (SFAR) pour la pose de pacemaker) et monitoré en vue de la réanimation d'un éventuel malaise. La ponction de la veine sous échographie se fera en suivant les étapes déjà suscitées et en respectant les différentes mesures d'asepsie. Puis la création d'une logette sous-cutanée préthoracique homolatérale à la ponction où est fixée la chambre adaptée au cathéter après tunnellisation de ce dernier ^[55].

IV. La mise en place de cathéters d'hémodialyse sous échographie :

Au-delà des CVC, l'échoguidage a montré qu'il améliorerait également les procédures de mise en place des cathéters de dialyse. Dans une revue de la littérature et méta-analyse portant sur plus de 800 cathéters d'hémodialyse, l'échoguidage permettait de diminuer le risque d'échec de 88 %, le risque de ponction artérielle de 78 %, d'hématome de 73 % et le temps de procédure ^[56]. D'autres études consacrées exclusivement à la mise en place en fémoral confirmaient l'effet positif sur ces mêmes critères ^[56].

En pratique trois veines sont accessibles : la veine sous-clavière, la veine fémorale et la veine jugulaire interne, surtout droite, est privilégiée par la majorité des auteurs.

- La voie jugulaire interne : l'implantation par cette voie est aisée et doit être privilégiée. Les CVC pour hémodialyse sont insérés par voie jugulaire basse sous

anesthésie locale et méthode percutanée dérivée de la méthode de Seldinger. Le repérage préalable de la veine par échographie facilite la cathétérisation et minimise les risques traumatiques ou les échecs. Les cathéters insérés par cette voie doivent avoir une longueur totale de 20 à 25 cm dont 10 cm de tunnellation sous-cutanée. Les cathéters insérés par voie jugulaire gauche ont une longueur de 4 à 5 cm supérieure pour atteindre l'oreillette gauche.

- La voie sous clavière : cette voie est beaucoup plus rarement utilisée à l'heure actuelle, que ce soit pour les cathéters dits d'urgence ou pour les CVC permanents. Cela tient au fait que cette voie veineuse est associée à des risques majeurs de sténose et de thrombose des veines sous-clavières. Les cathéters insérés par cette voie doivent avoir une longueur totale de 20 à 25 cm dont 10 cm de tunnellation sous-cutanée. Les cathéters insérés par voie sous-clavière gauche ont une longueur de 4 à 5 cm supérieure à celle des cathéters droits qui est nécessaire pour atteindre l'oreillette gauche. La tunnellation sous-cutanée est identique à celle des cathéters jugulaires. L'orifice de sortie du CVC se trouve positionné dans la région pré-thoracique.

- La voie fémorale : la voie fémorale est la plus anciennement connue et utilisée. Elle conserve des indications larges en tant qu'accès vasculaire d'urgence. L'insertion d'un cathéter fémoral est en général très facile quel que soit l'état du patient et permet de débiter l'hémodialyse dans les quinze minutes qui suivent. L'implantation par voie fémorale est relativement facile au pli de l'aîne. Les cathéters insérés par voie fémorale doivent avoir une longueur totale de 35 à 40 cm dont 10 cm de tunnellation sous-cutanée pour atteindre le milieu de la veine cave inférieure.

C. Echographie pleuro-pulmonaire en réanimation :

I. Description de la technique d'échographie pulmonaire :

Le poumon étant l'organe le plus volumineux, une analyse méthodique est souhaitable. Les lignes axillaires sont des repères pratiques pour diviser le thorax en 12 régions (six par poumons) antérieures, latérales et postérieures [63]. Chaque région comporte un quadrant supérieur et inférieur.



Figure 11 : Segmentation de chaque hémithorax en six zones d'examen : partie supérieure ou inférieure des trois cadrans : antérieur, latéral ou postérieur

Notre abord est direct, intercostal, longitudinal, évitant la voie radiologique souscostale, source d'erreurs. La sonde microconvexe courte de 5 MHz trouve tout son intérêt. La sonde est alors positionnée sur le thorax de façon à toucher les deux côtes en même temps, coupant l'espace intercostal dans le sens sagittal. Cette position permet l'identification des structures thoraciques fixes, soient les tissus sous-cutanés et les côtes. Ces structures anatomiques font office de points de repère. Entre les deux côtes, une ligne hyperdense est visible. Il s'agit de la ligne pleurale. Celle-ci est constituée de l'apposition des plèvres viscérales et pariétales collées l'une à l'autre. Normalement, un mouvement de va-et-vient sera perceptible

au niveau de cette ligne pleurale, synchronisé avec la respiration. Ce mouvement est appelé le glissement pleural. Au niveau du champ échographique distal, les côtes vont créer des ombres acoustiques de forme triangulaire. La zone d'intérêt de l'échographie pulmonaire se trouve sous la ligne pleurale, entre ces deux cônes d'ombre. C'est au niveau de la zone d'intérêt que les différents artefacts étudiés seront visualisés [64].

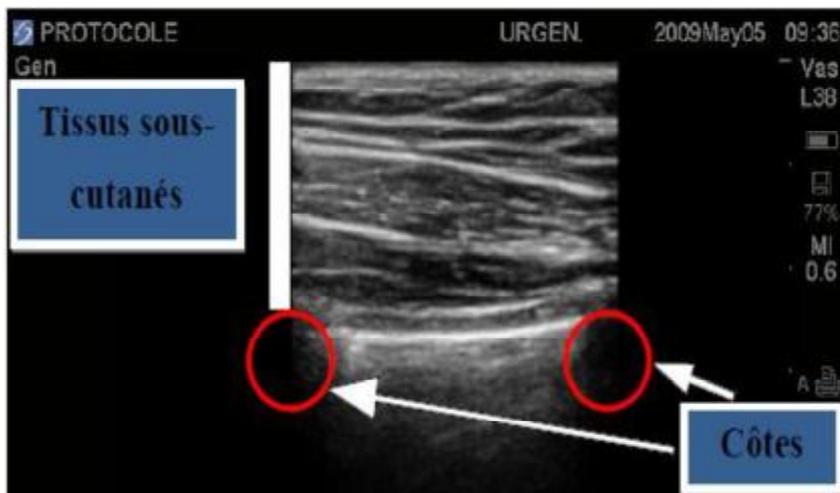


Figure 12 : Structures anatomiques fixes en échographie pulmonaire. Les tissus sous-cutanéés et une ligne échodense horizontale reliant 2 côtes.

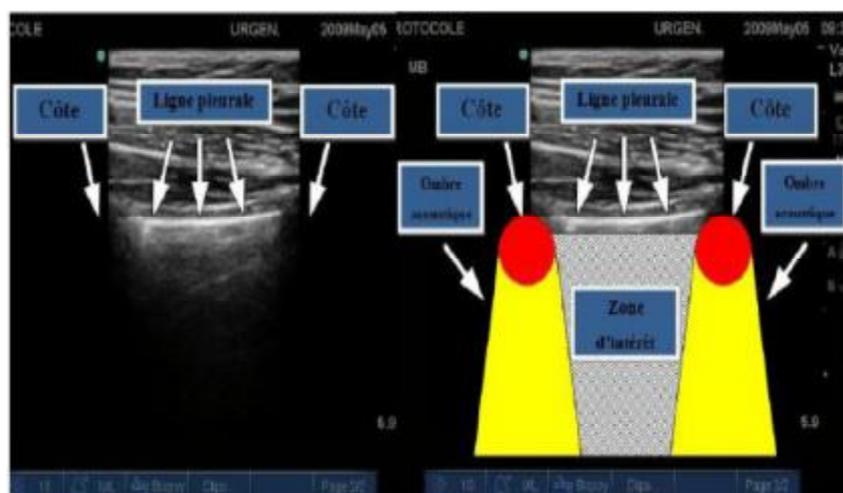


Figure 13 : Ligne pleurale, cônes d'ombre acoustique et zone d'intérêt dans le champ échographique

II. Description des artefacts et éléments visualisés à l'échographie pulmonaire :

Le poumon n'est pas visible à l'échographie pulmonaire. L'air qu'il contient réfléchit complètement les ondes échographiques. Lors de la présence de pathologies du parenchyme pulmonaire, des artefacts échographiques sont créés et visibles au niveau de la zone d'intérêt. Certains artefacts visibles utilisés pour le diagnostic sont arbitrairement nommés : les lignes A, les lignes B, les lignes Z et les lignes E. Le glissement pleural et le pouls pulmonaire sont aussi des artefacts recherchés et étudiés à l'échographie pulmonaire.

1. Les lignes A :

C'est l'image horizontale de la réflexion de la ligne pleurale dans le parenchyme pulmonaire. Comme l'onde échographique est réfléchiée par l'air contenu dans le poumon, elle retourne vers la sonde échographique. Lors de son retour, elle est partiellement réfléchiée par la ligne pleurale et redescend vers le poumon. L'air du poumon, tel un miroir, réfléchit à nouveau l'onde échographique qui a cependant perdu une partie de son énergie, absorbée par la ligne pleurale. Cette différence d'énergie est détectée par la sonde puis faussement interprétée par le programme informatique de la machine d'échographie. Ce phénomène se produit à plusieurs reprises et donc plusieurs lignes A sont visibles en temps normal dans le parenchyme pulmonaire, à des profondeurs grandissantes, mais à intensités déclinantes.

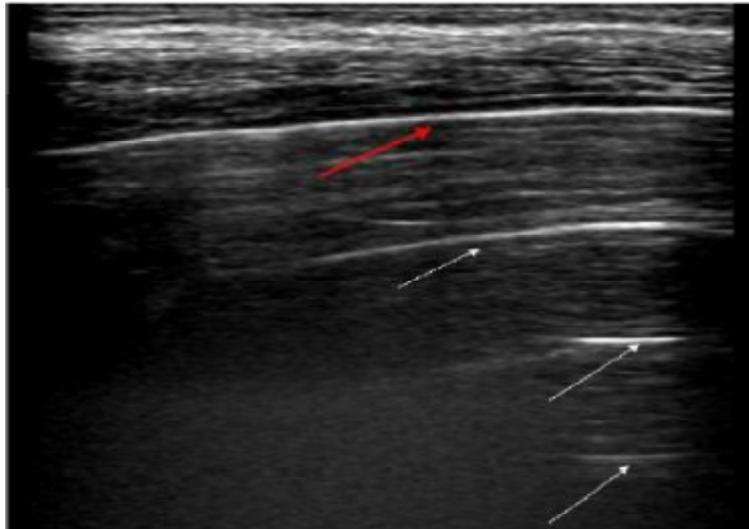


Figure 14: Lignes A. Elles sont indiquées par les flèches blanches et la ligne pleurale est identifiée par une flèche rouge

1. Les lignes B :

Un deuxième artefact pouvant être présent en temps normal est la queue de comète, communément appelé ligne B. Il s'agit d'une mince ligne verticale traversant le champ échographique. En temps normal, le parenchyme pulmonaire contient une petite quantité de liquide physiologique qui crée de multiples micro-interfaces avec l'air au niveau des septums interlobulaires du poumon. Les ondes échographiques sont réfléchies de façon répétée par ces micro-interfaces tout le long du parenchyme pulmonaire affecté, créant ces artefacts.

Il est important que ces artefacts soient à départ de la ligne pleurale et non de la surface cutanée [65]. Il est aussi important que ces lignes B se rendent jusqu'à l'extrémité du champ échographique visualisé sur l'écran de l'appareil d'échographie. Elles sont mobiles et souvent mises en évidence par le mouvement respiratoire. La présence de lignes B implique la présence de parenchyme pulmonaire et par conséquent exclue la présence d'un pneumothorax.

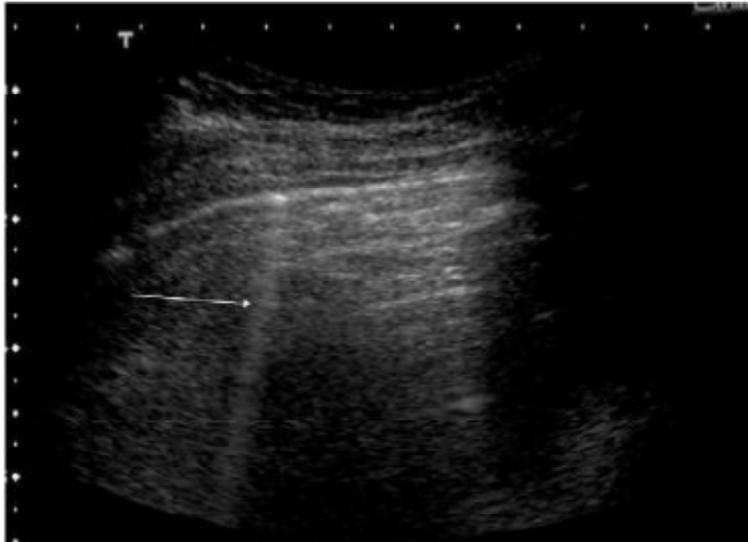


Figure 15 : Poumon normal avec présence d'une ligne B. indiquée par une flèche.

2. Les lignes Z :

Un autre artefact visible à l'échographie d'un poumon normal est appelé la ligne Z [85]. Il s'agit d'une ligne verticale, à départ de la ligne pleurale, fixe, mais n'atteignant pas l'extrémité du champ échographique visualisé. Elle est moins bien définie que la ligne B.

3. Les lignes E :

Dans le cas d'emphysème sous-cutané, une image s'apparentant à la ligne B peut être visualisée. Il s'agit des lignes E. Cet artefact, dont le point de départ est la peau et non pas la ligne pleurale, peut être mobile et masquer tous les autres artefacts. L'élément crucial de la différenciation des lignes B et E est leur point de départ.

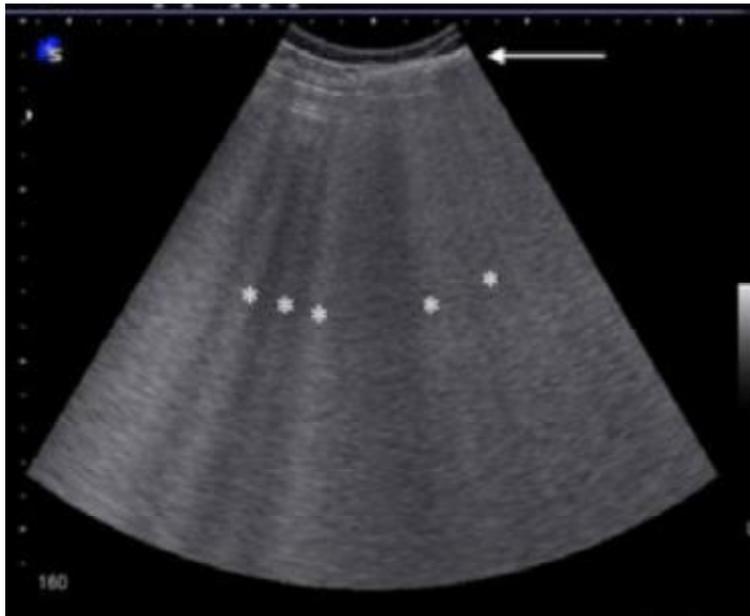


Figure 16 : Lignes E (astérisques blanches) à départ de la peau (flèche blanche),
masquant la ligne pleurale

4. Le glissement pleural :

Un avantage important de l'échographie pulmonaire est l'identification du mouvement des plèvres pariétale et viscérale l'une sur l'autre. La visualisation de ce mouvement est utilisée pour le diagnostic d'un pneumothorax et l'identification de la position d'un TET lors d'une intubation endotrachéale.

L'identification de ce glissement pleural est facilitée par la présence normale d'une petite quantité de lignes B qui vont se déplacer avec le glissement pleural.

5. Le pouls pulmonaire :

Un autre artefact visible à l'échographie pulmonaire est décrit par Lichtenstein et al. en 2003 [66]. Ils nomment cet artefact le « Lung Pulse ». Il s'agit en fait d'un léger mouvement de va-et-vient des plèvres viscérales et pariétales l'une sur l'autre. Il est généré par les battements cardiaques, qui induisent un léger déplacement des deux plèvres accolées, particulièrement sur le poumon gauche.

Comme le pouls pulmonaire nécessite l'accolement normal des plèvres viscérales et pariétales pour montrer le léger mouvement de va-et-vient, sa présence peut exclure le diagnostic de pneumothorax dans le champ échographique étudié. Le pouls pulmonaire peut facilement être mis en évidence à l'aide du Mode M de même que le Doppler couleur [67].

III. Echographie et épanchements pleuraux:

1. épanchement pleural liquidien :

a. Intérêt dans le diagnostic positif et étiologique :

L'échographie pulmonaire permet le diagnostic d'un épanchement pleural et l'appréciation de son aspect [88]. Elle aide à anticiper les difficultés techniques liées à son évacuation. Elle facilite le suivi de son évolution après un éventuel drainage [69].

Comme sur les examens tomodensitométriques, l'aspect échographique est rarement prédictif de la nature de l'épanchement. Néanmoins, une image de dépôts flottants, pouvant être par exemple du vieux sang mêlé, un empyème, un exsudat ou un aspect hétérogène est plus évocateur d'un exsudat. Un des rares aspects très évocateurs est celui d'un hémothorax en cours de constitution avec un contenu hétérogène et hyperéchogène sur le caillot frais. La présence de brides ou d'adhérences voire d'images arrondies d'abcès, au sein du parenchyme oriente vers une origine infectieuse de l'épanchement.

b. Intérêt pour la prise en charge thérapeutique :

La nécessité d'un drainage pleural ne peut pas être indiquée sur la seule quantification de l'épanchement. Toutefois, celle-ci fait partie de la démarche thérapeutique. Classiquement, après mise en décubitus dorsal, la découverte d'une distance interpleurale à la base du poumon supérieure à 50 mm est synonyme d'un épanchement pleural supérieur à 500 ml [70]. Si le décollement est de 30 à 50 mm, cette quantification est prise en défaut.

Une autre approche simple, fiable et reproductible consiste à multiplier la hauteur totale de l'épanchement par son aire transversale. Cette dernière est mesurée à mi-chemin entre les parties supérieures et inférieures de l'épanchement [71]. Le suivi quantifié des épanchements permet de contrôler leur évolution.

L'échographie pulmonaire permet de repérer la zone de ponction et de guider cette dernière [72]. Cela est utile, notamment en cas d'épanchement atypique ou de faible volume. La présence de brides, plus ou moins vascularisées, pouvant compliquer le drainage contre-indique l'utilisation d'un drainage avec mandrin.

Ainsi, dans une prise en charge novatrice de l'épanchement pleural, l'échographie pulmonaire est utilisée du diagnostic au drainage en passant par la quantification [73].

2. épanchement pleural gazeux :

a. Intérêt pour le diagnostic positif et l'appréciation de l'importance du décollement:

L'utilité de l'échographie pulmonaire pour le diagnostic de pneumothorax spontané, radio occulte ou traumatique a été démontrée par plusieurs études [75-79], et récemment confirmée par plusieurs méta-analyses [79]. Dans cette dernière étude, la sensibilité et la spécificité de l'échographie étaient de 90,9 % et 98,2 % respectivement contre 50,2 et 99,4 % respectivement pour la radiographie thoracique.

Récemment, un panel d'experts internationaux a édité une liste de recommandations concernant l'échographie pulmonaire [80]. Un algorithme diagnostique du pneumothorax a été établi. Celui-ci tient compte des trois grands signes classiquement retenus : La combinaison de la disparition du glissement pleural, la présence exclusive de lignes A, l'absence de ligne B et l'identification d'un point de transition pulmonaire possèdent une sensibilité de 79% et une spécificité de 100% pour le diagnostic d'un pneumothorax.

La majorité des protocoles décrits dans la littérature reposent sur cette combinaison pour identifier la présence d'un pneumothorax [83-86]. En cas de doute diagnostique persistant, la présence d'un pouls pleural permettrait d'éliminer le diagnostic de pneumothorax.

Une analyse semi-quantitative du volume des pneumothorax est également possible [83]. Après avoir diagnostiqué le pneumothorax, la délimitation de la zone de décollement se fait par la recherche des points poumons au niveau de chaque espace intercostal. En prenant le scanner comme référence, l'extension du pneumothorax peut être bien appréciée par l'échographie pulmonaire, mais pas par la radiographie thoracique.

b. Intérêt pour la prise en charge thérapeutique :

En diagnostiquant et quantifiant le pneumothorax [81], l'échographie pulmonaire est une aide pour guider le drainage pleural. Une récente étude clinique valide de nouvelles modalités de prise en charge thérapeutique [82].

En effet, l'efficacité du drainage et la présence d'un pneumothorax résiduel sont détectées de manière plus fiable et plus rapide par l'échographie pulmonaire que la radiographie thoracique. Dans cet ordre d'idée, des tests de clampage du drain préablation et des contrôles échographiques post ablation pourraient être réalisés permettant de s'affranchir de radiographie thoracique.

IV. Apports dans le diagnostic et le suivi des pneumonies associées à la ventilation mécanique :

1. Arguments échographiques en faveur d'une pneumonie en réanimation :

a. Consolidations sous-pleurales :

La présence de foyers de consolidations sous-pleurales est évocatrice de pneumonie [91]. Ils doivent être différenciés d'images d'infarctus sous pleuraux ou de tumeurs sous-pleurales. La vascularisation exubérante de ces dernières est évocatrice [93].

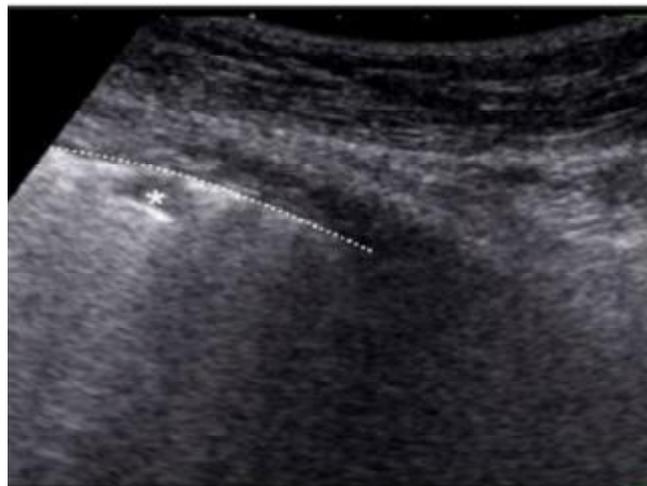


Figure 17 : Visualisation de la ligne pleurale (pointillés) et d'une consolidation sous pleurale (zone hypoéchogène arrondie) (astérisque). Aspect pouvant évoquer une pneumonie [92].

b. Bronchogramme aérique dynamique :

Le bronchogramme aérique peut être statique ou dynamique. Il donne un aspect échographique hyperéchogène, de petite taille, au sein de parenchyme consolidé. La forme dynamique correspond à la visualisation d'air rentrant et sortant de la consolidation sous la forme de va-et-vient de bulles suivant le cycle respiratoire. Le caractère dynamique est plus en faveur d'une infection [94].



Figure 18 : Bronchogramme statique : images hyperéchogènes multiples, non mobiles au sein du parenchyme pulmonaire consolidé.

c. Shunt :

Le shunt a initialement été décrit comme un signe angiographique, puis, par analogie, comme une image dynamique visualisée en doppler couleur au sein des consolidations pulmonaires [91].

Il témoigne d'une absence de vasoconstriction hypoxique réactionnelle, constatée notamment lors d'une perte d'aération localisée liée à une bronchopneumonie [92].

V. Protocole d'échographie dans le diagnostic des causes d'insuffisance respiratoire et dyspnée aigüe :

Lichtenstein et al. publient en 2008 une étude présentant un protocole d'évaluation des patients présentant une insuffisance respiratoire aigüe [95]. Le « Bedside Lung Ultrasound in Emergency », ou « BLUE Protocol », repose sur l'identification des multiples signes échographiques déjà décrits dans le diagnostic des pathologies pulmonaires, notamment le glissement pleural et les lignes B. Sur une période de 4 ans, 301 patients admis dans une unité de soins intensifs pour insuffisance respiratoire furent évalués par une échographie pulmonaire. Chaque hémithorax fut évalué en trois parties. Le protocole comprenait aussi l'évaluation des veines profondes des membres inférieurs à la recherche de thromboses.

La combinaison des différents signes observés fut corrélée au diagnostic final établi par l'équipe traitante. Les auteurs ont regroupé les différents signes selon leur présence et leur distribution sur la surface pulmonaire et sont parvenus à décrire différents profils permettant un diagnostic adéquat de la cause d'insuffisance respiratoire aigüe dans 90,5% des cas.

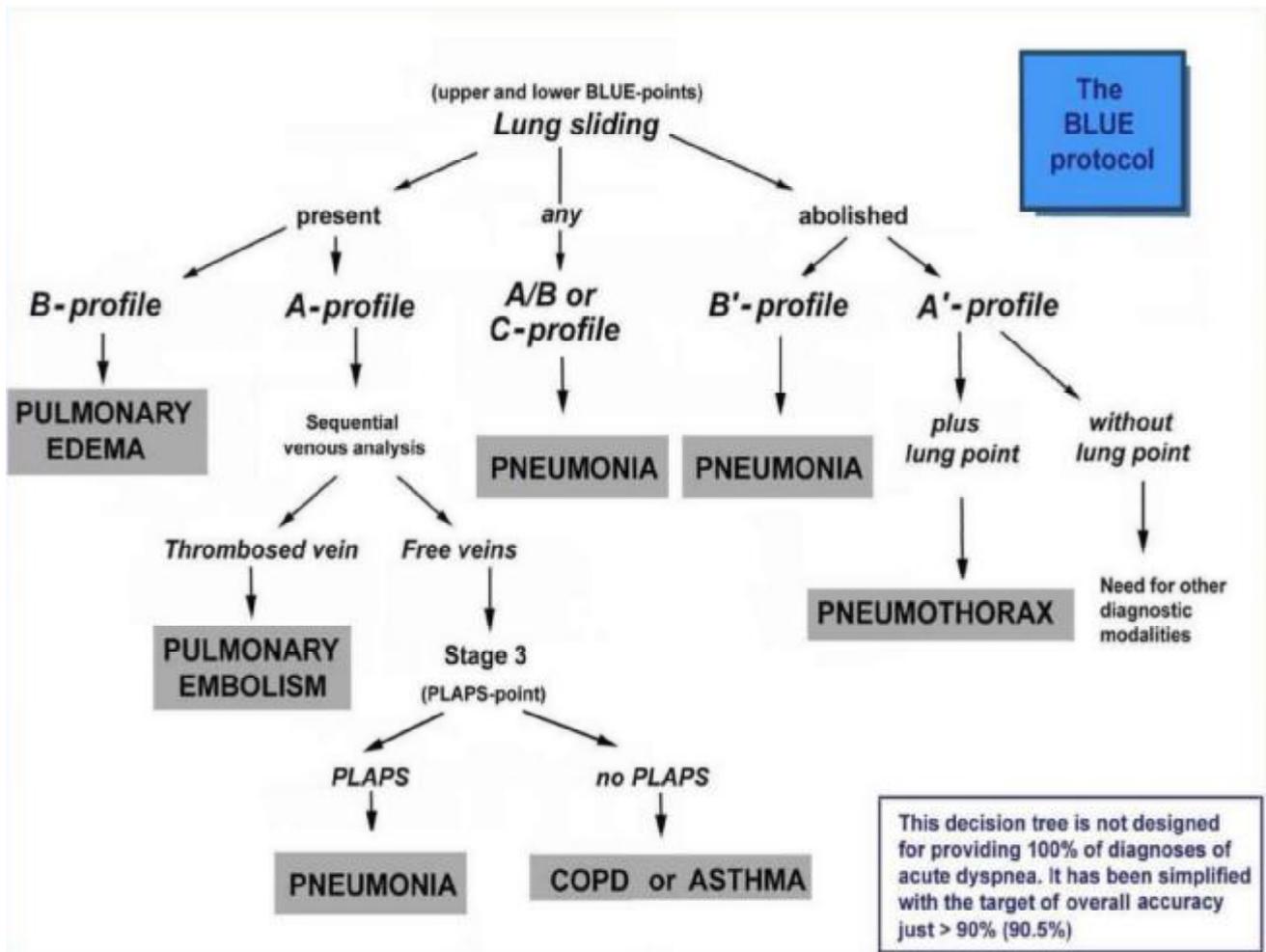


Figure 19: le « Blue Protocol » [85]

La séquence de l’algorithme débute par la détermination de la présence ou l’absence du glissement pleural, puis l’identification du profil présent. Selon la voie de l’algorithme, la recherche d’une consolidation pulmonaire postérieure, d’une thrombose veineuse des membres inférieurs ou d’un point de transition pulmonaire peut aussi être requis.

Le profil A correspond à un glissement pleural normal bilatéralement, une prédominance de lignes A sur la surface antérieure des deux poumons et la possibilité de quelques lignes B espacées de plus de 7 millimètres. Ce profil est associé aux diagnostics d’exacerbation de maladie pulmonaire obstructive chronique, d’embolie pulmonaire, d’asthme et de pneumonie postérieure.

Le profil B correspond à la prédominance bilatérale de multiples lignes B espacées de moins de 7 millimètres et d'un glissement pleural normal. Le profil B est associé au diagnostic d'œdème pulmonaire et peut exclure presque entièrement les diagnostics de pneumothorax, d'asthme et d'embolie pulmonaire.

Le profil AB, quant à lui, correspond à un mélange des profils A et B.

Le profil B' correspond à la prédominance de lignes B sur un poumon avec abolition du glissement pleural. Il est associé à la présence d'une pneumonie.

Le « Blue Protocol » est assez ardu en raison des multiples profils décrits. Si l'on se concentre d'abord sur l'exclusion d'un pneumothorax tel que décrit précédemment, puis sur l'évaluation de la présence de lignes B unilatérale ou bilatérale, on peut rapidement faire la part des choses entre une atteinte alvéolo-interstitielle bilatérale (œdème pulmonaire, SRDA, fibrose) ou unilatérale (pneumonie, contusion, autre consolidation).

Plus récemment, Zanobetti et al. publièrent une étude rapportant l'utilisation de l'échographie pulmonaire dans le but de différencier les possibles causes de dyspnées aiguës chez des patients se présentant au département d'urgence [96]. Dans le cas de discordances entre le diagnostic établi par l'échographie pulmonaire et la radiographie pulmonaire, une tomodensitométrie thoracique était effectuée. L'échographie pulmonaire décrivait quatre éléments spécifiques, soient la présence ou l'absence d'un glissement pleural, la présence de lignes A, la présence et la concentration de lignes B, et la présence ou l'absence de consolidation pulmonaire identifiée comme l'hépatisation du parenchyme. Plus de 400 patients furent recrutés. L'accord inter-observateur entre l'échographie pulmonaire et la radiographie pulmonaire obtinrent des scores de kappa de 0,95 pour le diagnostic d'œdème pulmonaire, 0,87 pour le diagnostic de fibrose pulmonaire, 0,76 pour le diagnostic d'épanchement pleural et 0,7 pour le diagnostic de consolidation

pulmonaire. Dans les cas discordants, la tomodensitométrie thoracique confirma le diagnostic établi par l'échographie pulmonaire dans 63% des cas.

De façon intéressante, lorsque l'échographie pulmonaire était normale, la radiographie pulmonaire était normale dans 90% des cas.

Tel que le mentionnent les auteurs, la majorité des radiographies pulmonaires pourraient donc être évitées chez les patients dont l'échographie pulmonaire serait normale, diminuant de façon considérable le nombre de ces examens.

VI. Echographie pleuropulmonaire et embolie pulmonaire :

Un aspect normal chez un patient dyspnéique (lignes A glissantes) est l'aspect habituel en cas d'embolie pulmonaire. La mise en évidence de fusées diffuses est, elle, inhabituelle. Chez un patient présentant une douleur thoracique ou une dyspnée brutale, la mise en évidence de lignes A sera d'autant plus évocatrice qu'il n'y a pas d'antécédent d'asthme ou de BPCO. Le profil « lignes A » est retrouvé avec une sensibilité de 92 à 100 % [97].

En phase tardive, des lésions pleurales ou alvéolaires de petit volume peuvent être observées dans les zones dépendantes. L'infarctus pulmonaire, parfois décrit, est un signe rarement observé [97].

VII. Apport de l'échographie pulmonaire dans la confirmation de l'intubation endotrachéale :

Plusieurs méthodes de vérification de la position du tube endotrachéal (TET) par l'échographie ont été rapportées. Encore une fois, ces méthodes se séparent selon qu'elles sont exécutées au niveau des voies respiratoires supérieures ou inférieures.

En ce qui a trait à la visualisation du TET au niveau des voies respiratoires supérieures, Drescher et al. furent les premiers à décrire les signes échographiques accompagnant une intubation œsophagienne, par voie de visualisation directe de l'œsophage [98]. Ils décrivirent, dans le cadre de cette petite série de cas d'intubation chez des cadavres, le « signe de la comète », qui est différent des queues de comètes apparentés à la ligne pleurale ou à la ligne B. Il s'agit d'un artéfact à départ du TET. En 2007, Werner et al. publièrent une étude pilote démontrant l'applicabilité de ces observations [99].

En ce qui a trait à la méthode de vérification du TET en utilisant l'échographie pulmonaire au niveau des voies respiratoires inférieures, Chun et al. [101] démontrèrent pour la première fois en 2004, la possibilité d'imager le glissement pleural, démontrant ainsi la ventilation pulmonaire et donc la position adéquate du TET. Weaver et al. publièrent une étude sur un modèle cadavérique [102] qui affirme cette constatation. Blaivais et al. présentèrent une série de cas d'intubation endobronchique où la combinaison de la visualisation du glissement pleural, du mouvement diaphragmatique de même que le pouls pulmonaire a permis d'identifier rapidement le mauvais positionnement du TET [103]. Une seule étude a utilisé l'échographie en combinaison au niveau des voies respiratoires supérieures et inférieures. En 2009, Park et al. publièrent leurs observations sur un groupe de 30 patients polytraumatisés [104]. En associant la visualisation directe du TET au travers de la membrane cricothyroïdienne et l'identification du glissement pleural, la sensibilité de l'échographie atteint 100%.

D. Echographie abdominale en réanimation :

I. Focused Assessment Sonography for Trauma (FAST) :

L'échographie a fait son apparition dans l'évaluation des patients traumatisés dès les années 1980 en Europe ^[111], puis a été adoptée et développée aux Etats-Unis durant les années 1990 ^[112]. L'objectif de l'échographie abdominale selon la technique FAST est la recherche d'une lésion hémorragique chirurgicale.

L'examen est toujours effectué en position dorsale, sans mobilisation du patient. Quatre vues sont utilisées : hépatorénale (hypocondre droit) ; splénorénale (hypocondre gauche) ; pelvienne (bassin) ; sous-xiphoïdienne ou péricardique. Cette technique permet ainsi d'identifier un saignement occulte thoracique ou abdominal dans le cadre de la prise en charge des traumatismes fermés thoraco-abdominaux en salle de déchoquage ^[113].

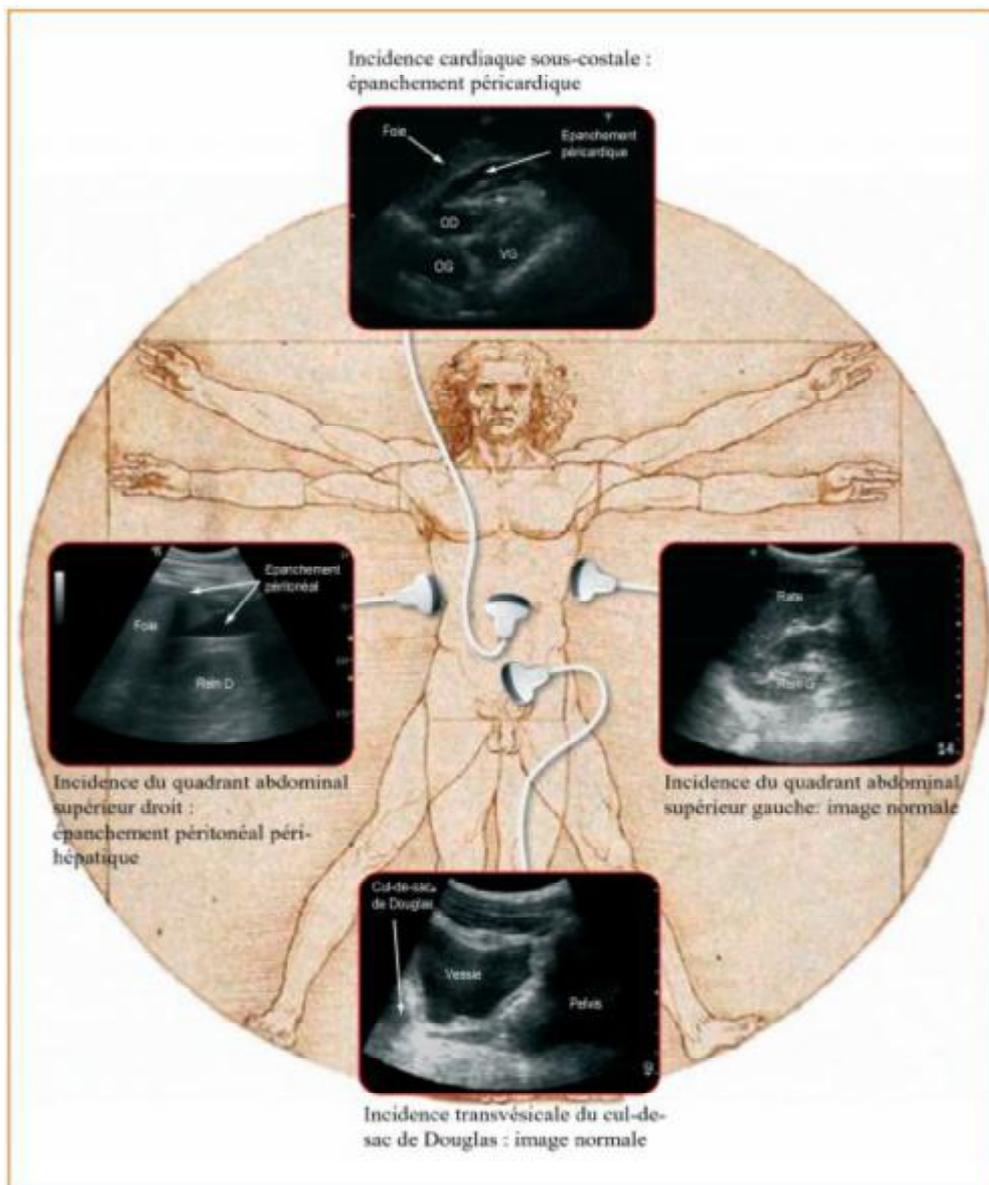


Figure 20 : Principales incidences pour l'exploration du traumatisé abdominal

II. Cholécystite aiguë alithiasique :

La cholécystite aiguë alithiasique représente 2 à 14% des cholécystectomies pour cholécystite aiguë. Sa principale étiologie est l'ischémie de la paroi vésiculaire, qui survient le plus souvent chez des malades hospitalisés en réanimation, dans les suites d'interventions lourdes, de brûlures étendues ou de polytraumatismes [105]. Les anomalies échographiques en faveur de son diagnostic sont : un épaississement de la paroi vésiculaire à plus de 4 mm ; une distension de la vésicule à plus de 4 cm dans son plus petit axe ; un dédoublement de la paroi vésiculaire ; la présence de sludge (boue vésiculaire) ; la présence d'un Murphy échographique.

Un travail prospectif récent a démontré que chacun de ces signes individuellement avait une mauvaise spécificité pour le diagnostic de cholécystite aiguë alithiasique en dehors du signe de Murphy échographique [106].

Dans cette étude, la réalisation systématique d'échographie abdominale chez des malades de réanimation révélait que 84 % présentaient au moins une anomalie échographique, 57 % avaient au moins trois anomalies échographiques et 14 % avaient quatre ou cinq anomalies échographiques sans que ces anomalies ne soient corrélées avec un diagnostic définitif de cholécystite aiguë alithiasique. Dans cette étude le signe de Murphy échographique était le seul ou le meilleur signe positif de cholécystite aiguë alithiasique.

III. Echographie et évaluation du contenu gastrique :

Chez les patients sous nutrition entérale, la mesure du résidu gastrique par siphonage de la sonde nasogastrique (SNG) reste un standard de soins mais devient de plus en plus controversée et une nouvelle approche est à envisager. L'échographie gastrique avec la mesure de la surface antrale est maintenant reconnue comme fiable pour l'évaluation du contenu gastrique tant chez le patient de réanimation [135] qu'en contexte périopératoire [108].

La mesure de l'aire de section antrale par échographie semble être une méthode fiable pour évaluer le volume du résidu gastrique chez les patients de réanimation sous nutrition entérale. Cette méthode simple, rapide, non invasive, et non irradiante est faisable chez la grande majorité des patients [107].

L'utilisation de cette technique serait également possible dans d'autres applications, comme l'évaluation du contenu gastrique avant induction d'une AG. La coupe échographique de l'aire de section antrale passant par l'aorte et le lobe gauche du foie, est de réalisation simple et est très reproductible. L'aspect de l'aire antrale donne des renseignements qualitatifs permettant d'identifier des estomacs « pleins ». La mesure de l'aire antrale peut permettre une estimation plus précise de la présence ou non d'un contenu gastrique à risque de lésions pulmonaires en cas de régurgitation et d'inhalation, (volume > 0,8 mL/kg et/ou présence de particules solides), définissant l'estomac « à risque ». Associée à l'identification d'autres facteurs de risque cliniques d'inhalation du contenu gastrique, l'échographie antrale peut aider l'anesthésiste-réanimateur à estimer le risque d'inhalation et à établir une stratégie anesthésique minimisant le risque de pneumopathie d'inhalation [108].

E. Autres applications de l'échographie en réanimation :

I. Doppler transcrânien en réanimation :

Le Doppler transcrânien (DTC) évalue de débit sanguin cérébral. La mesure des vitesses systoliques (V_s) et diastolique (V_d) et de l'index de pulsativité $[(IP, IP = V_s - V_d) / V_m ; \text{valeur normale chez l'adulte est } 1,0 \pm 0,2]$ permet d'apprécier l'état des résistances vasculaires intracrâniennes distales et donc d'estimer la pression intracrânienne. Pour l'artère cérébrale moyenne, la valeur normale de l'IP est proche de 1,0 et celle de la V_d de $40 \pm 10 \text{ cm/s}$ [109].

En peropératoire, en l'absence de monitoring invasif de la pression intracrânienne, la surveillance di DTC, permet chez un polytraumatisé, une surveillance facile, répétitive à la demande, au bloc opératoire de la pression intracrânienne (PIC) et de la perfusion cérébrale. La surveillance est réalisable avec une sonde cardiaque, 5-2 MHz. L'association d'un IP supérieur ou égal à 1,4 et d'une V_d inférieure à 20 cm/s sont des indices de gravité.

En anesthésie, le DTC permet le monitoring cérébral lors de la chirurgie carotidienne, évaluant les modifications du débit sanguin cérébral lors du clampage. Bien que la méthode ne soit pas applicable à tous les patients, en raison de difficultés ce monitoring est plus performant que l'oxymétrie cérébrale pour prévoir la nécessité d'un shunt peropératoire. Une baisse de plus de 20%, ou de plus de 50% de la vitesse moyenne au niveau de l'artère cérébrale moyenne lors de l'épreuve de clampage est un bon indicateur de la nécessité d'un shunt.

II. Echographie rénale en réanimation :

Pour le non radiologue face à une insuffisance rénale aiguë, l'échographie rénale se résume à l'étude morphologique des reins et à la recherche d'une uropathie obstructive. La présence d'une diminution de la taille du rein et de l'épaisseur de la corticale, de kystes, d'un rein unique, de malformation sont autant d'éléments en faveur de l'existence d'une part « chronique » à l'insuffisance rénale.

Le syndrome obstructif « haut » repose sur la présence d'une dilatation des voies excrétrices et de l'augmentation de volume des reins. Le diagnostic de dilatation des voies excrétrices reste relativement simple.

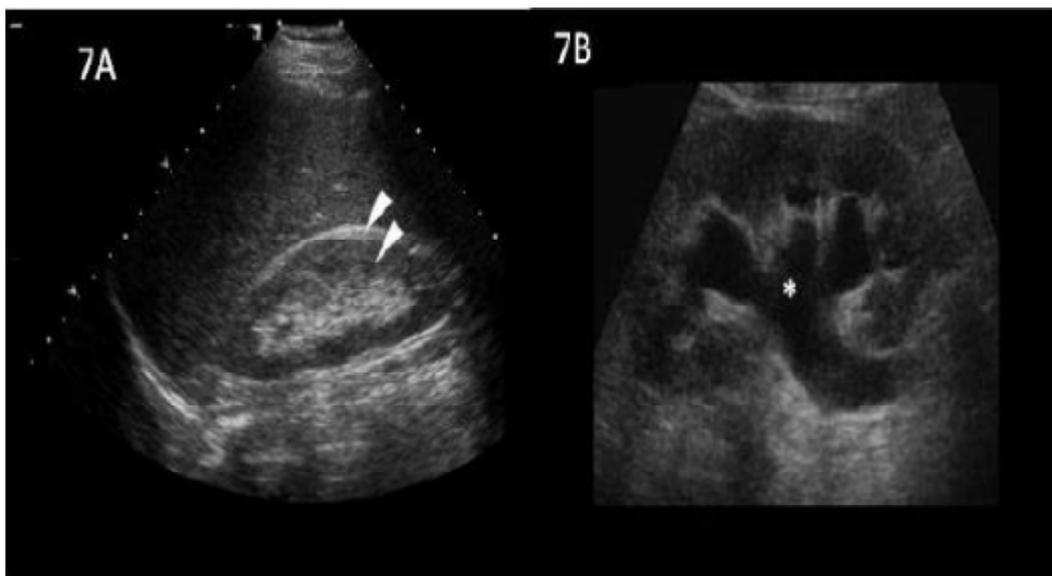


Figure 21 : Echographie rénale. 7A vue longitudinale d'un rein normal. La corticale est d'échogénéicité identique au foie. Son épaisseur se mesure entre la capsule et les pyramides de Malpighi (entre les 2 flèches). 7B vue longitudinale d'un rein avec une dilatation importante des voies excrétrices (*).

III. Exploration de la vessie :

La dysfonction vésicale est une complication fréquente de l'anesthésie médullaire ou générale [84–86]. Le risque est celui de la surdistension vésicale et d'altération prolongée ou définitive du détrusor en diminuant sa contractilité. Le sondage évacuateur ne doit être proposé qu'en l'absence de miction malgré une vessie en réplétion. L'échographie vésicale réalisée en salle de surveillance post interventionnelle (SSPI) permet de détecter les patients à risque de surdistension vésicale pour leur proposer éventuellement un sondage évacuateur, sans sondage inutile pour ceux qui n'en pas besoin [110].

IV. Echographie des sinus en réanimation :

Le diagnostic des sinusites acquises en réanimation peut être fait par échographie bidimensionnelle en appliquant la sonde sur l'os malaire, chez un patient demi-assis car la position couchée expose à des faux négatifs. Le mode d'imagerie utilisé est le mode B.

La performance de l'échographie est comparable à celle du scanner : sensibilité, spécificité, valeurs prédictives positive et négative respectivement à 100, 96,7, 98,6 et 100 % [110].

Un sinus normal n'est pas visible du fait du barrage acoustique naturel représenté par l'air sinusien. Lorsque le sinus est visible dans son ensemble sous forme d'un triangle hypoéchogène, dont les parois interne, externe et postérieure sont hyperéchogènes, on parle de sinusogramme complet, qui témoigne du comblement du sinus et autorise le drainage. On parle de sinusogramme incomplet lorsque seule la paroi postérieure du sinus est visible. Un sinusogramme incomplet peut correspondre à un épaissement muqueux simple ou à une sinusite vraie. Pour différencier les 2 cas, l'échographie est refaite en position allongée. Si l'image se modifie, il y a sinusite, si l'image reste stable, il s'agit d'un épaissement muqueux [110].

V. Trachéotomie percutanée échoguidée :

Le repérage des structures anatomiques et vasculaires à l'aide d'une échographie Doppler permet certainement d'améliorer la sécurité d'une trachéotomie percutanée [114], surtout quand les repères anatomiques sont difficilement palpables [115]. L'écho-Doppler permet en particulier de visualiser des troncs artériels éventuellement palpables comme le tronc brachio-céphalique mais aussi des structures plus fines ou des veines comme la veine thyroïdienne inférieure. L'utilisation de l'écho-Doppler participerait ainsi à élargir les indications de la TPC à des situations jugées jusqu'à présent comme difficiles ou risquées.

ECHOGRAPHIE

ET ANESTHESIE

A. Echographie en anesthésie locorégionale (ALR) :

I. Introduction :

L'ALR a également bénéficié de l'apport de l'échographie. En 1978, Grange et al. ^[116] décrivaient à l'aide du Doppler la localisation de l'artère sous-clavière avant réalisation d'un bloc supraclaviculaire du plexus brachial.

Onze ans après, Ting et Sivagnanaratman ^[117] décrivaient la diffusion d'anesthésique local autour du plexus brachial axillaire observé par échographie en temps réel au cours de dix procédures.

L'échographie permet d'obtenir des images en temps réel des nerfs périphériques et d'identifier les tissus adjacents afin de guider l'injection d'anesthésiques locaux et le placement de cathéters périmerveux. Toutes les techniques d'ALR périphérique peuvent être échoguidées (blocs interscalénique, infraclaviculaire, axillaire, fémoral, sciatique). Certaines techniques d'ALR ont même connu un regain d'intérêt comme le bloc sus-claviculaire et le TAP (transverse abdominal plane) block.

Ces vingt dernières années, l'ALR échoguidée est devenue une pratique anesthésique quotidienne et a fait l'objet d'une récente recommandation formalisée d'experts de la Société française d'anesthésie-réanimation ^[118].

L'échographie trouve également sa place dans l'ALR centrale. La première description d'une ponction lombaire échoguidée a été réalisée par Bogin et Stulin en 1971 ^[119]. Entre 2001 et 2004, Grau et al ^[120] ont mené une série de travaux démontrant l'intérêt de l'utilisation des US dans l'anesthésie péridurale et ont permis une meilleure compréhension de cette pratique.

II. Sono-anatomie :

L'aspect échographique proprement dit d'un nerf dépend de sa richesse en tissu conjonctif. Ce dernier apparaît comme une structure hyperéchogène alors que les fascicules sont hypoéchogènes (tableau 3).

La richesse et la répartition du tissu conjonctif varient entre les racines nerveuses et les nerfs périphériques. Il est quasi inexistant au niveau des racines et des troncs, qui se présentent comme de simples images rondes hypoéchogènes, puis il va progressivement entourer les structures nerveuses au niveau des faisceaux et enfin devenir un élément constitutif à part entière du nerf [121]. À ce niveau, la répartition du tissu conjonctif est responsable de cet aspect folliculaire, en nid-d'abeilles caractéristique. Il est vraisemblable que son importance joue un rôle dans l'efficacité des anesthésiques locaux ce qui influe par conséquent sur la façon et l'endroit où l'on va injecter le produit [122].

III. Réglages et prise en main de l'appareil :

L'apprentissage de l'échographie passe avant tout par une connaissance de l'appareil et notamment des différents paramètres qui interviennent sur la qualité de l'image. Le choix des sondes est le premier élément. Deux critères sont à prendre en compte : la fréquence et la forme de la sonde.

La fréquence : des fréquences basses ou intermédiaires inférieures à 10 Mhz sont utilisées pour une profondeur supérieure à 5 cm. Des hautes fréquences au-delà de 10 Mhz sont indiquées pour les techniques superficielles. Les techniques d'ALR sont majoritairement superficielles. Seules les techniques proximales au niveau glutéal ou les techniques périmédullaires nécessitent des profondeurs supérieures à 4-5 cm. Le réglage est manuel sur la plupart des appareils, l'opérateur a le choix entre 3 plages de fréquences (mode résolution, général ou profond) dans

lesquelles, selon la profondeur, l'appareil va choisir lui même la fréquence et régler la focale au milieu de l'écran.

La forme de la sonde : le minimum est de disposer d'au moins deux sondes : d'une sonde linéaire de 13-6 MHz et d'une sonde convexe type sonde abdominale de 5-2MHz.

VI. Différentes techniques de repérage : ^[123]

L'approche échographique du nerf peut se faire de différentes manières. L'approche classique consiste à observé le nerf en coupe transversale, petit axe, et à approcher l'aiguille dans le plan des ultrasons en maintenant la vision complète de l'aiguille et surtout de son extrémité. L'approche hors du plan consiste à introduire l'aiguille perpendiculairement à la sonde. Elle apparaît sous la forme d'un point hyperéchogène, il est difficile au début de distinguer le corps de l'extrémité de l'aiguille, ainsi, pour améliorer la vision on utilise des éléments indirects. La déformation des tissus lors de la progression de l'aiguille ou en réalisant des petits mouvements saccadés de l'aiguille en ai un. Néanmoins ces éléments ne sont pas très sensibles et les erreurs de localisation sont possibles. Il est préférable d'associer l'hydrolocalisation en injectant de très petits volumes d'AL ou de glucosé à 5%. Chaque injection apparait sous la forme d'une petite « bulle » sur l'écran et permet d'identifier formellement l'extrémité de l'aiguille.

Il est pour l'instant difficile de définir une procédure d'échoguidage idéale et absolue. Il est conseillé plutôt de débiter avec l'aiguille dans le plan. Cette technique n'est pas plus simple mais plus facile à conceptualiser. Dans l'approche hors du plan, le fait de ne pas savoir exactement où se trouve l'extrémité de l'aiguille et de n'avoir que des éléments indirects est perturbant au début.



Figure 22: approche classique « dans le plan » du nerf sciatique dans la région poplitée, avec visualisation de l'extrémité de l'aiguille (flèche).



Figure 23: approche « hors du plan » du plexis brachial dans la région interscalénique. Image de gauche, la position du biseau est confirmée par hydrolocalisation (bulle d'AL). Image de droite, le biseau est bien visible

– Mise en place d'un cathéter échoguidé :

La mise en place d'un cathéter périneural est possible sous échographie. La procédure effectuée dans des conditions stériles, est un peu plus délicate et il faut idéalement 3 mains pour tenir la sonde, l'aiguille et introduire le cathéter. En pratique, il n'est pas toujours possible de disposer de « cette main supplémentaire » et le maintien de la sonde avec une image satisfaisante par une tierce personne peut être difficile. Il existe deux alternatives possibles. La première consiste à utiliser un bras articulé qui maintient la sonde en place après un repérage initial. La deuxième possibilité consiste à approcher le nerf et injecter l'AL avec l'aide des ultrasons, mais oblige l'opérateur à poser la sonde temps d'introduire le cathéter. La position du cathéter est alors vérifiée par une injection sous contrôle échographique ce qui permet éventuellement de le repositionner.

V. Echographie et ALR périphérique :

i. Intérêt des US en ALR périphérique :

1. Modifications des voies d'abord et des techniques de ponction : [124]

En montrant directement les structures nerveuses à leur place réelle chez chaque individu, l'échoguidage va changer la pratique de l'ALR. Beaucoup d'abordés basés sur des repères anatomiques précis vont être modifiés, car le nerf sera abordé là où il est vu, et non là où il devrait se trouver. Le nerf médian au niveau distal de l'avant-bras est, sous échoguidage, abordé en un point plus proximal que le troisième pli de flexion du poignet qui était l'ancien repère de ponction.

2. Nombre de ponctions :

En montrant la cible (le nerf), l'échographie permet de réduire le nombre de ponctions et de réorientations de l'aiguille lors de la recherche d'un nerf. Orebaugh et al. [124] ont montré, dans un collectif d'internes réalisant les blocs de bases, que le

nombre de ponctions et de redirections d'aiguille est plus faible en échoguidage, qu'en neurostimulation ($p > 0,03$).

3. Neurostimulation :

En neurostimulation, quand les critères de bon positionnement de l'aiguille sont réunis, il est recommandé de ne plus déplacer l'aiguille. À l'inverse, sous échoguidage, il est habituel de déplacer l'aiguille autour du nerf pour assurer une diffusion homogène de l'AL. Il est possible de réussir des blocs sous échoguidage seul, sans neurostimulation [125].

4. Volumes nécessaires :

La précision de la position de l'extrémité de l'aiguille et la visualisation directe de l'AL injecté conduisent de plus en plus souvent à réduire le volume injecté au niveau de chaque nerf. Dans une étude contrôlée sur le bloc du nerf fémoral, l'échoguidage permet de réduire de 42 % le MEAV50 de la ropivacaïne en comparaison avec la neurostimulation.

5. Délai d'installation du bloc :

L'échoguidage entraîne souvent une réduction du délai d'installation du bloc. Une réduction de 5 min est rapportée pour l'installation complète du bloc sensitif avec la ropivacaïne à l'abord axillaire, en comparaison avec la neurostimulation [126]. Des résultats équivalents sont publiés pour d'autres blocs [127-128].

6. Amélioration du taux global de succès : [127, 128,129]

Les études comparant en termes de succès l'échoguidage et la neurostimulation sont sujettes à caution, quant à leur valeur méthodologique. Dans des études rapportant un taux de succès pour la neurostimulation inférieur à 66 %, il est possible de démontrer une efficacité supérieure de l'échoguidage. Mais, dans des équipes entraînées à la neurostimulation, pour lesquelles les taux de réussite dépassent 95 %, il sera difficile de démontrer, même si cela est vrai, qu'une nouvelle

technique permettra d'améliorer ces résultats. Cependant, il semble bien que l'échoguidage améliore le taux global de succès des blocs périphériques. Cet avantage est plus évident quand les blocs sont réalisés dans des situations difficiles, en cas de pathologie nerveuse comme le diabète ou l'artérite, en cas d'amputation du segment de membre sous-jacent ou chez l'obèse.

7. Réduction des risques de l'ALR :

Malgré la visualisation directe des structures anatomiques et particulièrement des vaisseaux, l'échoguidage ne fait pas disparaître les risques d'injection intravasculaire. Il était admis que le contact du nerf par l'aiguille déclenchait une douleur vive, fulgurante, qui annonçait le traumatisme nerveux. L'échographie nous montre que le contact aiguille-nerf est pratiquement toujours indolore et ne provoque pratiquement jamais de douleur fulgurante [130]. L'injection intraneurale est considérée comme la complication la plus redoutée, responsable de la majorité des déficits neurologiques secondaires à une ALR. Deux publications modèrent ces craintes, rapportant des cas d'injections intraneurales au cours de blocs axillaires ou fémoral sans lésion neurologique immédiate ou retardée [131].

ii. Intérêt de l'échoguidage en fonction du type de bloc :

1. Blocs du membre supérieur :

Les racines du plexus brachial sont visibles en échographie dès leur sortie des foramens intervertébraux. Il est ensuite possible de les suivre au niveau cervical, puis dans leur rotation autour de l'artère sous-clavière et jusque dans l'avant-bras [132].

a. Bloc interscalénique : [133]

L'échographie permet à cet endroit de différencier les structures musculaires, vasculaires et nerveuses. Par un simple mouvement de l'axe du faisceau des ultrasons, il est possible de mettre en évidence l'espace

interscalénique, compris entre les muscles scalènes antérieur et moyen. Les structures nerveuses apparaissent alors comme des disques hypoéchogènes. La distribution de l'anesthésique local est facilement visualisable. Le risque d'injection péri-durale ou intrathécale est diminué.

b. Bloc supraclaviculaire : ^[134-135]

L'échographie permet la visualisation des structures vasculaires supraclaviculaires et de la plèvre. La zone de division des troncs en fascicules est variable ainsi que leur rapport à l'artère. L'apport de l'échographie est ici indéniable, réduisant le risque d'injection intravasculaire ou pleurale. La qualité de l'injection est facilement observable et permettrait la réduction des doses de l'anesthésique local.

c. Bloc infraclaviculaire :

L'échoguidage permet pour ce bloc de diminuer les ponctions vasculaires accidentelles et notamment les ponctions de la veine céphalique dont l'incidence est quasiment de 30%. La visualisation de la plèvre, et la possibilité de mesurer directement sa profondeur, représente un élément de sécurité ^[136].

d. Bloc axillaire :

La variabilité anatomique des structures nerveuses par rapport aux structures vasculaires est importante. La simple palpation de l'artère axillaire pour son repérage modifie nettement ces rapports anatomiques. L'échographie, outre le repérage des différents troncs nerveux, permet de réduire le risque de ponctions vasculaires accidentelles. Elle permet également le blocage sélectif d'un nerf en cas de défaut d'anesthésie ^[137].

e. Bloc des nerfs à l'avant-bras :

Par la visualisation directe des nerfs, l'échoguidage facilite les blocs tronculaires distaux sans nécessité de repères de surface.

2. Blocs du membre inférieur :

a. Bloc du nerf fémoral :

Le point de ponction habituel du nerf fémoral au niveau du pli inguinal est latéral par rapport à l'artère. Avec les ultrasons, le nerf fémoral et ses structures environnantes sont clairement visibles, même s'il présente une certaine variabilité dans sa structure ultrasonographique. La distribution des anesthésiques locaux peut être visualisée lors de l'injection. Les études ont ici démontré un raccourcissement du délai d'installation du bloc et une possible réduction des doses d'anesthésique local [138].

b. Bloc du nerf sciatique :

Nerf, le plus gros de l'organisme, il peut être visualisé à partir de l'espace subglutéal jusque dans ses branches de division au niveau de la cheville. Ainsi, au niveau poplité, la hauteur de la division en nerf tibial antérieur et en nerf péronier commun peut être repérée, ce qui pourrait réduire le taux d'échec de ce bloc par injection sélective [139].

VI. Echographie et ALR axiale :

1. Abord péridural :

L'échographie rend possible le suivi du trajet de l'aiguille lors de ponctions péridurales. La connaissance du point de ponction idéal, l'identification de l'angle de ponction et la profondeur mesurée de la dure-mère optimisent les procédures de ponction. Deux approches sont définies :

Approche transversale ou sagittale, cette approche permet la visualisation de l'espace intervertébral, des articulaires postérieures et de l'espace intrathécal. La limite de vision en profondeur est marquée par le corps vertébral. L'échographie donne ici une idée sommaire de la position des vertèbres dans l'espace. Elle permet l'identification des processus épineux des vertèbres sus et

sous-jacentes et du ligament jaune. Il est alors possible de définir le point de ponction et la trajectoire optimale de l'aiguille. L'intérêt de l'échoguidage est démontré lors de ponctions difficiles en analgésie obstétricale.

Approche paramédiane, cette approche permet de s'affranchir de la possible gêne, due aux calcifications des structures paravertébrales, lors de l'approche transversale. La vision de la dure-mère, et indirectement de l'espace péridural, est donc facilitée [124].

2. Bloc paravertébral :

Le bloc paravertébral (BPV) est une technique d'anesthésie locorégionale connue de longue date [140]. Sa réalisation repose classiquement sur la recherche d'une perte de résistance après passage du ligament costo-transversaire supérieur. La principale complication de cette technique est le pneumothorax. Les indications du BPV en chirurgie mammaire restent actuellement limitées aux gestes les plus lourds, soit en pratique les mastectomies avec ou sans reconstruction d'emblée [141].

Le repérage échographique préalable de l'espace paravertébral (EPV) et la réalisation d'une ponction échoguidée peuvent vraisemblablement améliorer la sécurité de ce bloc.

La position assise permet une meilleure localisation des repères osseux même si la position en décubitus latéral est couramment utilisée par d'autres. Les points de ponction dépendent du site chirurgical. La chirurgie mammaire nécessite un bloc sensitif (T1-T6). Une thoracotomie requiert un bloc T4-T10) alors que la chirurgie herniaire inguinale nécessite un bloc (T10-L2).

Le bloc paravertébral est classiquement réalisé à l'aide d'une aiguille de Tuohy selon la technique de perte de résistance en insu avec mandrin liquide. La ponction est réalisée de 3,5 à 4 cm latéralement à ligne des épineuses. On progresse perpendiculairement à la peau jusqu'au contact de l'apophyse transverse. L'aiguille

est alors redirigée en céphalique et avancée jusqu'à obtenir une sensation de perte de résistance au passage du ligament costo-transversaire supérieur.

L'échographie réalisée à l'aide d'une sonde plane de 12 MHz. Le patient est installé en décubitus latéral couché sur le côté non-opéré. Après désinfection cutanée et application de gel stérile, la sonde d'échographie est appliquée perpendiculairement à l'axe du rachis de façon à avoir une image centrée sur l'apophyse épineuse de cette vertèbre. La sonde est ensuite translaturée latéralement de quelques centimètres, entre deux côtes, vers le côté à opérer. On poursuit le mouvement de translation dans le plan intercostal : la plèvre est identifiée formant une courbe hyperéchogène, mobile lors des mouvements respiratoires. On repère enfin le muscle intercostal externe qui vient s'insérer sur l'apophyse transverse. L'EPV est un triangle délimité dans sa partie médiale par l'apophyse transverse, en avant par la plèvre et en arrière par le muscle intercostal externe [140]. Le point de ponction est situé à 1 cm du bord latéral de la sonde d'échographie

Après un test d'aspiration préalable, un volume de 1 à 2 mL est injecté : la position correcte de l'aiguille dans l'EPV est alors confirmée par un déplacement antérieur de la plèvre [142].

Un cathéter peut être introduit de 2-3cm au-delà du bout de l'aiguille dans l'espace paravertébral. Ce cathéter peut être utilisé en per et en postopératoire. Certaines indications de cathéters bilatéraux ont été publiées lors de thoracotomies bilatérales chez l'enfant, chirurgie vasculaire lourde intraabdominale et même dans les réductions mammaires bilatérales ambulatoires.



Figure 24 : Le bloc paravertébral : positionnement de la sonde et introduction de l'aiguille.

VII. Blocs des parois échoguidés :

1. Le TAP bloc :

Le TAP bloc consiste à injecter un anesthésique local au contact des racines nerveuses cheminant entre les muscles transverse et oblique interne.

La technique de référence est l'injection « à l'aveugle » de l'anesthésique local au niveau du triangle de Petit, délimité postérieurement par le muscle grand dorsal, antérieurement par le muscle oblique externe et caudalement par la crête iliaque [147].

Sous échographie, une sonde haute fréquence (6–13 Mhz) est placée au niveau de l'ombilic visualisé comme un cône d'ombre central et les muscles droits de l'abdomen de chaque côté. La sonde glisse latéralement du côté à bloquer ; elle permet de visualiser le bord latéral du MDA dans sa gaine, puis la ligne semi-lunaire où fusionnent les trois gaines des muscles larges de l'abdomen (MOE, MOI et MTA). La sonde arrive finalement au bord latéral de l'abdomen. Le point de ponction est

antérolatéral, à 1 cm du bord de la sonde avec une direction postérieure sous contrôle de la vision échographique. Lorsque l'aiguille est visualisée dans le plan séparant le MOI et le muscle transverse, l'AL est injecté [148].

Le caractère « aveugle » de la ponction peut avoir des conséquences en matière de succès et de complications. Un cas clinique rapporte d'ailleurs la survenue d'une ponction hépatique au cours d'un TAP bloc au triangle de Petit chez une patiente présentant une hépatomégalie [148] ; Dans ces conditions, le repérage échographique pourrait améliorer la réalisation du TAP bloc, en s'affranchissant notamment des variations anatomiques au niveau du triangle de Petit. L'efficacité analgésique du TAP bloc échoguidé était rapportée dans deux études cliniques randomisées en 2009. Une diminution des consommations de morphine était notée chez les patients bénéficiant d'un TAP bloc versus analgésie conventionnelle systémique après cholécystectomie et appendicectomie [148].



Figure 25 : technique du TAP bloc selon une approche dans le plan

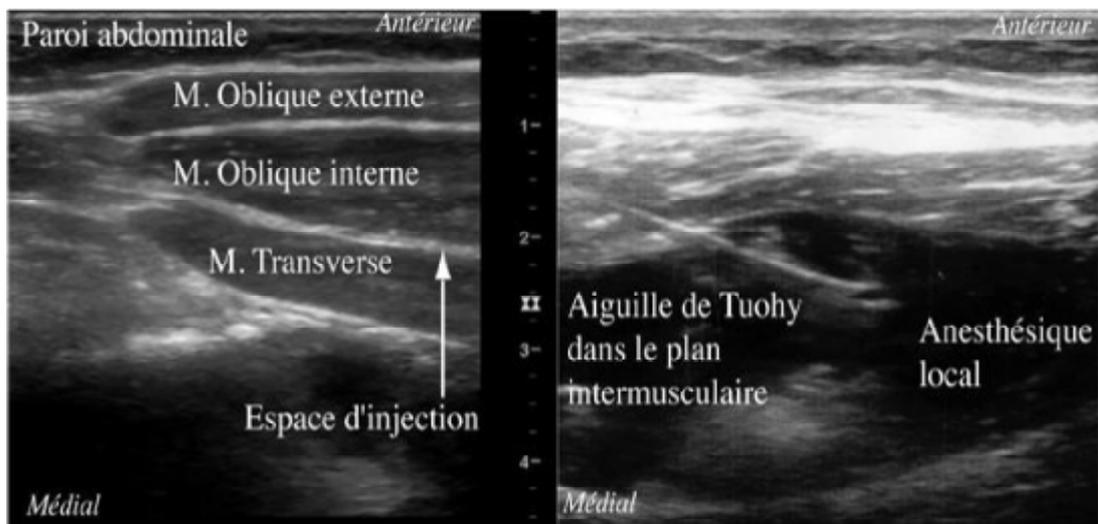


Figure 26 : le Transverse Abdominal Plane Block, consiste en l'injection de l'AL dans l'espace virtuel clivable entre les muscles oblique interne et transverse de l'abdomen.

2. Bloc ilio-inguinal et iliohypogastrique :

Le bloc ilio-inguinal et iliohypogastrique consiste à injecter un anesthésique local directement au contact de ces deux nerfs, au niveau des muscles de la paroi abdominale.

La technique de référence utilise des repères cutanés et le bon positionnement de l'aiguille nécessite la sensation du franchissement de deux fascias.

L'avantage analgésique de ce bloc a été démontré, notamment dans le cadre de la cure de hernie inguinale. Une étude prospective comparant injection à l'aveugle ou sous échographie a confirmé que l'anesthésique local était mis autour du nerf dans 100 % des cas avec l'échographie contre 50 % lors d'injection à l'aveugle, tout en diminuant de 33 % le volume nécessaire d'anesthésique local, avec pour conséquences une diminution de la consommation de fentanyl et du recours à l'acétaminophène en postopératoire [149].

VIII. Blocs du plexus cervical :

Le bloc du plexus cervical permet d'opérer sous anesthésie locorégionale des patients devant bénéficier d'une chirurgie de la région du cou, notamment la chirurgie carotidienne. L'échographie permet de délimiter les espaces anatomiques du cou et d'élaborer une technique de bloc cervical intermédiaire échoguidé sûre et facile à effectuer. La raison de cet abord est d'injecter l'anesthésique local dans l'espace cervical postérieur situé entre le fascia superficiel et le fascia prévertébral [150].

1. Technique :

Selon les équipes, on peut réaliser un bloc du plexus cervical superficiel ou profond, l'association de ces derniers en un seul bloc semble avoir un effet bénéfique sur la qualité de l'anesthésie.

Bloc cervical superficiel : Les quatre branches du plexus cervical superficiel peuvent être bloquées par une seule ponction dont le point est situé au milieu au bord postérieur du muscle SCM en regard de C₃-C₄ au niveau d'une ligne horizontale passant par le bord supérieur du cartilage thyroïde. A partir de ce point, l'anesthésie est réalisée à l'aide d'une vingtaine de millimètres de la solution anesthésique, par une infiltration en étoile de la région sous cutané [151].

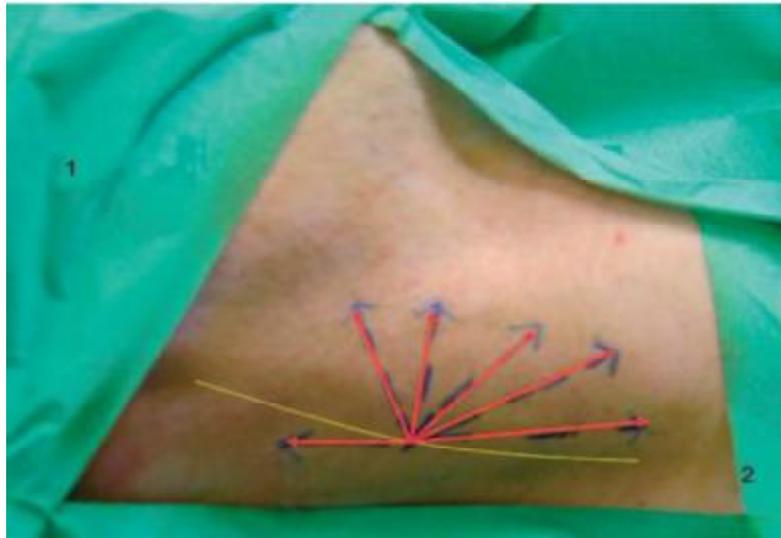


Figure 27 : Bloc cervical superficiel (1) extrémité céphalique (2) bord postérieur du muscle SCM.

Bloc cervical profond : peut être abordé par une technique en 3 injections ou en une seule injection.

Technique en trois injections : le principal repère de cette technique est la ligne joignant l'apophyse mastoïde à l'apophyse transverse de C₆ qui se situe à la hauteur du cartilage cricoïde. Une aiguille de 22G est introduite aux 3 niveaux (C₂, C₃, C₄) perpendiculairement à la peau, dans une direction légèrement caudale jusqu'au contact osseux avec l'apophyse transverse. Une injection de 4 à 7 ml de la solution anesthésique est effectuée à chaque niveau après test d'aspiration. L'issue de la solution d'anesthésique local par l'aiguille adjacente certifie la bonne mise en place des aiguilles dans l'espace paravertébral ^[151].



Figure 28 : Réalisation du bloc cervical profond par la technique des trois ponctions.

Technique en une seule injection : la ponction se fait en regard de C₄. L'aiguille est introduite perpendiculairement à la peau avec une légère orientation caudale jusqu'à l'obtention d'un contact osseux ou de paresthésies.

2. Bloc cervical intermédiaire échoguidé : [150]

Une sonde linéaire à haute fréquence (> 10 MHz) est utilisée pour cet abord peu profond. Le patient est installé en décubitus dorsal, la tête est tournée du côté opposé au bloc pour dégager la région latérale du cou. La sonde est positionnée transversalement à la face latérale du cou au niveau ou au-dessus de la bifurcation carotidienne. La cible est représentée par le plexus cervical superficiel. L'objectif est de combler l'espace cervical postérieur qui est traversé par les rameaux superficiels du plexus. Le point de ponction se situe à la face latérale du cou, en regard de C₃-C₄ et des muscles élévateur de la scapula et trapèze au bord postérieur du SCM. Dans cette voie d'abord postérieure, l'aiguille progresse dans le plan de la sonde dans le tissu conjonctif de l'espace cervical postérieur entre les lames prévertébrales et superficielles du fascia cervical profond.

L'aiguille progresse dans le tissu conjonctif entre les structures nerveuses ou au contact d'une des lames du fascia cervical. L'injection est réalisée sous le SCM près de son bord postérieur pour l'anesthésie des rameaux cutanés du plexus

cervical. Pour la chirurgie de la carotide, l'aiguille est avancée en hydro-dissection jusqu'à atteindre le bord latéral de l'artère. Une injection sous-cutanée complémentaire paraît souhaitable dans la chirurgie de la carotide ; cette injection pourrait améliorer le confort du patient lors de traction sur les écarteurs. Les premiers signes d'installation de l'anesthésie apparaissent en quelques minutes.

3. Intérêt du bloc cervical intermédiaire :

Sans l'échographie, l'abord plexique cervical superficiel consiste à réaliser soit une infiltration sous-cutanée d'AL le long du bord postérieur du muscle SCM, soit un bloc profond paravertébral cervical. L'injection échoguidée sous la lame prévertébrale donne un bloc plexique cervical profond ^[152]. L'association d'un bloc superficiel et d'un bloc profond est proposée pour améliorer la qualité de l'anesthésie ^[153].

Le bloc cervical profond est plus difficile et présente un risque supplémentaire (effraction vasculaire ou sous-arachnoïdienne) lié à la proximité du canal rachidien et de l'artère vertébrale. Dans la littérature médicale, comparativement au bloc profond, le taux de complications graves d'un abord superficiel ou intermédiaire est deux fois moins importantes ^[154].

L'utilisation de l'échographie permet d'injecter l'anesthésique local dans l'espace cervical postérieur qui est une zone cellulo-graisseuse intermédiaire entre l'espace profond prévertébral et l'espace superficiel sous-cutané où émergent les branches du plexus cervical superficiel. L'espace cervical postérieur communique avec l'espace prévertébral ^[155], ce qui peut optimiser l'efficacité d'une injection anesthésique au niveau intermédiaire. Le bloc échoguidé est aussi efficace que la technique superficielle classique en éventail ^[156]. L'échoguidage peut aussi être utilisé pour réaliser un bloc du plexus cervical superficiel en injectant l'anesthésique local en sous-cutané au bord latéral du SCM.



Figure 29 : patient candidat d'une endartériectomie sous bloc du plexus intermédiaire.

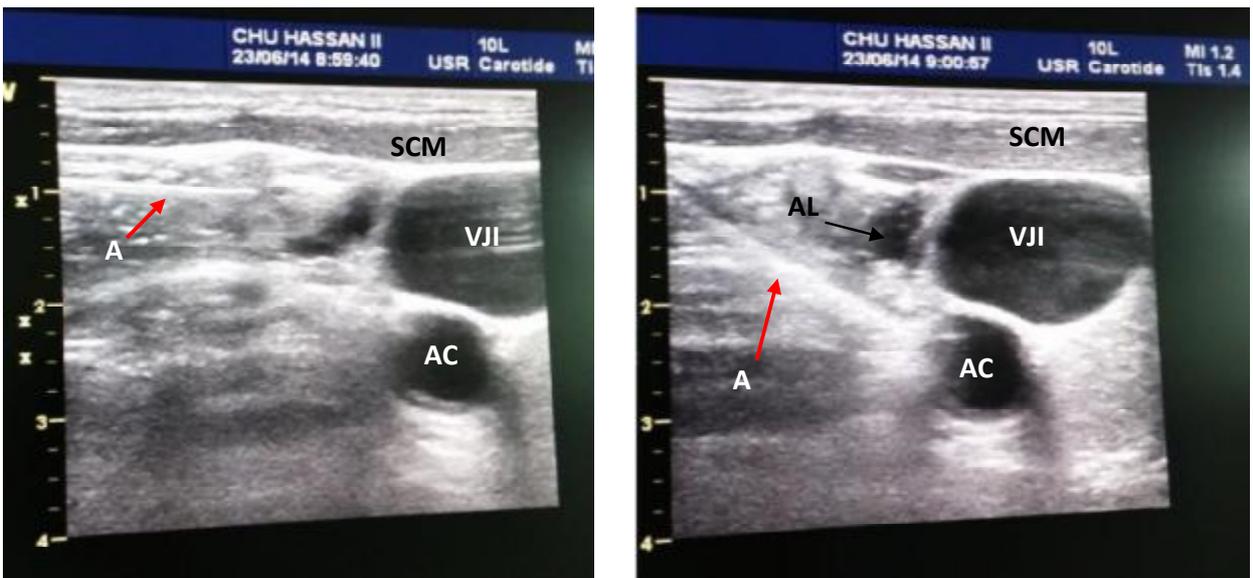


Figure 30 : bloc cervical intermédiaire échoguidé. Artère carotide primitive (AC), veine jugulaire interne (VJI), aiguille (A), anesthésique local (AL), muscle sternocléidomastoïdien (SCM).

B. Autres applications de l'échographie en anesthésie :

L'utilisation de l'ETO est recommandée dans toutes les chirurgies à cœur ouvert, les chirurgies de l'aorte thoracique ainsi que les chirurgies de pontage coronarien [157]. L'ETO permet de confirmer et explorer des anomalies cardiaques préopératoires, l'adaptation peropératoire de la technique anesthésique et chirurgicale et l'évaluation postopératoire du résultat chirurgical [158].

L'évaluation hémodynamique est une indication essentielle. Elle peut être ponctuelle en présence d'un événement hémodynamique dont le mécanisme n'est pas clair ou systématique (monitorage). Elle est particulièrement utile en cas de sevrage difficile de circulation extracorporelle.

L'ETO permet de s'assurer de la qualité d'un geste chirurgical conservateur sur une valve cardiaque ou du bon fonctionnement d'une prothèse valvulaire. Elle est utile pour détecter la présence d'air dans les cavités cardiaques et guider la purge.

Elle est également recommandée en chirurgie non cardiaque [159], dans le cadre de chirurgie à risque d'instabilité hémodynamique ou de chirurgie effectuée chez un patient atteint d'une pathologie cardiovasculaire instable, ainsi que dans le cadre d'une insuffisance circulatoire prolongée inexplicée peropératoire [160].

La neurochirurgie en position assise expose au risque d'embolie gazeuse et devrait être proscrite en présence d'un foramen ovale perméable détecté par l'ETO préopératoire.

Au cours d'une chirurgie orthopédique, l'ETO permet d'identifier le passage d'embols dans les cavités cardiaques. Elle permet aussi d'évaluer le retentissement hémodynamique de la chirurgie sous endoscopie et de chirurgie hépatique. Enfin l'ETO est proposé au cours de la transplantation pulmonaire pour vérifier la qualité des anastomoses vasculaires.

C. Hygiène en échographie :

Il existe des recommandations spécifiques concernant l'échographie et l'ALR qui permettent de définir une procédure de nettoyage [161-163].

Les dispositifs non critiques ne sont pas en contact direct avec le patient ou sont en contact avec une peau saine faisant appel à du matériel désinfecté de façon ordinaire. C'est le cas des sondes d'échographie transcutanée utilisées en ALR. La désinfection de la sonde entre chaque patient doit être au minimum celle correspondant classiquement à ces dispositifs non critiques. Les sondes transcutanées et les câbles doivent être essuyés et nettoyés avec le produit recommandé par le constructeur entre chaque patient, par exemple, avec un support non tissé imprégné d'un détergent-désinfectant. Toutes traces sur le clavier et les porte-sondes doivent être nettoyées régulièrement. Cependant pour le clavier, il est préconisé d'utiliser une housse de protection.

Seules les gaines de protection sont recommandées. La taille de la gaine peut être adaptée au type de bloc. Pour la mise en place d'un cathéter, il est préférable d'utiliser une gaine plus longue et bien sûr de réaliser une installation chirurgicale. Il est largement préférable d'utiliser du matériel dédié qui est maintenant disponible sur le marché. Il est également recommandé d'utiliser du gel stérile en unidose et plus du tout celui en flacon.

Après le geste, en l'absence de perforation de la gaine, la désinfection se fait par essuyage simple de la sonde associé ensuite à un nettoyage avec un produit détergent-désinfectant. Si la gaine est perforée et/ou si la sonde est souillée, il est recommandé d'utiliser une désinfection de niveau plus élevé. Il faut voir avec les constructeurs quels produits sont utilisables sur leurs sondes. En fin de programme opératoire, il est recommandé de nettoyer la sonde avec un détergent, de la rincer, de la sécher et de la ranger dans un endroit propre.

FORMATION

EN ECHOGRAPHIE

A. Introduction :

La pratique de l'échographie est conçue comme « un prolongement du stéthoscope » par certaines spécialités cliniques. Or, cet usage de l'échographie qui correspond à l'« échoscopie » ne doit pas être confondu avec l'examen échographique proprement-dit, réalisé classiquement par les radiologues, dont elle ne remplace aucunement l'exhaustivité ^[164]. Cette affirmation ne constitue pas néanmoins un argument pour réserver la pratique de l'échographie à une seule spécialité médicale, ni pour se contenter d'une exploration partielle infondée de la part des autres.

Toute une série d'études ont déjà prouvé la faisabilité pédagogique du déploiement de la technique échographique dans différentes spécialités médico-chirurgicales (Mandavia D. P. et al., 2000 ^[165] ; Suramo I. et al., 2002 ^[166] ; Lapostolle F. et al., 2006 ^[167] ; Hsu J. M. et al., 2007 ^[168] ; Vignon P. et al., 2007 ^[169] ; Salomon L. J. et al., 2009 ^[170] ; Torres-Macho J. et al., 2012 ^[171]). L'EFSUMB (European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology) a proposé en 2003 un guide des 3 niveaux de compétence à atteindre dans la pratique de l'échographie ^[172]. Elaboré comme un modèle interdisciplinaire, sa trame a été adaptée par plusieurs sociétés d'ultrasons européennes pour la définition des objectifs pédagogiques croissants des cursus spécialisés ^[173].

B. Organisation de l'enseignement et de l'accréditation en échographie dans les pays développés :

1. France :

Le DIUE recouvre l'enseignement de tous les domaines de l'échographie, sauf l'échocardiographie (la 1^{ère} année de formation étant gérée par le DES de Cardiologie ^[174]) et les techniques ultra-soniques pratiquées en milieu d'anesthésie et réanimation (la formation étant administrée par le DIU des TUSAR ^[172]).

L'enseignement du DIUE est organisé par modules, dont un commun et les autres de spécialité. Pour les médecins, le DIUE est décliné en 2 mentions : « Echographie de spécialité » et « Echographie générale ». La première requiert la validation du Tronc Commun et d'au moins 1 module dont celui de la spécialité (durée maximale : 2 ans). La deuxième requiert la validation du Tronc Commun et d'au moins 4 modules (durée maximale : 3 ans). Les stages pratiques sont organisés en vacations d'environ 4 heures, un nombre de 30 vacations devant être réalisé pour chaque module ^[175].

2. Les Etats-Unis :

Aux Etats-Unis l'apprentissage de l'échographie fait partie du programme des résidanats de radiologie et de la médecine d'urgence ^[176]. En dehors de ces cursus, 2 dispositifs complémentaires coexistent :

Une procédure d'accréditation des pratiques est régie par l'AIUM (American Institute of Ultrasound in Medicine). Pour être accrédité par l'AIUM le médecin doit fournir des preuves de qualification dans la pratique échographique de sa spécialité:

- un programme de résidanat comprenant la pratique exclusive de l'échographie pendant minimum 3 mois ;

- un certificat de compétence en échographie d'un collège / une société de spécialité agréé(e) ;
- à défaut, la présentation d'une documentation iconographique comprenant 300 à 500 clichés échographiques des cas cliniques personnellement investigués [177].

Une autre procédure de certification des standards professionnels est régie par l'ARDMS (American Registry for Diagnostic Medical Sonography) [178] ; société indépendante, à but non lucratif qui a pour mission la formation continue en échographie.

3. Royaume unis :

Les enseignements proposés par les différentes facultés sont tous offerts à un niveau postuniversitaire, les conditions d'entrée comprenant habituellement un diplôme d'études spécialisées. Il y a différents types de formats des cours, la plupart étant des cours à temps partiel. En fonction de la durée de la formation, le diplôme final est un Postgraduate Certificate (PG Cert, 12 mois), un Postgraduate Diploma (PG Diploma, 18 mois) ou un Master of Science in Medical Ultrasound (MSc, 2½ ans) [179].

L'accréditation de l'ensemble des cours est administrée par le CASE (Consortium for the Accreditation of Sonographic Education), un organisme indépendant réunissant 5 sociétés nationales influentes dans le domaine des ultrasons : BMUS), CoR, BSE, IPEM et SVT [180].

C. La formation en échographie au Maroc :

Au Maroc, la formation en échographie fait partie du programme de résidanat de radiologie. Pour les autres spécialités, des formations et des diplômes universitaires en techniques ultrasoniques sont proposés, qui permettent aux intéressés d'acquérir des compétences en échographie. C'est le cas des formations proposées pour les médecins généralistes, gynécologues obstétriciens.

Malheureusement, les techniques ultrasoniques pratiquées en milieu d'anesthésie et réanimation ne sont pas incluses dans le programme de ces enseignements. De ce besoin, né l'obligation de mettre en place des structures d'enseignement rationnelles.

D. Formation des anesthésistes-réanimateurs en échographie

1. Formation en échocardiographie :

La formation en échocardiographie comporte deux aspects complémentaires, théorique et pratique. Faisant suite aux Sociétés nord-américaines ^[181], la société française de cardiologie a publié des recommandations concernant la formation et la réalisation des échocardiogrammes ^[182].

La formation théorique tout d'abord doit être assurée dans le cadre d'un enseignement officiel et approprié délivré par les facultés de médecine auprès des futurs médecins spécialistes devant être amenés à pratiquer l'échocardiographie.

La formation pratique est plus difficile, exigeante, contraignante mais tout aussi indispensable. Elle sera réalisée au mieux dans le cadre d'un réel compagnonnage au quotidien car dans ce domaine l'auto-apprentissage est trompeur et dangereux. Un examinateur encore peu expérimenté pourra certes rencontrer des difficultés de l'interprétation d'une image ou d'une séquence qui ne lui sont pas familière. Plus de 250 études ^[183] montrent la faisabilité et l'intérêt que

l'échocardiographie en réanimation, technique considérée comme une véritable « révolution » en hémodynamique. Malgré l'absence de preuve de l'impact sur la mortalité, il semble que l'analyse hémodynamique par échocardiographie devienne incontournable pour les réanimateurs [184].

En France, le niveau de compétence le plus complet en échocardiographie passe par l'obtention du diplôme interuniversitaire (DIU) d'échocardiographie, dont l'orientation générale, historiquement cardiologique, s'est largement étendue ces dernières années vers la réanimation. Ce DIU, d'une durée de deux ans, comporte un enseignement théorique et pratique correspondant à la réalisation de 240 ETT et 50 ETO.

En 2004, les réflexions d'un groupe d'experts de la Société française de cardiologie (SFC), de la Société de réanimation de langue française (SRLF) et de la Société française d'anesthésie et de réanimation (Sfar) ont montré la nécessité d'un enseignement spécifique à l'anesthésie et à la réanimation. Ceci a motivé des modifications spécifiques du programme de seconde année avec instauration de 4 heures de cours sur l'échocardiographie en anesthésie réanimation communes aux cardiologues et aux non cardiologues. Au cours de cette seconde année, il existe un module d'enseignement de 2 jours, spécifique aux anesthésistes et réanimateurs [185].

Des travaux cliniques montrent qu'il est possible de former des réanimateurs non cardiologues aux bases de l'ETT [186-187] et l'ETO [188] sur des périodes de l'ordre d'un an, en se fixant des objectifs diagnostiques simples et standardisés [189]. Deux autres travaux ont démontré la possibilité de former en quatre semaines des internes en réanimation au diagnostic de dysfonction ventriculaire gauche systolique, de cardiomyopathie hypertrophique et de dysfonction valvulaire majeure avec 93 % de diagnostics corrects [191-192]. L'échographie réalisée au lit du malade par des médecins non spécialistes s'inscrit donc parfaitement dans le sens de l'évolution naturelle des pratiques médicales.

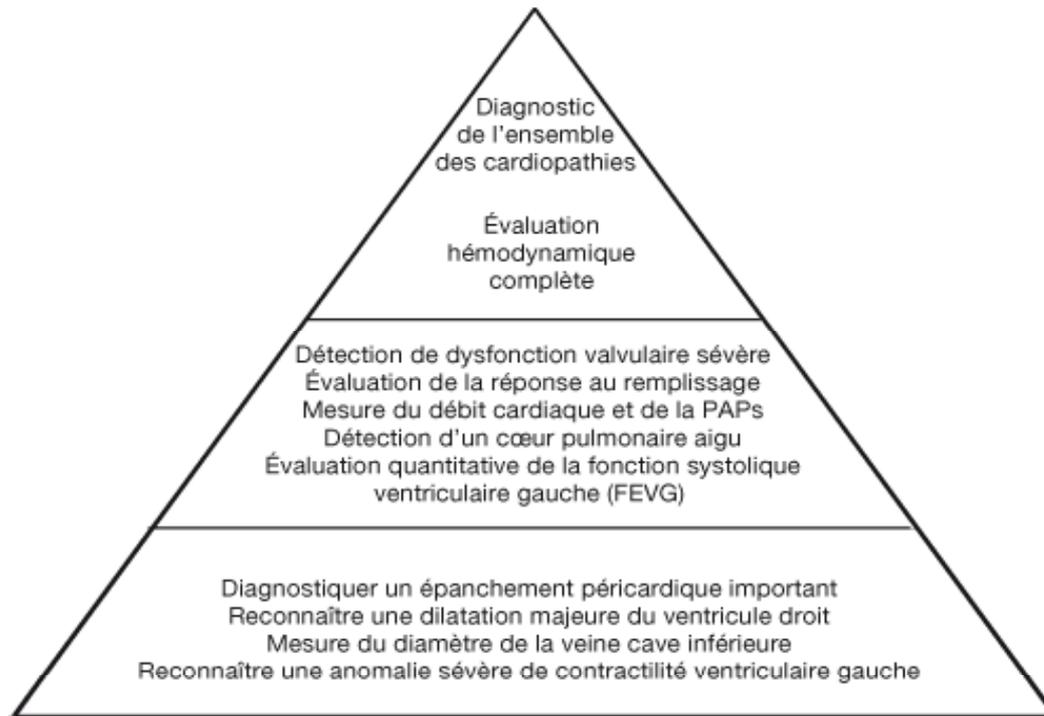


Figure 31 : Pyramides des compétences d'échocardiographie en réanimation.
Au sommet : opérateur qualifié (diplôme interuniversitaire = DIU), capable de réaliser un examen échocardiographique complet. Cet opérateur est en charge de la formation des praticiens non formés de l'unité, en veillant notamment à ce que soient acquis les items cités à la base de la pyramide. Le niveau intermédiaire représente des praticiens en cours de formation, ayant intégré la base de la pyramide et capables d'une analyse plus fine. D'après Cholley et al. [190].

2. l'apprentissage de l'ALR échoguidée :

La phase d'apprentissage est importante à considérer [193]. En pratique, il est extrêmement simple au début de poser une sonde sur soi, un collègue ou même un patient (avec son accord !) pour apprendre à se repérer. Il existe deux modèles publiés pour s'entraîner :

Le premier utilise un fantôme parallélépipédique de gélatine traversé par un tuyau. C'est un moyen simple, peu onéreux pour apprendre à visualiser l'aiguille et la suivre dans sa progression [194] ;

Le deuxième modèle utilise un morceau de blanc de dinde dans lequel est placée une olive. Ce modèle a été développé par les radiologues et a été récemment adapté pour la formation des internes à l'anesthésie locorégionale échoguidée [195]. Il nécessite une organisation et présente plus de contraintes que le précédent, mais est bien sûr beaucoup plus proche de la réalité pour un coût qui reste modéré. L'erreur la plus fréquente était la non-reconnaissance du contact de l'aiguille avec l'olive par l'absence de visualisation de l'extrémité de l'aiguille occasionnant un passage au travers de l'olive. Cependant les erreurs diminuaient rapidement entre le premier et le sixième essai. Le temps de réalisation diminuait de moitié dès le troisième essai et la précision augmentait de plus de 50 %. L'apprentissage dans cette procédure simulée était considéré comme rapide.

Une équipe a étudié l'apprentissage de l'anesthésie locorégionale échoguidée chez 6 internes évalués sur une période d'un mois [196]. Après une formation théorique initiale, 520 blocs pratiqués par les internes étaient enregistrés et revus. La durée de réalisation et la précision étaient améliorées au cours de la période d'étude. L'intérêt de cette étude était de lister les faux pas possibles afin d'établir des règles d'apprentissage de l'échoguidage. Les deux erreurs les plus fréquentes étaient l'absence de visualisation de l'aiguille lors de la progression et les mouvements non contrôlés de la sonde. Les comportements pouvant compromettre

la qualité du résultat étaient l'absence de reconnaissance d'une localisation intraneurale de l'aiguille avant l'injection ou une mauvaise distribution de l'anesthésique local. La possibilité d'obtenir une image inversée à l'écran par un mauvais positionnement de sonde pouvait entraîner une confusion ou une erreur d'orientation. Un mauvais choix de point de ponction et d'angulation de l'aiguille pouvait compromettre la bonne visibilité de l'aiguille.

Si la phase d'apprentissage suivait une progression plutôt rapide, une autre étude mettait en évidence une grande variabilité interindividuelle lors de deux expériences sur un modèle de viande de bœuf où se trouvait un tendon. La première recherchait la visualisation complète de l'aiguille lors de son alignement avec la sonde, la deuxième étudiait le contact de l'aiguille avec le tendon. Au final, un nombre important de tentatives était nécessaire. Suivant un modèle mathématique, le nombre moyen prévisible pour atteindre 95 % de succès lors de ces deux expérimentations était respectivement de 37 et 109 essais [197].

Lorsqu'on débute, le choix des blocs à réaliser sous échographie est important. Il paraît évident qu'il est souhaitable de débiter par les blocs les plus superficiels car les sondes hautes fréquences (>10 MHz) permettent d'obtenir des images quasi anatomiques et leur apprentissage est rapide. Ils permettent de se familiariser assez rapidement avec la visualisation de l'aiguille, du nerf et la diffusion de l'anesthésique local. Les blocs tronculaires au coude ou à l'avant-bras, le bloc fémoral ou même poplité sont des techniques assez aisément accessibles. L'évaluation des pratiques est indispensable, elle devrait reposer sur la façon d'obtenir la meilleure image, sur un apprentissage rigoureux du guidage de l'aiguille et sur l'analyse de la diffusion optimale de l'anesthésique local.

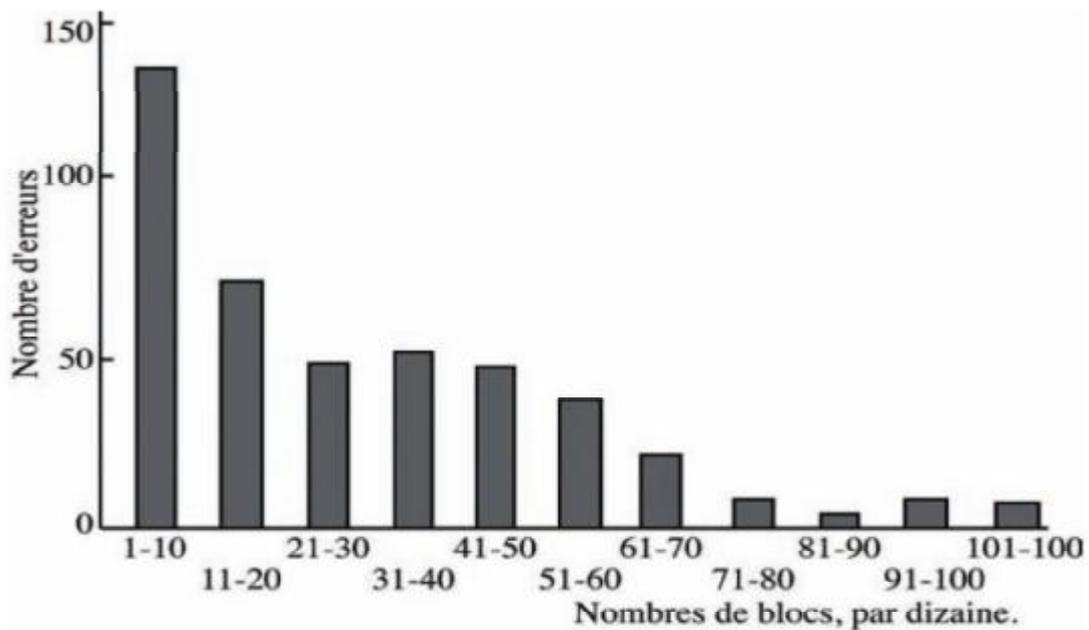


Figure 32 : Diminution du nombre total d'erreurs réalisées au cours d'un bloc échoguidé, par des internes en formation en fonction du nombre de blocs réalisés.

3. Formation en échoguidage pour la pose des cathéters en réanimation :

On peut penser que la courbe d'apprentissage pour un débutant nécessite la réalisation de 5 repérages échographiques et ponctions veineuses échoguidées par voie d'abord, soit 20–25 au total [198]. Bien sûr l'apprentissage est beaucoup plus rapide pour un opérateur déjà expérimenté dans la pose de cathéters veineux centraux. Il faut certainement commencer par les abords les plus faciles, à savoir la veine jugulaire interne « dans le plan » et « hors plan », et ne se lancer dans les abords des veines axillaire/sous-clavière qu'après avoir acquis suffisamment de dextérité.

Dans une étude publiée en 2011 [199], Les opérateurs n'ayant jamais utilisé la technique d'échoguidage, et recevaient une formation par un médecin référent. Les résultats sont constamment en faveur de l'utilisation de l'échographie et suggère sa

facilité d'acquisition par des opérateurs débutants. Néanmoins Cet apprentissage devrait être intégré au cursus des internes pour sécuriser d'avantage les procédures invasives en réanimation.

Une étude prospective [200], réalisée dans un contexte éducationnel et comparant deux techniques de cathétérisme de la veine sous-clavière de l'adulte, montre une diminution significative des durées de cathétérisme lorsque la ponction est assistée par échographie. Cette technique d'un maniement très simple facilite les conditions d'apprentissage du praticien non-expérimenté et lui permet d'être rapidement performant.

Dans la plupart des études, le taux de succès des juniors se situe entre 70 et 80 % avec repères anatomiques et le taux de succès au premier essai semble bien en dessous de 50 %. Le taux de succès dans un groupe inexpérimenté d'internes d'une ponction échoguidée est pratiquement équivalent à celui des médecins expérimentés.

Ainsi, l'échoguidage gomme l'inexpérience et permet une ponction sûre quelle que soit l'expérience de la personne qui ponctionne. Par conséquent, il paraît légitime de proposer initialement un apprentissage échoguidé afin d'éviter les complications liées au manque d'expérience. Un enseignement au préalable sur simulateur (mannequin permettant de réaliser à la fois l'échographie et la ponction veineuse) permet également de diminuer le taux de complications surtout chez les médecins inexpérimentés, mais ce sont des appareils très chers.

4. Formation en échographie pleuropulmonaire :

L'échographie pulmonaire, comme nous l'avons mentionné déjà à de multiples reprises, prend de plus en plus de place dans la prise en charge des patients de soins critiques. Sa disponibilité grandissante en fait un outil facile d'accès. Cependant peu d'organismes ont légiféré sur le niveau de formation nécessaire afin de devenir compétent dans son application. Bien qu'il faudra éventuellement déterminer le niveau de formation nécessaire afin d'être indépendant en terme d'utilisation de l'échographie pulmonaire, sa force diagnostique, sa rapidité d'accès et son avantage par rapport à la radiographie pulmonaire et la tomodensitométrie thoracique font en sorte que son utilisation va se répandre [124, 133, 134, 141]. Son utilisation n'est certainement pas réservée aux cliniciens d'expérience, d'où l'importance d'évaluer la capacité de gens non formés à s'en servir. Seulement 2 études ont étudié l'apprentissage et la rétention des facultés nécessaires à l'utilisation de l'échographie pulmonaire dans le diagnostic des pathologies pleurales et pulmonaires.

En 2009, le groupe de Noble et al. a publié une étude sur l'évaluation d'un module d'enseignement présenté à 27 médecins du Service d'Aide Médicale Urgente (SAMU) de Paris [201]. 25 des 27 médecins évalués ne possédaient aucune expérience en échographie pulmonaire. Dans un premier temps, 50 séquences échographiques de 5 secondes, représentant des échographies pulmonaires, étaient présentées. Les participants devaient identifier les séquences représentant un poumon normal, un œdème pulmonaire ou un pneumothorax. Suite à cette première évaluation, tous les participants assistaient à un cours d'une heure sur le diagnostic de pneumothorax à l'aide de l'échographie pulmonaire, puis à un deuxième cours d'une heure sur le diagnostic d'œdème pulmonaire à l'aide de l'échographie pulmonaire. Seule l'identification de la présence ou de l'absence de glissement pleural et de ligne B était enseignée. Suite aux deux cours théoriques, les mêmes 50

séquences vidéo étaient représentées. Pour le pré-test, la moyenne de réponses adéquates pour l'identification d'un pneumothorax était de 10,3/25 ou 41,2%. La moyenne de réponses adéquates pour l'identification d'œdème pulmonaire était de 14,1/25 ou 56,4%. En post-test, la moyenne de réponses adéquates pour l'identification d'un pneumothorax était de 20,1/25 ou 80,4% et pour l'identification d'œdème pulmonaire de 20,9/25 ou 83,6%. Les auteurs n'ont pas évalué à une date ultérieure la rétention des notions acquises.

Une formation de 25 minutes sur l'identification du glissement pleural, de même que l'utilisation du « Power Doppler » et du Mode M, a été dispensée à 8 participants dans une étude de Lyon et al.⁴⁹. Ces 8 participants évaluaient la présence ou l'absence de glissement pleural à l'échographie pulmonaire sur la partie droite du thorax d'un cadavre humain réchauffé, qui avait été intubé et ventilé manuellement. Le même cadavre a été intubé 6 fois au total, soit dans la trachée, soit dans l'œsophage, selon un ordre aléatoire généré préalablement par ordinateur. Un total de 48 évaluations eut lieu. De ces 48 évaluations, 46 furent correctes, pour une sensibilité 96,9%. Neuf mois plus tard, 7 des 8 intervenants furent évalués une seconde fois. La formation préalablement donnée ne fut pas répétée. Cette fois-ci, le cadavre humain utilisé fut intubé 8 fois, pour un total de 56 examens. La sensibilité et la spécificité à ce moment se situèrent à 100%. Cette étude est la première qui évalua la rétention des acquis dans le contexte d'une formation sur l'utilisation de l'échographie pulmonaire ^[202].

MATERIELS

ET METHODES

I. Matériels :

A. Description et lieu de l'étude :

Il s'agit d'une étude prospective descriptive et analytique menée au sein du service d'anesthésie-réanimation polyvalente A4 du Centre Hospitalier Hassan II Fès, sur une période de 2 ans allant du 01 mai 2012 au 01 mai 2014.

Le service est l'un des trois services d'anesthésie et réanimation du CHU Hassan II Fès, sa capacité litière est de 14 lits, son activité comporte 3 volets :

- activité de réanimation : le service reçoit les patients des services des urgences, de médecine (gastro-entérologie, dermatologie, médecine interne) et de chirurgie (chirurgie vasculaire, chirurgie thoracique, chirurgie viscérale, et urologie) ;
- activité d'anesthésie : l'équipe du service assure l'activité d'anesthésie dans un bloc opératoire comportant 8 salles et dans lequel est réalisée les interventions de chirurgie viscérale, urologique, vasculaire, thoracique, en plus de la transplantation rénale, et une activité hebdomadaire de pose de chambres implantables pour chimiothérapie ;
- activité du SAMU : comporte la régulation téléphonique des appels, le transport médicalisé intra et interhospitalier, et une activité de formation dans le domaine de médecine d'urgence, assurée par le centre d'enseignement des soins d'urgence (CESU).

L'équipe médicale du service comporte :

- 5 séniors : enseignants d'anesthésie et réanimation ;
- Résidents et internes qui sont en formation, dont le nombre change en fonction de leur répartition entre les 3 services d'anesthésie réanimation du CHU Hassan II.

B. Historique de la pratique de l'échographie au service de réanimation :

La pratique de l'échographie au service de réanimation A4 est récente ; elle remonte à 3 ans à partir du juin 2011. Les premiers examens étaient des échoguidages pour la pose des accès veineux centraux et des échocardiographies transthoraciques pour bilan hémodynamique chez des patients ayant une défaillance cardio-respiratoire. L'activité de pose des chambres implantables sous échographie avait débuté en octobre 2012 ; celle des cathéters de dialyse tunnésés en février 2014. Pour l'anesthésie locorégionale et selon la nature de l'activité chirurgicale drainée par le service d'anesthésie réanimation A4, 2 techniques ont été développés : le TAP bloc et le bloc du plexus cervical intermédiaire ; et ce à partir du janvier 2013.

C. Critères d'inclusion :

Ont été inclus dans cette étude tous les patients âgés de plus de 16 ans, et ayant bénéficié d'un examen échographique réalisé par l'équipe du service d'anesthésie-réanimation polyvalente A4 (Echocardiographie transthoracique, échoguidage pour la pose des cathéters veineux centraux (CVC), échographie pleuro-pulmonaire, échoguidage en anesthésie locorégionale ALR).

D. Critères d'exclusion :

Ont été exclus dans cette étude toutes les fiches ne contenant pas assez d'information pour être exploitées, ainsi que les autres types d'examens échographiques en réanimation :

- Doppler transcrânien qui fait partie de l'activité du service d'anesthésie et réanimation A1 ;

- Echographie abdominale qui est réalisée par les radiologues ;
- FAST-écho qui s'effectue aux urgences.

II. Méthodes :

A. Recueil des données :

Pour une exploitation uniforme et codifiée, nous avons établi deux fiches contenant un nombre de paramètres que nous avons jugés nécessaires pour mener à terme notre étude :

- une fiche d'exploitation, remplie par le médecin au moment de l'examen échographique. Cette fiche comporte toutes les données concernant la population étudiée, ainsi que les paramètres techniques et échographiques (annexe 4).

- un questionnaire délivré de main en main aux médecins ; séniors, résidents, et internes ; étant passé par le service de réanimation A4 (annexe 5).

B. Paramètres évalués :

1. Paramètres relatifs aux patients :

L'âge ; le sexe ; diagnostic initial ; type d'examen échographique pour chaque patient ; lieu de la réalisation de l'examen échographique ; monitoring hémodynamique des patients admis au service.

2. Matériels :

L'échographe disponible au service de réanimation A4 était du type Vivid 7 dimension® GE Healthcare. Il est équipé de trois types de sondes ; une convexe pour échographie abdominale (4L) de 5 MHz ; une sonde linéaire pour les accès veineux, l'exploration pleuropulmonaire superficielle, et l'anesthésie locorégionale (10L) de 12 MHz ; et une sonde cardiaque (M4S) de 3 MHz (Cf. annexe 6).

3. Paramètres échographiques et techniques :

Les données échographiques et techniques ont été collectées à l'aide d'une fiche d'exploitation qui comportait 4 volets ; chacun d'eux regroupe les différents paramètres étudiés pour chaque examen échographique.

a. Le volet N°1 : «échocardiographie transthoracique» :

❖ Paramètres étudiés :

L'indication de l'ETT ; nombre d'ETT par patient ; l'expérience du médecin ; délai de la première ETT par rapport à l'admission ; état respiratoire ; durée de l'examen ; qualité de l'examen (échogénicité) ; déroulement de l'examen (la facilité de l'examen échocardiographique, était jugée sur la qualité des coupes échographiques, la rapidité d'obtention des différentes mesures, et le degré de gêne de l'examen échocardiographique par la ventilation artificielle) ; résultats des examens; recours au cardiologue ; modification de la prise en charge après ETT ; évolution de l'HD après ETT ; et l'évolution globale.

Il est à signaler que le paramètre recours au cardiologue, concerne les cas ayant bénéficié d'un examen échocardiographique réalisé par les réanimateurs, qui ont demandé un avis cardiologique spécialisé.

❖ Définition des principales anomalies constatées à l'ETT :

✓ Hypovolémie :

Le diagnostic d'une hypovolémie à l'échocardiographie était retenu sur les données suivantes :

- Un patient intubé ventilé sous sédation bien adapté au respirateur ;
- La mesure de la variation respiratoire du diamètre de la veine cave inférieure >13% ;
- La mesure de la variation respiratoire de l'intégrale temps vitesse aortique (ITVao) >12%.

✓ Dysfonction systolique du VG :

Le diagnostic d'une dysfonction systolique du VG était retenu sur l'altération de la contractilité globale ou segmentaire du ventricule gauche, la baisse de la fraction d'éjection (FE) ou de la fraction de raccourcissement (FR).

✓ Dysfonction diastolique du VG :

Le diagnostic de la dysfonction diastolique était retenu sur l'augmentation des pressions de remplissage du VG.

✓ Dysfonction cardiaque droite :

Le diagnostic de la dysfonction cardiaque droite était retenu devant une hypertension artérielle pulmonaire (HTAP), dilatation des cavités droites (CD), un septum paradoxal.

✓ Recherche du foramen ovale perméable après épreuve de contraste :

La recherche du foramen ovale perméable avec épreuve de contraste se fait en injectant par un accès veineux périphérique ou central d'une solution composée de 9ml de plasmion[®], et 1ml d'air bien mélangés (en l'absence du produit de contraste spécifique à cet usage). Le test est positif s'il y a passage du produit de contraste de l'oreillette droite à l'oreillette gauche durant les 3 cycles cardiaques suivant l'injection.

b. Le volet N°2 : «échographie pleuro-pulmonaire» :

Il comprend : l'indication de l'échographie pleuropulmonaire ; l'expérience de l'opérateur ; les résultats des examens ; l'implication dans la prise en charge thérapeutique ; l'évolution ; réalisation d'autres examens radiologiques (radiographie thoracique, TDM thoracique).

c. Le volet N°3 : « échoguidage pour la pose de CVC » :

Il comprend :

- nombre total de CVC échoguidés ;
- indication de la pose du CVC échoguidé ;
- anomalies découvertes au cours de l'exploration échographique du site de ponction ;
- détermination du site et de la technique de pose : le site de pose était déterminé arbitrairement selon les modalités de choix habituelles en tenant compte de l'indication et du meilleur confort pour le patient ;
- le temps nécessaire à la pose était défini comme étant le temps entre la première ponction et la mise en place du cathéter ;
- expérience des médecins : Les accès étaient posés par des internes, des résidents ou des séniors ;
- des facteurs prédictifs d'échec ou de complication (hypovolémie, coagulopathie, difficultés anatomiques...), ont été pris en considération et recherchés chez tous les patients candidats d'une pose de CVC échoguidé.
- nombre total de ponction ;
- le nombre et nature de complications mécaniques après la pose de CVC échoguidé : ponction artérielle, pneumothorax (PNO), hématome, lésion nerveuse, embolie gazeuse, malposition, arythmie.

d. Volet N°4 : « échographie en anesthésie locorégionale »

En plus des blocs plexiques réalisés par neurostimulation seule dont le champ d'application était essentiellement la chirurgie vasculaire au niveau des membres supérieurs et inférieurs, l'activité d'anesthésie locorégionale (ALR) sous échoguidage réalisée par l'équipe d'anesthésie et réanimation A4, comporte le « transverse abdominal plane block » TAP bloc pour l'analgésie périopératoire en chirurgie abdomino-pelvienne, et le bloc du plexus cervical intermédiaire pour la chirurgie

carotidienne. La technique de réalisation de ces 2 blocs est bien détaillée dans la partie théorique (pages 86, 92).

Les paramètres étudiés étaient :

L'indication chirurgicale de l'ALR ; type d'ALR pratiquée et le côté anesthésié ; Durée de la procédure ; technique du bloc ; confort du patient et du chirurgien ; l'ajout d'anesthésique local (AL) pour complément ; incidents HD et respiratoire après le bloc ; conversion en anesthésie générale (AG) ; nombre et nature de complications post opératoires ; concernant la chirurgie carotidienne, la pose de shunt et la durée de clampage carotidien étaient des paramètres à évaluer.

e. Les mesures d'hygiène appliquées lors de l'usage de l'échographie :

CVC et ALR :

Des mesures d'asepsie sont appliquées systématiquement lors de la pose des CVC et lors de l'ALR sous échographie :

- lavage chirurgical des mains ;
- port de casaque et gants stériles ;
- préparation antiseptique en 3 temps du champ de ponction ;
- cache sonde, champs et gel d'échographie stériles.

Echocardiographie transthoracique :

- L'asepsie de la sonde d'échographie avant et à la fin de chaque examen se fait par une solution antiseptique dédiée à cet usage.

4. Paramètres relatifs aux opérateurs :

Un questionnaire a été établi, ayant comme objectif d'évaluer la pratique échographique des médecins du service de réanimation polyvalente A₄.

Le questionnaire que nous avons élaboré comportait ainsi deux parties descriptives : une rétrospective, concernant le médecin participant à l'enquête et une autre transversale, concernant son activité professionnelle en rapport avec l'échographie.

Dans la partie traitant l'identité de l'opérateur nous cherchions à relever : le sexe ; la durée de pratique de l'anesthésie-réanimation ; le statut au sein du service ;

Dans la partie concernant la pratique échographique nous cherchions à préciser : le niveau de formation en échographie ; certains paramètres pouvant contribuer à l'amélioration de l'enseignement de l'échographie ; la pratique de l'échographie : les différentes techniques adoptées pour la pose de CVC sous échographie, ainsi que les indications de l'échoguidage, le degré de confort lors de la pose de CVC échoguidée, l'apport de l'échoguidage dans la MEP de CVC de point de vue du médecin, le nombre mensuel d'échographie, l'apport de l'échographie dans la PEC des patients de réanimation (ETT et échographie pleuropulmonaire) ;

La formation en échographie pour les internes et résidents, comporte 2 volets : un théorique d'une durée moyenne de 4 à 8h, et un volet pratique au lit des patients. Cette formation est délivrée par 3 enseignants d'anesthésie-réanimation : un enseignant qui a une formation diplômante à l'usage de l'échographie en anesthésie-réanimation, et les deux autres enseignants qui ont acquis des compétences à travers la pratique régulière de l'échographie, et qui ont été formés par l'enseignant diplômé.

C. L'analyse statistique :

La collecte des données a été réalisée en utilisant le logiciel EXCEL. L'étude statistique a été faite à l'aide du logiciel SPSS.

Les résultats ont été exprimés en pourcentages pour les valeurs qualitatives, et en moyennes ou en médianes pour les valeurs quantitatives.

RESULTATS

I. Paramètres relatifs aux patients :

A. Le sexe :

Durant la période étudiée (2ans), 253 patients ont bénéficié d'un examen échographique, dont 134 patients de sexe masculin, soit 53% des cas, et 119 patients de sexe féminin, soit 47% des cas.

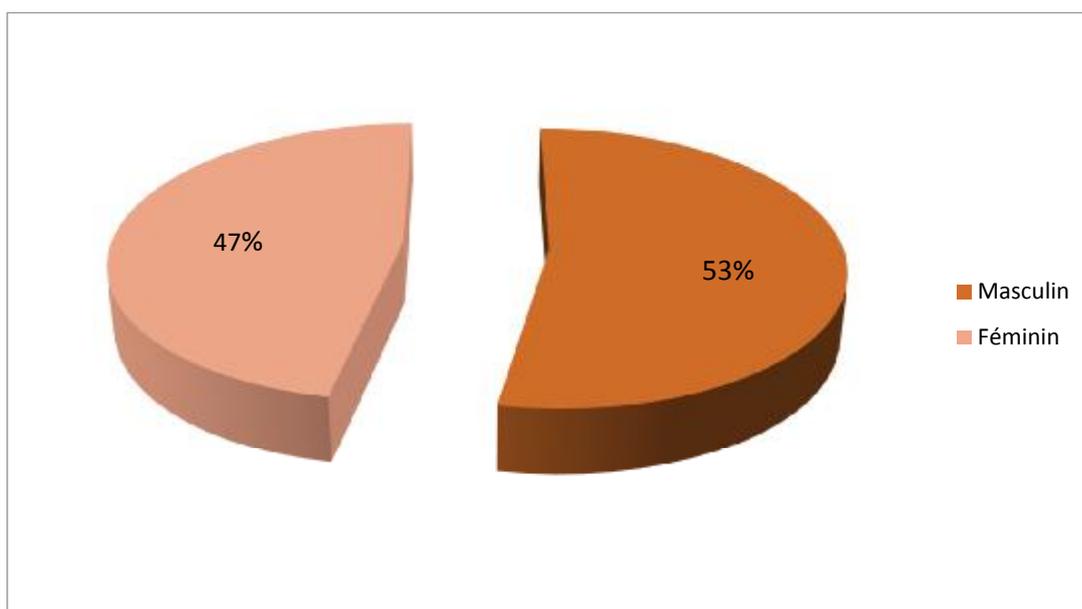


Figure 33: répartition des patients selon le sexe

B. L'âge :

L'âge moyen de nos patients était de 53 ans avec des extrêmes allant de 18 à 85 ans.

C. Le diagnostic initial:

Les principaux diagnostics des patients ayant bénéficié d'un examen échographique, sont les pathologies tumorales nécessitant la MEP des chambres implantables pour chimiothérapie, suivie de défaillance cardiocirculatoire.

Les différents diagnostics sont classés par ordre de fréquence dans le tableau ci-dessous :

Tableau 5 : différents diagnostic des patients ayant bénéficié d'un examen échographique

Diagnostic d'admission	Nombre de cas	Pourcentage
Pathologies tumorales :	142	56%
- Cancer du sein	47	
- Cancer ORL	30	
- Cancer gastrique	26	
- Cancer du colon-rectum	20	
- Autres	19	
Etats de choc :	24	9,7%
- Choc hémorragique	12	
- Choc septique	7	
- Choc cardiogénique	4	
- Choc anaphylactique	1	
Pathologies chirurgicales :	18	7%
- Péritonite par perforation d'ulcère	6	
- Péritonite post opératoire	4	
- Sténose carotidienne	5	
- Hernie ombilicale	2	
- Eventration	1	
Pathologie respiratoire :	15	6%
- traumatisme thoracique	9	
- Asthme aigu grave	3	
- Décompensation BPCO	3	
Dénutrition sévère sur :	13	5%
- MICI	8	
- Maladie cœliaque	2	
- Tm oeso-gastrique sténosante	3	
Pathologies digestives :	13	5%
- Pancréatite	9	
- Angiocholite	2	
- Pyocholécyste	2	
Insuffisance rénale terminale	7	3%
Troubles métaboliques :	5	2%
- hypokaliémie profonde	3	
- DAC + hypokaliémie	2	
Autres :	16	6,3%
- Accès périphérique impossible	5	
- Tétanos grave	3	
- Thrombopénie	2	
- PNP nosocomiale	2	
- PNO post oesophagectomie	2	
- Intoxication à la PPD	1	
- Thrombophlébite iliaque	1	
Total	253	100%

D. Type d'examen échographique :

Le nombre total des examens échographiques réalisés durant la période d'étude, était de 270 pour 253 patients. Ce nombre peut être expliqué par la répétitivité de certains examens, comme le cas pour 6 patients qui ont bénéficié de 2 ETT, ou par la réalisation de plusieurs types d'examens échographiques pour un même patient, et c'est le cas pour 10 patients.

Ce nombre est réparti comme suit :

- 212 CVC réalisés sous échographie, soit 78,5% des examens réalisés.
- 28 ETT, soit 10,5% des examens effectués.
- 11 échographies en ALR, soit 4% des examens échographiques.
- 19 échographies pleuropulmonaires, soit 7% des examens échographiques.

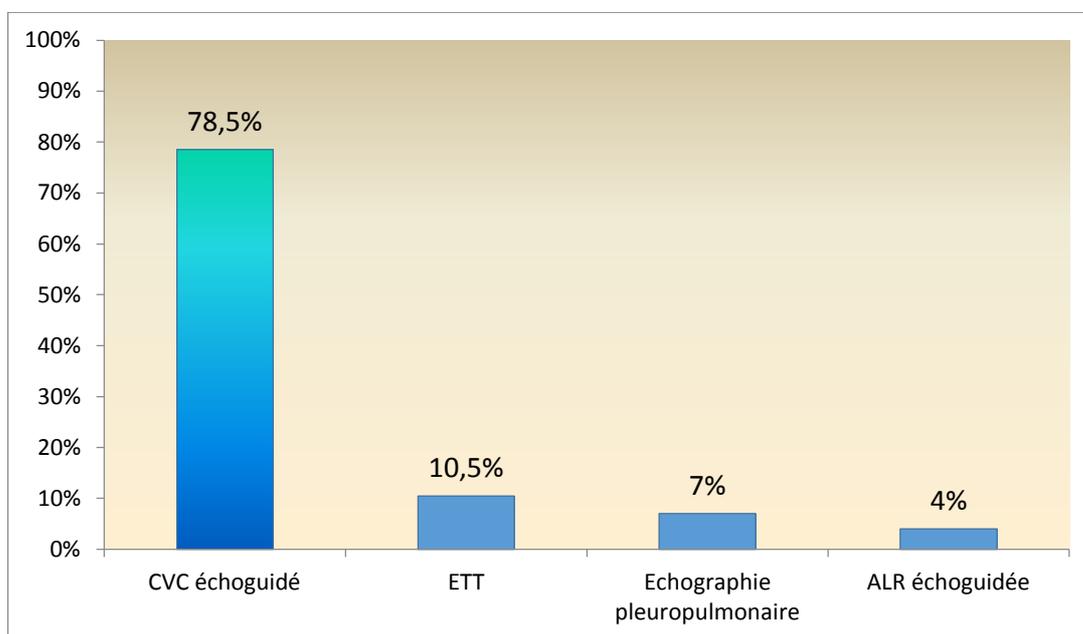


Figure 34: répartition des patients selon le type d'examen échographique

E. Lieu de la réalisation de l'échographie :

Parmi les 270 examens échographiques, 100 examens (37%) ont été réalisés au sein du service de réanimation A4, dont 53 CVC échoguidés, 28 échocardiographies transthoraciques, 19 échographies pleuropulmonaires. par contre 170 examens ont été réalisés au bloc opératoire A3, soit 63% des examens échographiques, dont 142 chambres implantables échoguidées, 11 ALR échoguidées, et 17 CVC échoguidés.

Tableau 6 : répartition des patients selon le milieu de la réalisation de l'échographie

	Nombre d'examen	Pourcentage
Service de réanimation :		
– CVC échoguidée	100	37%
– Echocardiographie	53	19,5%
– Echographie pleuro-pulmonaire	28	10,5%
	19	7%
Bloc opératoire :	170	63%
– MEP de chambre implantable échoguidée	142	52,7%
– ALR échoguidée	11	4%
– CVC échoguidé	17	6,3%

F. Monitoring hémodynamique au moment de la réalisation de l'examen échographique :

En plus des moyens standards de surveillance hémodynamique utilisés chez tous les patients de réanimation, 55 patients ont bénéficié d'autres moyens de monitoring hémodynamique, dont 5 patients (5%) ayant bénéficié d'une mesure de la pression invasive à travers une ligne artérielle et la mesure de la pression veineuse centrale (PVC), contre 50 patients (51,7%) qui avaient comme moyen de monitoring HD la PVC.

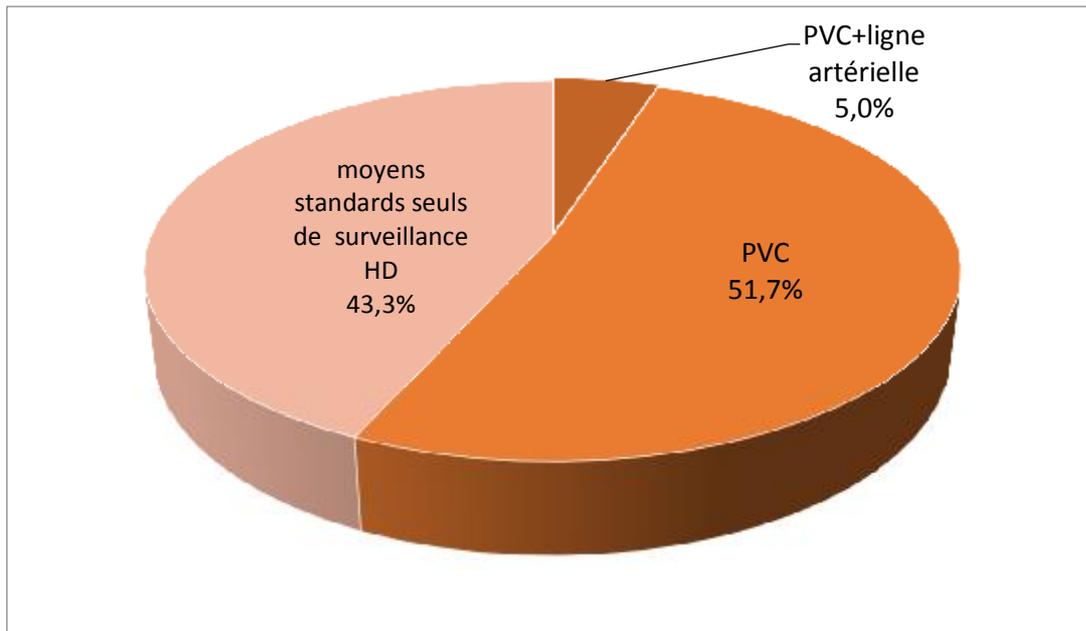


Figure 15: moyens de monitoring des patients admis au service d'anesthésie-réanimation A4

II. Les paramètres échographiques et techniques :

A. Echocardiographie transthoracique :

1. Nombre d'échocardiographie par patient :

22 patients ont bénéficié d'une échocardiographie transthoracique (soit 8,7% du total des patients), dont 6 ont eu deux examens échocardiographiques en se basant sur l'indication initiale, et les résultats du premier examen.

Au total 28 examens échocardiographiques ont été effectués (10,5% des examens échographiques).

2. Indication de l'ETT :

Les indications des 28 examens échocardiographiques effectués chez 22 patients étaient : 7 instabilités hémodynamiques ; 4 décompensations de cardiopathie ; 5 détresses respiratoires ; 2 cas de suspicion de foramen ovale perméable ; 2 cas de suspicion d'Embolie pulmonaire (EP) ; et 2 cas de tachyACFA.

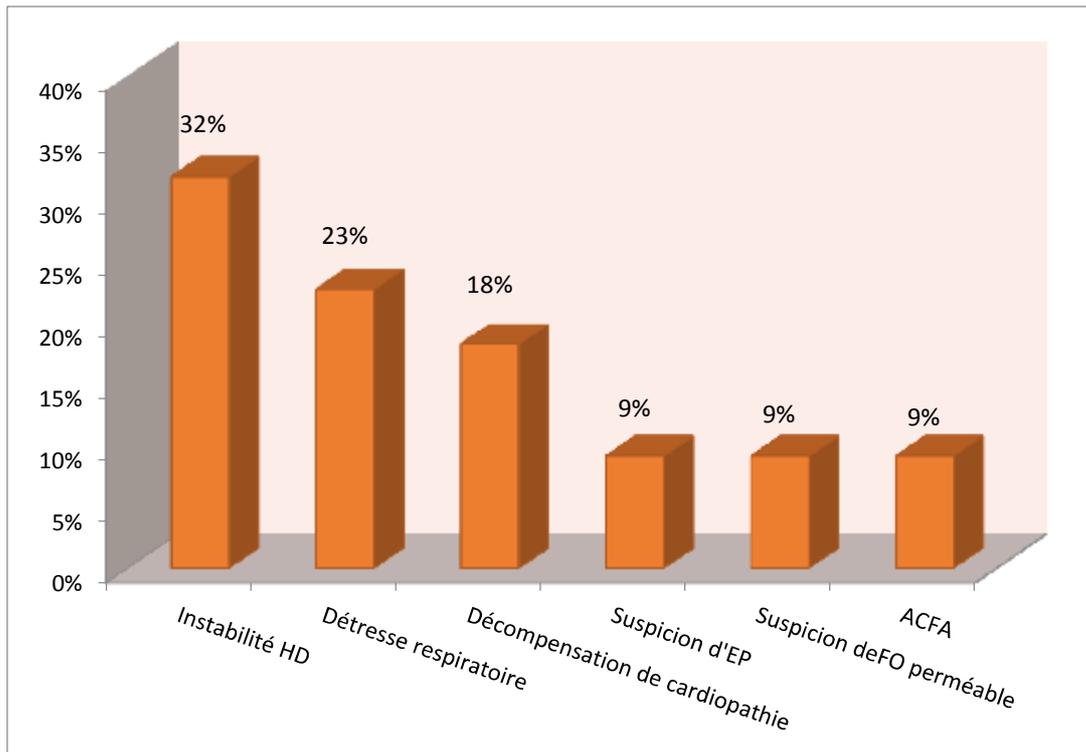


Figure 36: répartition des patients selon les indications des ETT

3. Les opérateurs :

Cinq opérateurs ont participé à la réalisation des 28 ETT ; 21 examens ont été effectués par deux séniors, et 7 ETT par trois résidents (dont 2 étaient en fin de leur spécialité, et 1 résident en troisième année).

4. Délai de la première ETT par rapport à l'admission :

20 ETT ont été effectués à moins de 12 heures de l'admission des patients, 5 examens entre 12 et 24 heures, et 3 après 24 heures de l'admission avec des extrêmes allant de 3 heures à 72 heures.

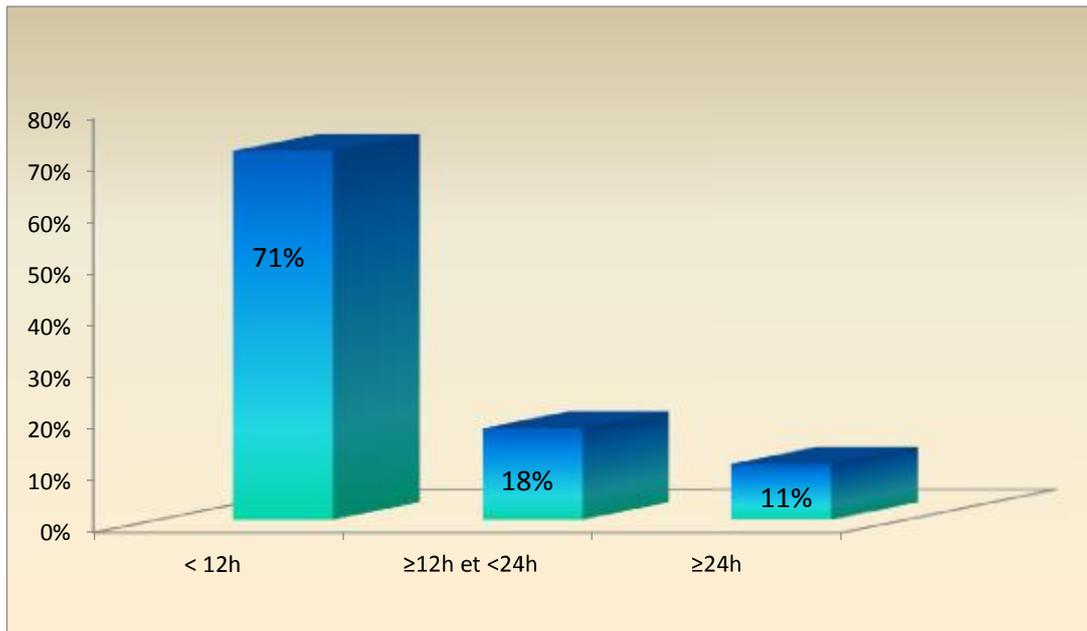


Figure 37: répartition des examens selon le délai de réalisation de l'ETT par rapport à l'admission du patient

5. L'état respiratoire :

Parmi les 22 patients qui ont bénéficié d'une échocardiographie, 18 étaient sous ventilation artificielle (soit 82%), dont 12 sous ventilation assistée contrôlée, et 6 sous ventilation spontanée.

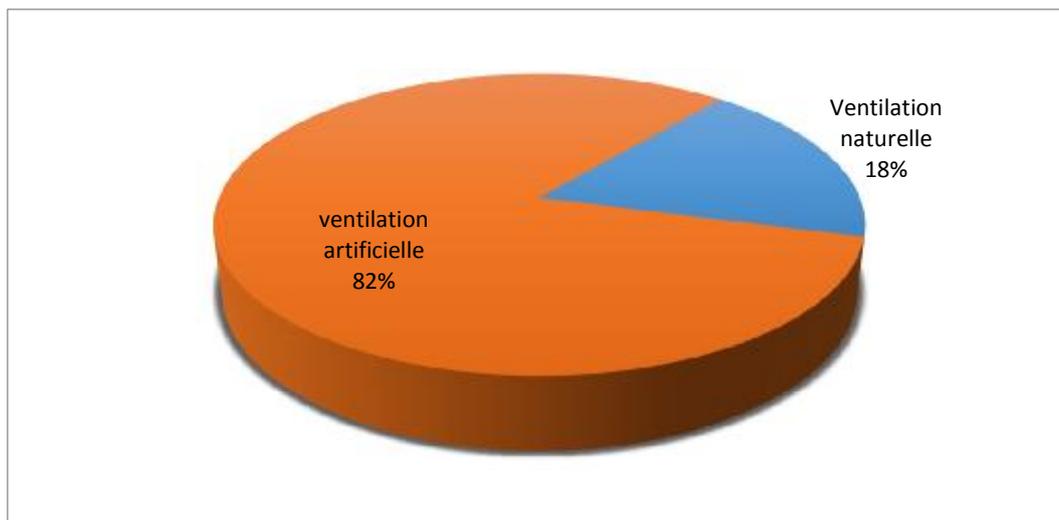


Figure 38: répartition des patients selon le mode de ventilation

6. La durée :

La durée moyenne de l'examen échocardiographique était de 15 (± 5).

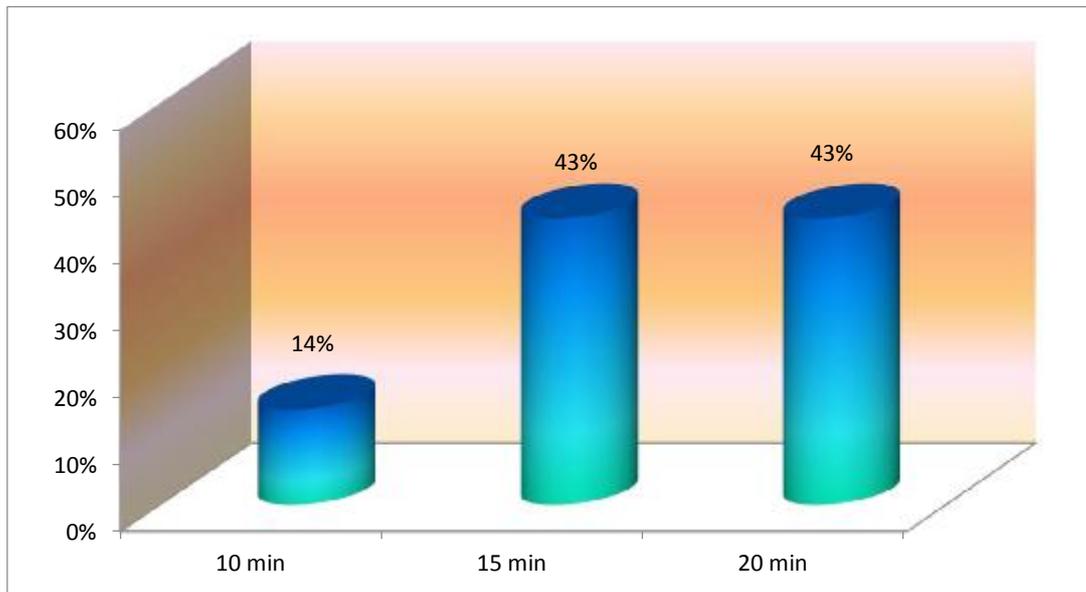


Figure 39: répartition des patients selon la durée de l'examen échocardiographique

7. Qualité et déroulement de l'examen :

21 examens échocardiographiques étaient de bonne échogénicité. Tandis que, 3 étaient de mauvaise qualité.

Par ailleurs 78% des examens étaient facile à réaliser.

Tableau 7 : répartition des examens échocardiographiques selon l'échogénicité

Echogénicité	Nombre d'ETT	Pourcentage
Bonne	21	75%
Moyenne	4	14%
Mauvaise	3	11%

Tableau 8 : répartition des ETT selon la facilité de l'examen

Déroulement de l'examen	Nombre d'ETT	Pourcentage
Facile	22	78%
Difficile	6	22%

8. Résultat des examens échocardiographiques :

Sur les 22 patients ayant bénéficié d'une ETT, 20 patients avaient un résultat anormal. Au total, 26 examens (93% des ETT) ont été réalisés chez ces patients:

- 10 hypovolémies (36%) : 5 chocs septiques sur (PPU, angiocholite grave, pancréatite grave, KHF surinfecté, PNP nosocomiale), 2 chocs hémorragiques post traumatiques ;
- 6 dysfonctions cardiaques droites (21,4%) : 3 cœurs pulmonaires aigus dont 2 sur décompensation de BPCO et 1 cas d'AAG ; 3 HTAP avec dilatation des cavités droites, dont 2 cas sur AAG et un 1 de décompensation de BPCO ;
- 2 dysfonctions systoliques du VG (7%) : 1 cas de cardiopathie ischémique et 1 cas de choc septique suite à une péritonite par perforation d'ulcère (PPU)
- 2 dysfonctions diastoliques du VG (7%) : cardiomyopathie septique, et cardiopathie ischémique ;
- 3 épanchements péricardiques (11%), dont 2 étaient bien tolérés dans le cadre d'une pancréatite grave, et un cas de tamponnade post traumatique;
- 2 valvulopathies mitrales (7%) : rétrécissement mitral
- 1 thrombus au niveau de l'oreillette droite (3,6%) chez un cas, dont une embolie pulmonaire (EP) était suspectée.
- Pour les deux cas qui ont bénéficié d'une épreuve de contraste à la recherche de foramen ovale perméable ; le test était négatif.

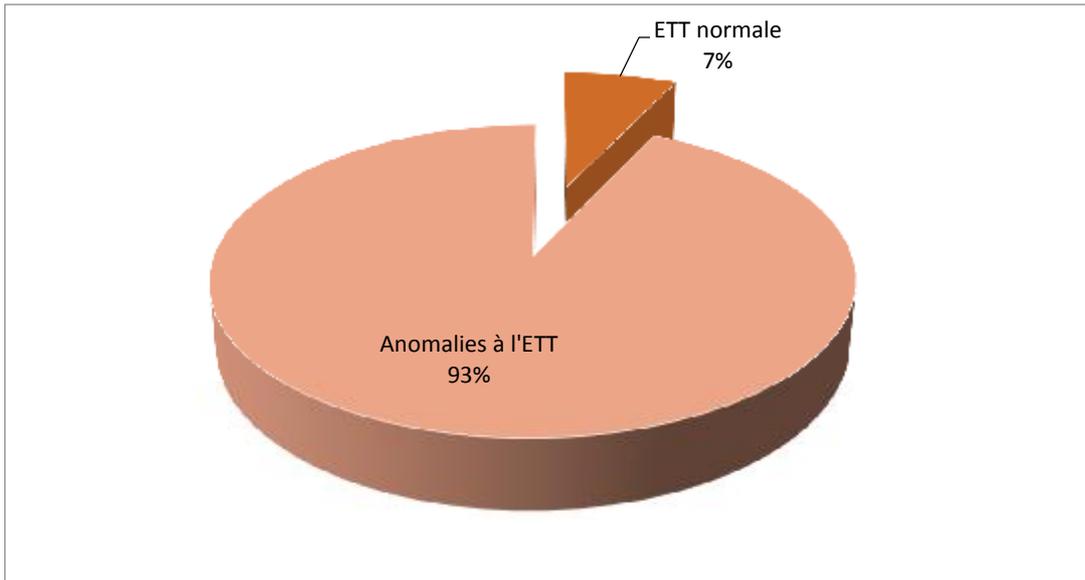


Figure 40: répartition des patients selon la normalité de l'examen échocardiographique

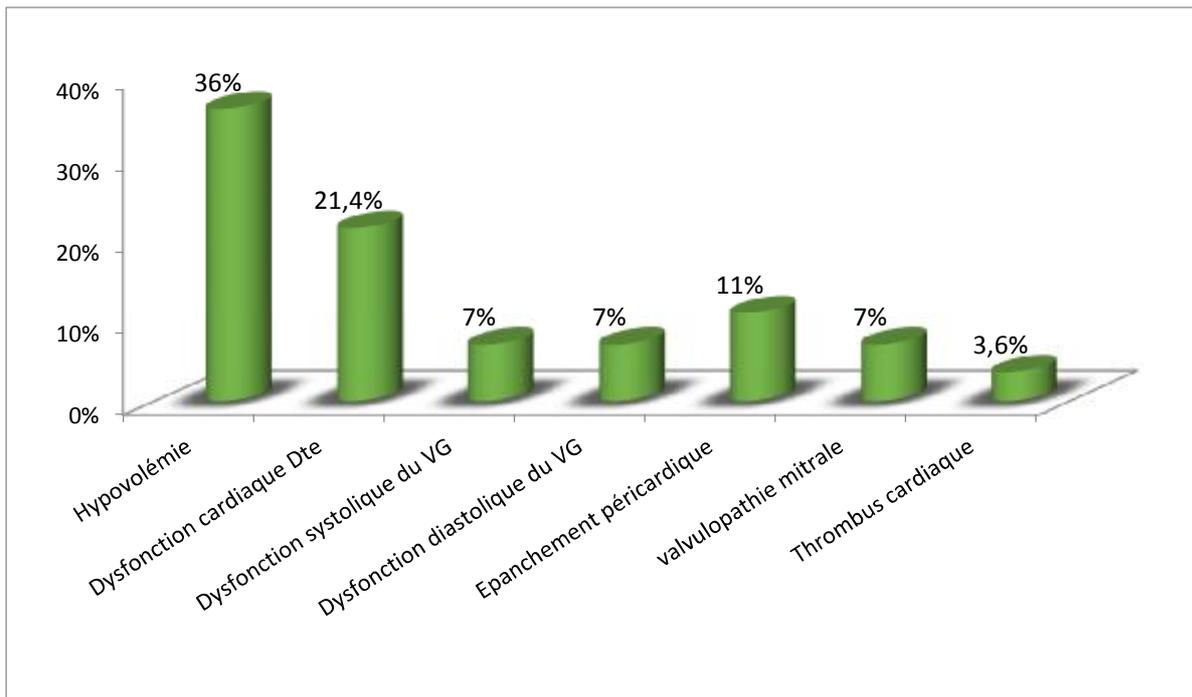


Figure 41: les anomalies découvertes lors des examens échocardiographiques

Tableau 9 : principales anomalies des examens échocardiographiques

Résultats des ETT	Nombre	Pourcentage
Hypovolémie	10	36%
Dysfonction systolique du VG :	2	
- Cardiopathie ischémique	1	7%
- Choc septique	1	
Dysfonction diastolique du VG :	2	
- Cardiopathie ischémique	1	7%
- Cardiomyopathie septique	1	
Dysfonction cardiaque droite :	6	
- HTAP+dilatation cavités droites	3	21,4%
- Cœur pulmonaire aigu (CPA)	3	
Valvulopathie :	2	
- Rétrécissement mitral	1	7%
- Insuffisance mitrale	1	
Epanchement péricardique :	3	
- Bien toléré	2	11%
- Tamponnade	1	
Thrombus cardiaque : OD	1	3,6%
ETT normale	2	7%
Total	28	100%

9. Recours au cardiologue :

Le recours à un avis cardiologique suite à l'examen échocardiographique réalisé par les réanimateurs, était le cas de 2 patients : le premier patient était âgé de 40 ans qui avait une cardiopathie ischémique en tachyACFA, dont l'examen échographique réalisé par le cardiologue avait trouvé une dilatation biauriculaire, et qui a bénéficié d'un traitement anticoagulant et antiarythmique ; le deuxième, patient de 46 ans, était admis pour thrombophlébite du membre inférieur gauche et qui a présenté à J2 de son hospitalisation un AVC ischémique sylvien droit, dont l'échocardiographie réalisée par l'équipe de réanimation avait montré une dilatation de l'OG, avec épreuve de contraste à la recherche de foramen ovale négative. L'ETT réalisée par les cardiologues avait confirmé ces anomalies, et ayant justifié la mise en route d'un traitement antiarythmique en plus du traitement anticoagulant.

10. Décision thérapeutique après ETT:

19 patients étaient l'objet d'une modification de la prise en charge thérapeutique après un examen échocardiographique : remplissage vasculaire (RV) (pour 5 cas) ; modification des paramètres du respirateur pour 5 patients, dont chez 2 cas l'ajout de monoxyde d'azote inhalé a été indiqué ; remplissage vasculaire associé aux vasopresseurs (adrénaline, noradrénaline) (chez 2 cas) ; limitation du remplissage vasculaire (chez 3 cas) ; prescription d'antiarythmiques associés aux anticoagulants (chez 2 cas); inotrope positif pour un seul cas ; et un drainage chirurgical pour le cas de tamponnade.

Tableau 10 : répartition des patients selon la décision thérapeutique

Décision thérapeutique	Nombre de cas	pourcentage
Remplissage vasculaire (RV)	5	22,7%
Réglage du respirateur	5	22,7%
Limitation du remplissage vasculaire	3	13,6%
RV+vasopresseurs	2	9%
Antiarythmique+Anticoagulant	2	9%
Inotrope positif	1	4,7%
Drainage chirurgicale d'une tamponnade	1	4,7%
Pas de modification thérapeutique	3	13,6%
Total	22	100%

11. L'évolution de l'état hémodynamique :

L'évolution de l'état hémodynamique chez les patients ayant bénéficié d'une modification thérapeutique (19 cas) basée sur l'échocardiographie transthoracique, était favorable dans 6 cas, soit 31,6% de l'ensemble des patients présentant des anomalies à l'ETT.

En revanche, nous avons noté une aggravation de l'état HD chez 2 cas (10,5%). Tandis que, 8 cas présentaient une stabilisation de l'état HD (42%).

Chez 3 cas l'évolution de l'état hémodynamique n'était pas précisée (15,9%).

Tableau 11: répartition des patients selon l'évolution de l'état HD après ETT

Evolution de l'état HD	Nombre de cas	pourcentage
Amélioration	6	31,6%
Stabilisation	8	42%
Aggravation	2	10,5%
Non précisée	3	15,9%

12. L'évolution globale :

Favorable chez 14 cas, soit 63,6% de l'ensemble des patients ayant bénéficié d'une ETT.

Cependant, nous avons noté 8 cas de décès, soit 36,4% de l'ensemble des cas. La cause principale de décès était le choc septique, manifesté chez 4 patients, dont l'évolution était fatale malgré les mesures de réanimation ; dans un tableau de défaillance multiviscérale.

Le décès était lié à une angiocholite grave (1 cas), KHF surinfecté (1 cas), PNP nosocomiale dans 2 cas, défaillance multiviscérale sur anévrisme fémoral post traumatique compliqué d'un AVC ischémique (1 cas). Tandis que pour 3 patients, la cause de décès n'était pas précisée (NP).

Tableau 12 : répartition des patients selon l'évolution globale

L'évolution globale	Nombre de cas	Pourcentage
Favorable	14	63,6%
Décès :	8	36,4%
- Angiocholite grave	1	4,5%
- KHF surinfecté	1	4,5%
- PNP nosocomiale	2	9,2%
- Défaillance multiviscérale sur anévrisme de l'artère fémorale post traumatique	1	4,5%
- Non précisée	3	13,7%

B. Echographie pleuropulmonaire :

19 échographies pleuropulmonaires (PP) (7% des examens échographiques) ont été réalisées durant la période d'étude allant du 01 mai 2012 au 01 mai 2014. Les indications étaient : 7 cas pour exploration d'un syndrome d'épanchement liquidien ; 5 traumatismes thoraciques ; 3 détresses respiratoires, dont 2 post oesophagectomie ; et 4 cas pour la recherche de pleurésie (2 pancréatites aiguës graves, 2 Pyocholécystes).

Tableau 13: répartition des patients selon l'indication de l'échographie pleuropulmonaire

Indication	Nombre de cas	Pourcentage
Syndrome d'épanchement liquidien	7	37%
Traumatisme thoracique	5	26%
Recherche de pleurésie	4	21%
Détresse respiratoire	3	16%

Les examens étaient effectués par un sénior déjà formé à l'utilisation de l'échographie pleuropulmonaire.

Les diagnostics retenus étaient 6 cas de PNO, dont 3 cas étaient confirmés par la radiographie thoracique, et 3 étaient retenus sur les données de l'échographie pleuropulmonaire vu l'impossibilité de réaliser une radiographie thoracique. La conduite à tenir était le drainage à l'aveugle des PNO.

Par ailleurs 13 cas d'épanchement pleural liquidien ont été diagnostiqués, dont 5 pleurésies de faible à moyenne abondance, et 7 pleurésies de grande abondance ayant justifié une ponction ou un drainage sous repérage échographique

L'évolution était favorable pour tous les cas.

C. échoguidage pour la pose de CVC :

1. Le nombre total de CVC échoguidés :

Parmi les 253 patients inclus dans notre étude, 212 patients avaient un CVC, soit un taux de pose de 84%.

2. L'indication des CVC échoguidés :

Les indications du cathétérisme veineux central dans notre étude étaient : la chimiothérapie (67% des cas) pour la pose de chambres implantables ; les pathologies de réanimation nécessitant un monitoring des pressions veineuses centrales (17% des cas) ; les situations peropératoires exigeant la mise en place d'un CVC (8%) ; l'alimentation parentérale (4,2%) ; et la pose de cathéters d'hémodialyse tunnésés (3,8%) .

Tableau 14: répartition des patients selon l'indication de la pose de CVC échoguidé

Indication du CVC	Nombre	Pourcentage
Chimiothérapie	142 cas	67%
Pathologies de la réanimation :	36 cas	17%
– Défaillance cardio-respiratoire	26	12,3%
– Hypokaliémie profonde	3	1,4%
– Accès veineux périphérique impossible	1	0,5%
– Autres	6	2,8%
Indication peropératoire :	17 cas	8%
– Instabilité hémodynamique	13	6%
– Accès veineux périphérique impossible	4	2%
Alimentation parentérale	9 cas	4,2%
Pose de cathéter d'hémodialyse tunnésé	8 cas	3,8%

3. Anomalies découvertes au cours de la pose de CVC échoguidé :

6 anomalies (soit 2,8% des cas) ont été découvertes de façon fortuite lors de l'exploration échographique des sites de ponction ; 4 thromboses veineuses des VJI (3 du côté gauche, et une à droite), et 2 cas d'atypie anatomique de la VJI qui se situent en dessous de l'artère carotide.

4. Site et coté d'insertion du CVC échoguidé :

Le site d'insertion des CVC dans notre étude était jugulaire interne chez 211 patients, soit 99,5% des cas.

La veine sous-clavière était abordée uniquement chez 1 patient au cours de la période d'étude, soit 0,5% des cas.

La majorité des CVC ont été posés à droite, soit un taux de 88,7%.

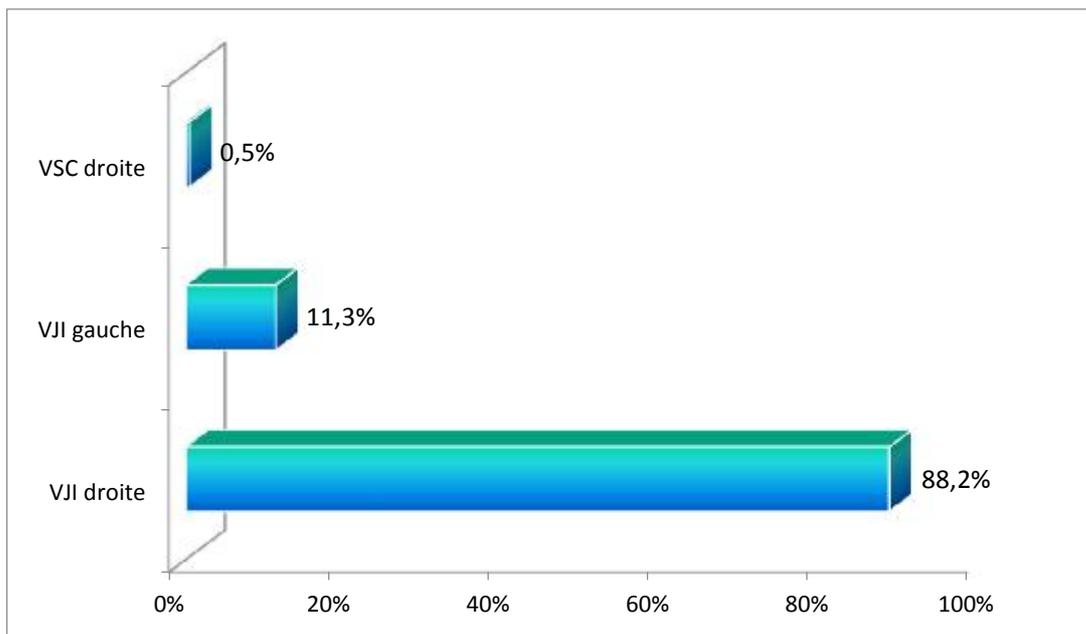


Figure 42: répartition des patients selon le site et le coté d'insertion du CVC échoguidé

5. Technique d'insertion :

197 procédures étaient mises selon la technique hors du plan (soit 93%), contre 15 CVC étaient mises selon l'approche dans le plan (7%)

6. Le temps de pose :

Le temps moyen de canulation était de 5 minutes avec des extrêmes allant de 2 à 20 minutes.

7. Expérience du médecin ayant posé le CVC échoguidé:

La pose des CVC a été effectuée dans 54% des cas par les résidents, suivis par les internes dans 27% des cas et puis les séniors dans 19% des cas.

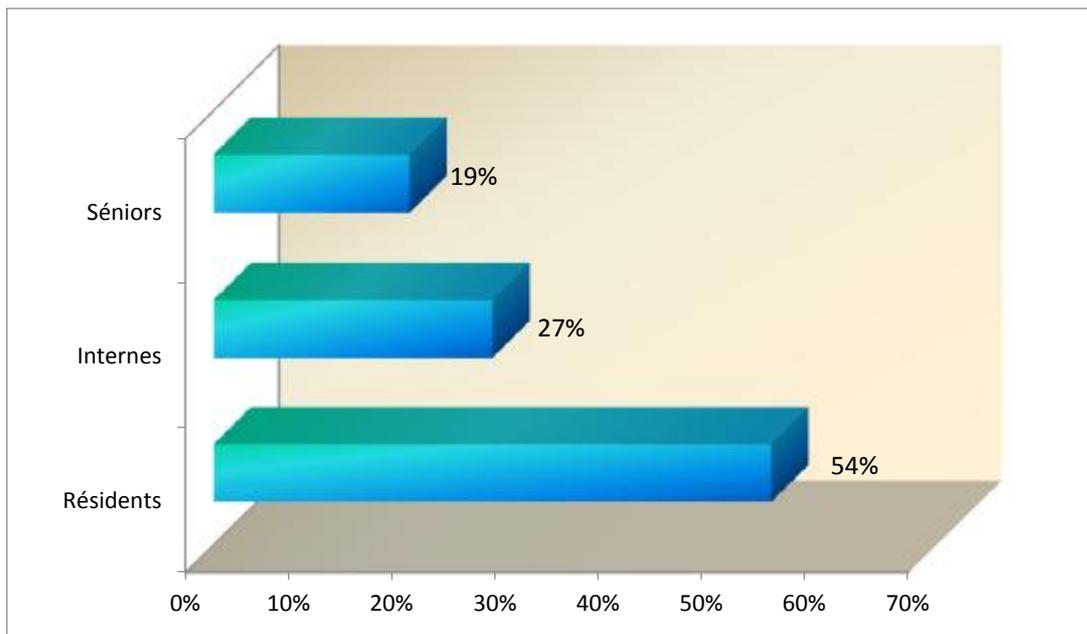


Figure 43: répartition des patients selon l'expérience de l'opérateur du CVC échoguidé

8. Etat respiratoire :

Parmi les 212 patients qui ont bénéficié d'un CVC échoguidé, 53 étaient sous ventilation artificielle (soit 25%).

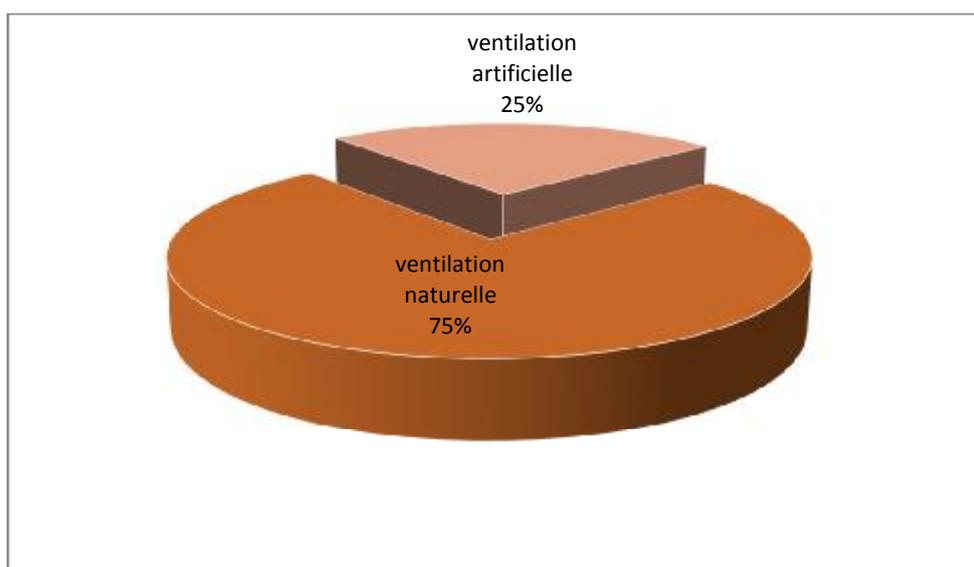


Figure 44: répartition des patients selon le mode de ventilation

9. Facteurs prédictifs d'échec ou de complication :

Pour 44 patients (21% des patients ayant bénéficié d'un CVC échoguidé), on suspectait initialement des difficultés de ponction en raison de :

- repères anatomiques difficiles (32 cas), dont 13 cas d'obésité, 8 cous courts, 1 cyphoscoliose majeure, 6 déformations thoraciques, 3 cas présentaient des poly adénopathies (polyADP) cervicales, 1 cas avait une masse latérocervicale droite, et un cas trachéotomisé.
- 4 cas présentaient une hypovolémie sévère avec à l'échographie des veines collabées difficiles à ponctionner.
- troubles sévères de la crase sanguine, diagnostiqués chez 8 patients.

Tableau 15: fréquence des facteurs prédictifs d'échec ou de complication d'une pose de CVC

Facteurs prédictifs d'échec ou de complication	Nombre	Pourcentage
Difficultés anatomiques :	32	15%
- obésité	13	6%
- cou court	8	3,5%
- déformation thoracique	6	2,8%
- PolyADP	3	1,7%
- Cyphoscoliose	1	0,5%
- Trachéotomie	1	0,5%
Trouble de crase sanguine	8	4%
Hypovolémie sévère	4	2%
Total	44	21%

10. Nombre de ponctions :

Le pourcentage de réussites dès la première ponction était de 85,7%, de 10,2% après la deuxième ponction, et de 4,1% après la troisième tentative.

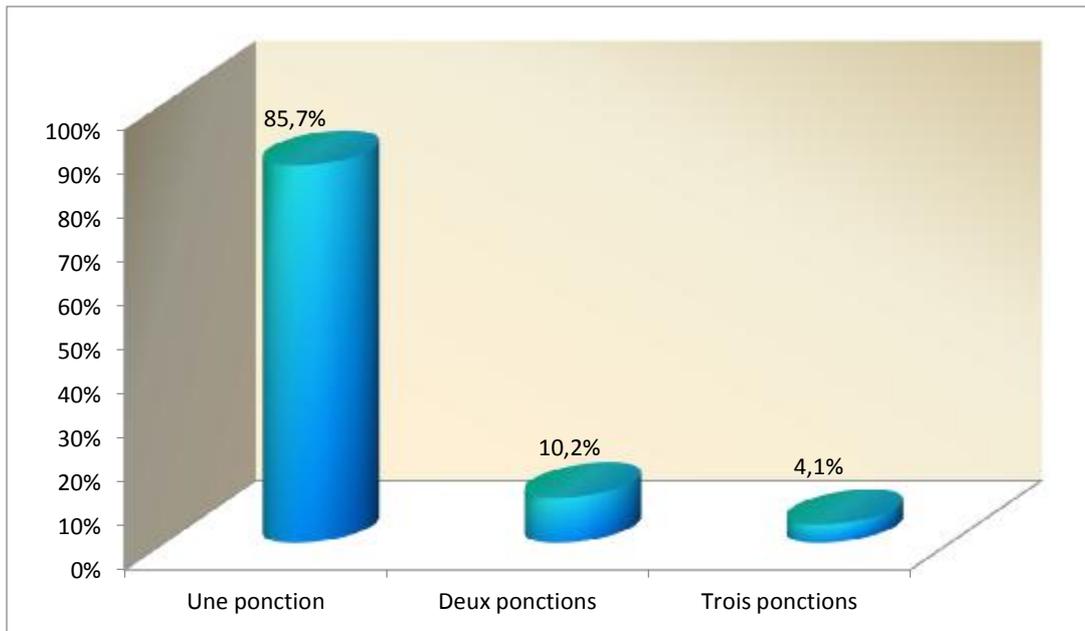


Figure 45: pourcentage de réussite en fonction du nombre de ponctions

11. Taux de réussite et des complications mécaniques des CVC échoguidés :

Aucun échec n'était survenu lors des ponctions échoguidées, soit un taux de réussite de 100% des cas.

Les complications mécaniques relevées étaient la survenue de 2 hématomes, 3 ponctions artérielles, 1 pneumothorax après la pose d'une chambre implantable chez un patient trachéotomisé présentant une tumeur du larynx à un stade avancé, et qui a bénéficié d'un drainage thoracique, l'évolution était favorable.

Le nombre total de ces complications était de 6, soit 2,8% de l'ensemble des ponctions.

Tableau 16: l'incidence des complications mécaniques lors des CVC échoguidés

Complications mécaniques	Nombre	Pourcentage
Ponction artérielle	3	1,4%
Hématome	2	0,9%
PNO	1	0,5%
Total	6	2,8%

D. échographie en anesthésie locorégionale :

Durant la période d'étude 11 procédures (4,4% des cas) ont été effectuées par un sénior déjà formé à l'échographie en ALR.

Les blocs étaient tous abordés par une approche dans le plan.

Tableau 17: répartition des patients selon le type de bloc réalisé

Type d'ALR pratiquée	Nombre	Pourcentage
TAP bloc	6	54,6%
Bloc du plexus cervical	5	45,4%

- Le « transverse abdominal plane block » :

6 TAP block « transverse abdominal plane block » ont été réalisés, soit 54,6% des anesthésies locorégionales, ayant comme indication chirurgicale, l'analgésie postopératoire pour chirurgie abdominopelvienne. La durée moyenne était de 13 minutes, le degré de confort du patient ainsi que du chirurgien était bon, et le taux de succès de la technique de ponction était de 100%.

- Bloc du plexus cervical :

5 blocs du plexus cervical (36,4%) ont été réalisés dans le cadre d'une chirurgie carotidienne. La durée moyenne des procédures était de 17 minutes. Le confort du patient ainsi que du chirurgien était bon dans la majorité des cas. En termes de succès 1 seul échec s'est révélé, soit un taux de succès à 91% des blocs du plexus cervical. Un cas ayant nécessité l'ajout d'anesthésique local (AL) malgré un succès apparent initial. Cependant nous avons signalé la survenue d'une seule complication neurologique (1% des blocs), sous forme de dyspnée et dysphonie due à une paralysie partielle du nerf récurrent qui a nécessité la conversion en anesthésie générale et la pose d'un shunt carotidien. Un deuxième patient avait nécessité la pose d'un shunt carotidien après intolérance neurologique au test de clampage de la carotide et le geste était fait en totalité sous bloc.

Les différents résultats des paramètres étudiés des blocs du plexus cervical, sont détaillés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 18: résultats des paramètres étudiés lors de la pratique du bloc du plexus cervical intermédiaire sous échographie

Paramètres évalués			Pourcentage
Coté anesthésié	Droite	3	60%
	Gauche	2	40%
Durée moyenne	17 minutes		
Conversion en AG	1 cas		20%
Ajout d'AL	1 cas		20%
Pose de shunt	2 cas		40%
Confort du patient et du chirurgien	bon	4 cas	80%
	moyen	1 cas	20%
Succès	4 cas		80%
Complication	1 cas		20%

III. Les paramètres concernant les opérateurs :

A. Identité des opérateurs :

Au total, 39 questionnaires complets ont été analysés. Le taux de réponses était de 100 %. 39 médecins ont participé à cette étude, 11 femmes (28,2%), et 28 hommes (71,8% des participants).

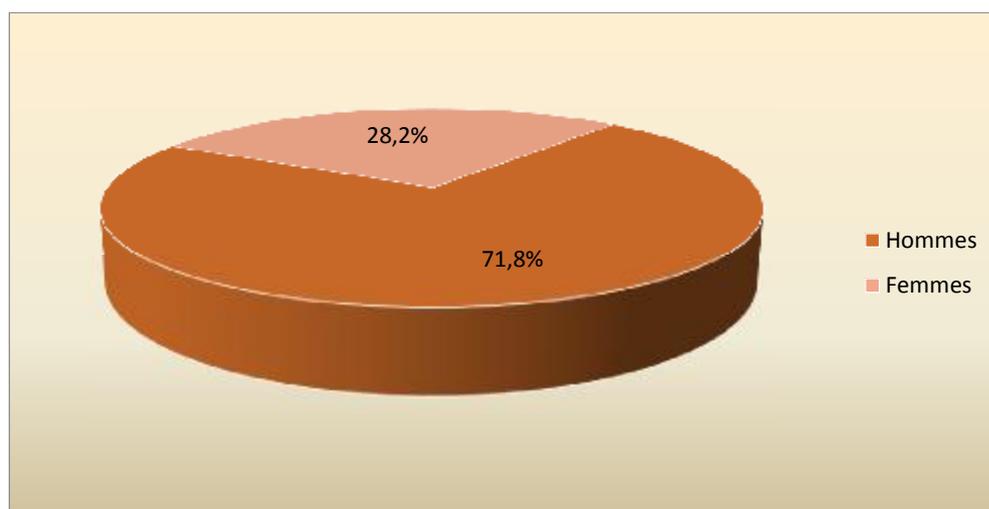


Figure 46 : répartition des répondeurs selon le sexe

La durée moyenne de pratique en service de réanimation était de 3 ans, avec des extrêmes allant de 4mois à 12ans.

51,3% des répondeurs étaient des résidents, suivis par les internes (41%), puis les séniors (7,7% des opérateurs).

Tableau 19: répartition des répondeurs en fonction de leur statut et durée moyenne de pratique en AR

Répondeurs	Nombre	Pourcentage	Durée moyenne de pratique en AR
Résidents	20	51,3%	2,25 ans
Internes	16	41%	4mois
Séniors	3	7,7%	10,3 ans

B. Niveau de formation en échographie :

1. Pose échoguidée de CVC :

Tous les opérateurs ont eu une formation de guidage et repérage échographique pour MEP des CVC, délivrée par un sénior référent diplômé déjà formé en échographie. En revanche 4 internes n'avaient pas l'habitude d'insérer des CVC sous échographie (n'ayant fait qu'un seul repérage échographique), soit 11% des participants. La durée moyenne de formation était de 3 heures en théorie, et 5 heures de pratique.

2. Echocardiographie :

En matière de formation en échocardiographie, 25,7% des répondants n'avaient reçu aucune formation en échocardiographie. Par contre 74,3% ont acquis des compétences théoriques et pratiques durant leur passage par le service de réanimation et/ou au cours de leur stage de cardiologie. La durée moyenne de formation était de 2 heures de formation théorique, et 3 heures de pratique.

3. Anesthésie locorégionale échoguidée :

10,3% des participants avaient une expérience en échoguidage pour ALR, contre 89,7%.

Les résultats sont classés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 20: niveau de formation en échographie

Avez-vous l'habitude d'insérer un CVC sous échographie ?	Oui 89%		Non 11%
Formation en échoguidage pour MEP de CVC	Formation Diplômante 2,6%	Formation courte --	Formation par médecin référent 97,4%
Durée moyenne de formation en échoguidage (CVC)	Théorique		Pratique
- Internes			
- Résidents	35 minutes		1 heure
- séniors	3 heures 7 heures		5 heures 9 heures
Formation en échocardiographie	Oui 74,3%		Non 25,7%
Type de formation en échocardiographie	Formation Diplômante	Formation courte	Formation par médecin référent
Durée moyenne de formation en échocardiographie	2,6%	5,1%	66,6%
- internes	Théorique		Pratique
- résidents			
- séniors	22 minutes 1 heure 6 heures		18 minutes 3 heures 7 heures
Expérience en ALR échoguidé	Oui 10,3%		Non 89,7%

C. Amélioration de l'enseignement en échographie :

Les enseignements interactifs et/ou en petits groupes (ateliers pratiques, séminaires, séances de simulation) étaient préférés, contrairement à l'enseignement magistral.

La totalité des opérateurs (100%) trouvait nécessaire de développer de nouveaux programmes de formation, qui doivent être intégrés dans le cursus de la spécialité d'anesthésie-réanimation.

Plus de 60% des participants souhaitent maîtriser ou avoir une expérience suffisante pour la pratique de l'échographie en fin de leur formation. Les 4

techniques les plus demandés sont : ALR échoguidée, échocardiographie, Doppler transcrânien, et la pose échoguidée de CVC.

Tableau 21: amélioration de l'enseignement de l'échographie

Que pensez-vous de l'utilité de ces différents types d'enseignement de l'échographie ?	Indispensable	Utile	Inutile
	7,7%	69,2%	23,1%
- Cours magistraux	82%	18%	--
- Ateliers pratiques	56,4%	41%	2,6%
- Séminaires d'échographie	61,5%	38,5%	--
- Séances de simulation			
<hr/>			
Pensez-vous qu'il est nécessaire de développer de nouveaux programmes de formation en échographie ?	Oui 100%		Non --
<hr/>			
Avez-vous déjà participé à des séminaires en échographie ?	Oui 32%		Non 68%
<hr/>			
En fin de votre spécialité, quelles aptitudes échographiques espérez-vous avoir ?			
- ALR échoguidé	66%		
- Echocardiographie	74%		
- CVC échoguidé	65%		
- Echographie pleuropulmonaire	37%		
- FAST- écho	18%		
- Doppler transcrânien	63%		
- Généralités, bases physiques de l'échographie		34%	

D. Pratique de l'échographie :

1. Echoguidage pour MEP des CVC :

La pratique de l'échographie auprès des médecins a penché de 36% pour l'utilisation systématique de l'échoguidage dans la MEP des CVC.

En ce qui concerne la technique d'insertion, 80% ont choisi l'abord hors du plan, et 67% préconisait la technique d'échoguidage au lieu de l'échorepérage.

Par ailleurs l'échoguidage des CVC marquait une satisfaction auprès de 87% des participants, qui ont répondu en majorité que la durée de la procédure était courte. De plus tous les participants pensent que l'échoguidage pour la pose de CVC diminue le risque des complications mécaniques, sans pour autant d'augmenter le risque de colonisation des cathéters.

En revanche, malgré ces résultats satisfaisants, 10% restent anxieux au sujet de perte de compétences par rapport à la technique de repères anatomiques qui peut découler de l'emploi régulier de l'échographie.

Tableau 22: pratique de l'échoguidage pour MEP des CVC

Utilisez-vous l'échographie :			
-	Systématiquement pour tous les cas		36%
-	Pour les cas prévus comme difficiles		28%
-	Après échec d'une insertion à l'aveugle		10%
-	Pour les cas difficiles et après échec d'une insertion à l'aveugle		26%
<hr/>			
Technique d'insertion :	Dans le plan	Hors du plan	Les deux
	20%	80%	--
	Echorepérage		Echoguidage
	33%		67%
<hr/>			
Degrés de confort :	Satisfait		Insatisfait
	87%		13%
<hr/>			
Perception de la durée globale de la procédure	Courte	Longue	Très longue
	85%	15%	--
<hr/>			
Intérêt de l'échoguidage :		Oui	Non
Pensez-vous que l'échoguidage a diminué le risque de complications mécaniques		100%	--
		--	100%
Pensez-vous que l'échoguidage a augmenté le risque de colonisation des cathéters			
<hr/>			
Limite de l'échoguidage :		Oui	Non
Pensez-vous que l'utilisation régulière de l'échoguidage peut conduire à une perte de compétences face à la méthode de repères anatomiques		10%	90%

2. pratique de l'échocardiographie :

93% des participants réalisaient une à trois échocardiographies par mois.

Pour 94% des opérateurs, l'échocardiographie transthoracique est considérée comme indispensable à la réalisation d'un bilan hémodynamique pour les patients en état critique.

Dans 74% des cas l'échocardiographie justifie le changement dans la prise en charge thérapeutique.

Selon ces opérateurs, les paramètres à évaluer lors d'une ETT, étaient : la fonction systolique (99%) ; 93% pour l'évaluation des cavités cardiaque ; la fonction diastolique du VG (86%) ; et 82% pour mesurer les paramètres précharge-dépendance.

Tableau 23: pratique de l'échocardiographie

Combien d'échocardiographie effectuez-vous par mois	1-3 93%	5-10 7%	>10 --
Quels sont les paramètres évalués systématiquement	99%		
- Fonction systolique	86%		
- Fonction diastolique	93%		
- Cavités cardiaques	50%		
- Etat des valves	82%		
- Précharge-dépendance	60%		
- Péricarde			
Croyez-vous que l'échocardiographie, est un outil indispensable dans l'évaluation HD des patients en état critique	Oui 94%		Non 6%
Croyez-vous que l'échocardiographie modifie les soins que vous donnez aux patients	Oui 74%		Non 26%

3. Echographie pleuropulmonaire :

Pour la majorité des participants, l'échographie pleuropulmonaire semble avoir un intérêt en réanimation (95%), quoique 92% des médecins n'étaient pas convaincus que l'échographie pourra remplacer la radiographie pulmonaire en réanimation.

De plus l'épanchement pleural liquidien, suivi du pneumothorax restent les deux principales anomalies que l'échographie peut contribuer à diagnostiquer, selon le point de vue des opérateurs.

Tableau 24: intérêt de l'échographie pleuropulmonaire en réanimation

Pensez-vous qu'elle a un intérêt en réanimation ?	Oui 95%	Non 5%
Pensez-vous qu'elle peut remplacer la radiographie pulmonaire en réanimation ?	Oui 8%	Non 92%
A votre avis qu'elles sont les anomalies qui peuvent être visualisées par l'échographie pleuropulmonaire ?		
- PNO	69%	
- OAP	13%	
- PNP	15%	
- Epanchement liquidien	99%	
- EP	10%	
- Atélectasie	15%	

4. Echoguidage en ALR :

Les blocs plexiques (par neurostimulation seule) les plus pratiqués par nos participants étaient : le bloc axillaire (84%), suivis du bloc infraclaviculaire (68%).

L'utilisation de l'échographie en association à la neurostimulation était le cas de 10,5% des participants.

Tableau 25: pratique de l'échoguidage en ALR

Quel type de bloc pratiquez-vous ?				
-	Bloc interscalénique	31%		
-	Bloc infraclaviculaire	68%		
-	Bloc axillaire	84%		
-	Bloc fémoral et sciatique	52%		
-	Bloc supraclaviculaire		58%	
Qu'elle est la ou les techniques de repérage utilisées ?				
	Neurostimulation seule		Echographie seule	Echographie et neurostimulation
	89,5%		--	10,5%

DISCUSSION

Une échographie au lit du patient est un outil puissant dans la prise en charge de patients critiques, car elle améliore l'exactitude du diagnostic et facilite les multiples interventions à réaliser dans le service de soins intensifs, et au bloc opératoire. L'échographie peut également aider à réduire les taux de complication des procédures couramment effectuées en aveugle dans l'unité en permettant la visualisation directe des structures anatomiques quand des techniques invasives sont effectuées.

Quoique, l'activité de pratique de l'échographie au niveau du service de réanimation A4 est récente, l'enthousiasme des médecins en formation pour l'amélioration de leurs compétences concernant les techniques ultrasoniques était remarquable, vu la faisabilité de cette technique, soit pour l'évaluation hémodynamique des patients en état critique, soit pour la sécurisation des actes effectués par l'équipe d'anesthésie-réanimation.

Le principal objectif de ce travail, était de rapporter l'expérience de l'équipe d'anesthésie réanimation A4 quant à l'usage de l'échographie en milieu de réanimation et au bloc opératoire. Après analyse des différentes données collectées, nous avons pu démontrer l'apport de cette technique dans notre service.

A. Les points forts et les limites :

1. Points forts :

- A notre connaissance, cette étude est la première qui a pour but d'évaluer la pratique de l'échographie par les réanimateurs anesthésistes, faite au Maroc ;
- Une étude qui englobe une variété d'examen échographiques dans un seul échantillon ;

- Evaluer le niveau de formation de nos médecins en matière des techniques ultrasoniques, dans le but de réformer les moyens d'apprentissage ;
- L'intérêt et l'enthousiasme des médecins en formation pour l'apprentissage de l'échographie.

2. Limites :

- Un faible échantillonnage concernant certains examens échographiques : l'ETT, l'échographie pleuropulmonaire, et l'ALR ;
- Le nombre limité des opérateurs anesthésistes-réanimateurs entraînés à l'échographie et problème de leur disponibilité ;
- Absence de courbe d'apprentissage de l'échographie pour chaque médecin en formation, étalée sur la période d'étude.

B. L'activité d'échocardiographie :

Dans notre étude, même si 74% des opérateurs se disent avoir des connaissances en échocardiographie, seulement 28 examens échocardiographiques ont été réalisés durant la période de 2 ans, ce qui reste un nombre très bas par rapport à d'autres études [203-206]. Ce constat peut être expliqué par plusieurs éléments :

- activité récente au service avec une courbe d'apprentissage lente au début
- la majorité des ETT étaient réalisées par des seniors qui ne sont pas tout le temps disponibles.
- plusieurs examens ETT ont été réalisés par nos médecins en formation mais sans pouvoir tirer des conclusions diagnostiques concrètes en temps réel du fait de leur manque d'expérience et l'absence d'un senior sur place pour les assister et/ou valider les résultats; ce qui a fait que plusieurs fiches d'exploitation n'ont pas pu être analysées.

Tableau 26: répartition des patients selon le nombre d'ETT

séries	Nombre d'ETT réalisée
A.-K. Chergui (2008-2009) [204]	195 ETT
N. Nciri (2003-2005) [206]	111 ETT
M. Lefevre (8mois en 2006) [205]	64 ETT
Notre série	28 ETT

En réanimation, l'échocardiographie est réalisée le plus souvent dans un contexte d'urgence, mais elle trouve son utilité principale dans l'approche diagnostique des états de choc. Elle permet en effet d'élucider le mécanisme d'un état de choc et aide à orienter la thérapeutique. Dans cette situation, des questions précises sont posées pour établir le mécanisme physiopathologique prépondérant : existe-t-il une hypovolémie pertinente ? Le cœur est-il ou non défaillant ? Si oui, quel ventricule est le plus défaillant ? Une réponse rapide à ces questions fondamentales permet d'orienter la thérapeutique de façon beaucoup plus sûre qu'une approche fondée sur les seules informations cliniques [229].

L'indication principale dans notre série, était le monitoring hémodynamique au cours d'une défaillance circulatoire (32% des cas), ce qui concorde parfaitement avec les autres études faites dans ce sens.

Tableau 27: répartition des patients selon l'indication de l'ETT

séries	Indications de l'ETT					
	Monitoring HD	Insuffisance respiratoire aigue	Dysfonction cardiaque	ACFA	Suspicion d'EP	Suspicion FOP*
M. Lefevre [205]	38%	7%	12%	--	--	--
A.-K. Chergui [204]	31%	38,2%	3%	--	2%	--
N. Nciri [206]	34,3%	--	50%	--	--	--
Notre série	32%	23%	18%	9%	9%	9%

*FOP : foramen ovale perméable.

Pour un rendement diagnostique optimal, l'échocardiographie Doppler doit être réalisée dès l'admission du patient afin d'obtenir des informations au moment de la défaillance circulatoire ou respiratoire. En effet, le traitement initial influe rapidement et parfois de manière spectaculaire sur le profil hémodynamique recueilli en échocardiographie Doppler : correction d'une hypoxémie et d'une hypercapnie, effets du traitement médical et de la ventilation mécanique sur les conditions de charge du cœur, etc. Si le patient n'est pas évalué pendant les heures ouvrables que le lendemain de son admission, le diagnostic à l'origine du motif d'admission sera supposé plus que prouvé et le gain de l'échocardiographie sera faible comparé à une prise en charge classique [50]. Dans notre travail, 71% des patients ont bénéficié d'une échocardiographie à moins 12 heures de l'admission, et par conséquent, nous avons pu redresser le traitement pour plus de la moitié des patients à moins 12 heures de leur admission.

Cette constatation illustre l'apport de l'échocardiographie dans la prise en charge thérapeutique des malades de réanimation. En effet, l'impact thérapeutique direct de l'échocardiographie quelle qu'en soit sa modalité est majeur car elle entraîne souvent une modification immédiate de la prise en charge, y compris la décision de chirurgie cardiovasculaire en urgence, chez une grande proportion des patients et en l'absence d'autres investigations complémentaires [50].

Au niveau de notre unité et durant la période analysée, 19 patients ont bénéficié d'une modification de la PEC thérapeutique après la première ETT. Ceci nous a permis d'apprécier l'impact thérapeutique de la première ETT qui a été majeur (86%).

Tableau 28: impact thérapeutique de la première échocardiographie

Séries	Impact thérapeutique
A.-K. Chergui [204]	53%
Notre série	86%

En réanimation, l'échocardiographie peut être répétée et utilisée comme un outil de monitoring pour suivre l'effet des interventions thérapeutiques mises en route, en termes d'efficacité mais aussi de tolérance, notamment chez les patients admis pour défaillance circulatoire ou respiratoire, cela était le cas pour 6 patients de notre série, qui ont bénéficié de 2 examens échocardiographiques durant leur hospitalisation. Le second intérêt est d'identifier les modifications de profil hémodynamique au cours de l'évolution d'un état de choc, en particulier septique. En effet, il est fréquent que, chez un même patient en choc septique, différents mécanismes d'insuffisance circulatoire se succèdent [38]. L'hypovolémie associée à la vasoplégie est le plus souvent l'élément prédominant. Mais parfois, la défaillance ventriculaire gauche ou droite peut devenir secondairement le mécanisme principal de l'insuffisance circulatoire, qui était le cas d'un patient de notre série admis pour la prise en charge d'un choc septique sur péritonite biliaire, et chez qui l'examen échocardiographique était en faveur d'une hypovolémie et cardiomyopathie septique justifiant un remplissage vasculaire avec l'administration de dobutamine.

Par ailleurs, les principaux apports de l'ETT dans notre série ont été la mise en évidence d'une hypovolémie (36% des cas ayant bénéficié d'une ETT), la dysfonction cardiaque (35,4% englobant ; la dysfonction cardiaque droite, la dysfonction systolique du VG, et la dysfonction diastolique du VG), l'épanchement péricardique dont 1 cas de tamponnade ayant bénéficié d'un drainage chirurgical, la mise en évidence de valvulopathie et thrombus cardiaque.

Cette étude montre que l'ETT est d'un intérêt diagnostique certain pour élucider le mécanisme des états de choc, déterminer l'origine cardiaque ou respiratoire d'une détresse respiratoire aiguë ou pour établir des diagnostics morphologiques de cardiopathies chez les patients de réanimation.

Tableau 29: répartition des patients selon les résultats des ETT

Résultats des ETT	A.-K. Chergui [204]	Notre série
Hypovolémie	20%	36%
Dysfonction cardiaque droite	23,5%	21,4%
Dysfonction systolique du VG	34,3%	7%
Dysfonction diastolique du VG	17%	7%
Tamponnade	0,5%	3,5%
Valvulopathie	4%	7%
Thrombus	--	3,6%

Durant la période étudiée, et pour les cas où il y avait un manque de disponibilité des anesthésistes réanimateurs entraînés à l'ETT, le recours au cardiologue était justifié dans les situations pathologiques qui nécessitaient un examen échocardiographique. Le nombre total de ces examens ETT, réalisés par les cardiologues en l'absence d'un opérateur réanimateur n'était pas précisé.

Le recours à un avis cardiologique spécialisé après un premier examen échocardiographique réalisé par l'équipe de réanimation A4, était le cas de 2 patients. Les conclusions diagnostiques étaient identiques entre les réanimateurs et les cardiologues.

Une étude faite en 2006 dans un service de réanimation Tunisien [205], comparant 90 examens réalisés par des cardiologues et 111 examens par les réanimateurs, montre que ; les délais de réalisation de l'examen en réanimation par un réanimateur sont plus courts ; l'évaluation de paramètres hémodynamiques plus spécifiques des patients de réanimation (les indices dynamiques d'hypovolémie et de réponse au remplissage vasculaire, le retentissement hémodynamique de la pression intermittente positive et de la PEEP, et lors du sevrage de la ventilation mécanique), est plus fréquemment recherchée lorsque l'opérateur est réanimateur.

En outre, la concordance des conclusions de l'échocardiographie avec l'exploration hémodynamique invasive quand elle est réalisée est nettement

meilleure quand l'opérateur est réanimateur. Les contrôles échocardiographiques des interventions thérapeutiques, les anomalies découvertes à l'examen et la modification de l'attitude thérapeutique sont plus fréquents avec l'opérateur réanimateur.

Ainsi, la disponibilité d'un échographe et d'un opérateur formé à l'échocardiographie parmi l'équipe, facilite le recours à cet examen chez les patients les plus graves en réanimation, et permet d'ajuster les mesures thérapeutiques.

C. L'activité d'échographie pleuropulmonaire :

Les performances de l'échographie pleuropulmonaire sont variables selon le syndrome recherché, les meilleurs résultats dans notre étude étant obtenus pour les épanchements pleuraux, soit 19 échographies pleuropulmonaires effectuées dont les résultats étaient en faveur de 6 PNO et 13 épanchements liquidiens.

L'échographie évalue le volume, la nature de l'épanchement et le lieu où portera la ponction, avec une acuité supérieure à la radiographie [79]. Celle-ci manque un large taux d'épanchements, petits ou abondants [80]. L'identification d'un pneumothorax à l'échographie pulmonaire permet de déterminer la taille de celui-ci. Connaître l'ampleur d'un pneumothorax permet une évaluation plus complète, mais aussi un traitement plus ciblé des patients polytraumatisés, notamment quant à la décision d'installer un drain thoracique. Cette application pourrait être très utile dans le cadre d'un transfert inter-hospitalier ou de situation de catastrophe et de triage de masse [80]. La radiographie pulmonaire, bien qu'imparfaite, permet d'évaluer sommairement la taille d'un pneumothorax. La tomographie thoracique constitue l'étalon d'or à cet effet, mais nécessite du temps et la disponibilité d'un appareil de tomographie. Dans notre série 3 patients ont bénéficié d'un drainage du PNO juste sur les données de l'échographie dont les radiographies thoraciques étaient impossibles à réaliser. L'échographie pulmonaire

permet aussi le diagnostic d'un épanchement liquidien et l'appréciation de son aspect. Elle aide à anticiper les difficultés techniques liées à son évacuation. Elle facilite le suivi de son évolution après un éventuel drainage.

Cependant, L'échographie pulmonaire a démontré son utilité dans le diagnostic de plusieurs pathologies pulmonaires dans le cadre de soins critiques. Que ce soit pour identifier la présence d'un épanchement pleural ou l'étendue de celui-ci, pour différencier les multiples causes possibles de détresse respiratoire, ou pour confirmer la position d'un tube endotrachéal (TET) lors d'une intubation endotrachéale. Ceci était bien élucidé dans la partie théorique traitant l'échographie pleuropulmonaire (page 64).

Enfin, malgré ce faible échantillon dans notre série, nous avons pu démontrer la faisabilité de cette technique, et son apport dans le diagnostic et la PEC des épanchements pleuraux.

D. L'activité d'échoguidage pour la pose de CVC :

Dans notre étude, l'échoguidage a montré son efficacité pour la pose d'accès centraux puisqu'aucun échec n'a été rencontré.

Malheureusement nous n'avons pas pu préciser le caractère sûr de cette technique puisque, notre étude n'était pas exempte de complications (2,8%) mais à un taux moins que celui décrit en littérature (5%–29%) [208–210].

Il faut noter que pour cette étude de pratique, la technique échoguidée, était pratiquée chez la totalité de nos patients. Cependant nous n'avons pas pu faire une comparaison entre le groupe échoguidé et le groupe à l'aveugle, du fait de l'absence d'informations sur le nombre total des ponctions faites selon la méthode des repères anatomiques.

De nombreuses études menées dans les unités de réanimation et dans les services des urgences [48], ont montré la supériorité de la technique de ponction

échoguidée par rapport à la technique de ponction « en aveugle ». Elles concernent aussi bien la cathétérisation de la veine jugulaire interne [59, 62] que des veines fémorales [60, 61]. La ponction échoguidée paraît également plus sûre que la ponction après échorepérage que se soit en termes d'échecs ou de complications [46]. Quant à l'utilisation de l'échorepérage avant la ponction, elle semble augmenter le taux de succès par rapport à la ponction en aveugle [46]. Cependant, que ce soit pour la voie jugulaire, sous-clavière ou fémorale, le taux de succès des procédures réalisées à l'aide de l'échographie est supérieur aux repères anatomiques. La voie la plus documentée est la voie jugulaire. L'étude de Karakitsos et al. montre, sur 900 CVC jugulaires, un taux de succès de 100 % dans le groupe échoguidé contre 94 % en repères anatomiques [211]. Sur plus de 600 patients, Denys et al. démontrent également la supériorité de l'échoguidage (taux de succès de 100 %) sur les repères anatomiques (taux de succès de 88 %) [212]. Une méta-analyses confirme cette donnée avec une réduction du risque relatif d'échecs de 86 % [213].

Tableau 30: répartition des patients selon le taux de succès en fonction de la technique de pose

séries	Taux de succès		
	Echoguidage	Echorepérage	Aveugle
F.Lengellé [216]	100%	72,7%	73,7%
N. fritsch [215]	89%	--	--
Denys et al. [212]	100%	--	88%
Troianos et coll [214]	73%	--	54%
Karakitsos et al. [211]	100%	--	94%
Notre série	100%	--	--

De plus, cette technique, bien plus rapide que les deux autres (échorepérage, à l'aveugle), peut avoir un avantage évident dans de nombreuses situations d'urgence rencontrées en réanimation : collapsus veineux sur hypovolémie majeur ; troubles d'hémostase ; difficultés anatomiques. Dans notre série la durée moyenne était de 5 minutes.

Par ailleurs, les études montrent une diminution significative du nombre de ponctions, quand on utilise la technique échoguidée que ce soit en jugulaire (1,1 vs 2,6 ponctions) [211], ou sous-clavier (1,1 vs 1,9 ponction) [217]. Ce qui est bien démontré dans notre série dont le pourcentage de réussites dès la première ponction était de 85,7%.

Tableau 31: temps et nombre des tentatives de pose des CVC échoguidés

Séries	Temps de pose (minutes)			Nombre de tentatives		
	Echoguidage	Echorepérage	Aveugle	Echoguidage	Echorepérage	Aveugle
F.lengellé [216]	4±2	10±9	8±7	1,1±0,3	3±2	3±1
V.Nguyen[218]	5±2	--	--	--	--	--
Notre série	5	--	--	1,2±0,2	--	--

De surcroit, un plus grand nombre de ponctions dans notre étude ont été effectuées du côté droit. Sachant que Sullek et al. ont montré que les complications mécaniques étaient plus fréquentes lors des canulations à gauche [219], cela pourrait expliquer partiellement qu'il y ait eu moins d'échecs et de complications sous échoguidage.

D'autre part, à l'origine des difficultés de ponction de la veine, il existe bien souvent des variations anatomiques des structures vasculaires. Les études se sont portées sur la veine jugulaire. Classiquement, la veine jugulaire est décrite externe à la carotide, mais il s'avère que dans 54 % des cas, la veine recouvre au moins de 75 % l'artère carotide [214] et que dans 1 % des cas, elle est complètement interne à l'artère [220]. L'utilisation de l'échographie permet de diminuer le nombre de complications en agissant sur certains des facteurs de risque. En visualisant la position de la veine et de son artère, l'échographie détecte la présence d'une variation anatomique (comme le cas pour un patient de notre série), d'une

thrombose de la veine (4 cas dans notre série) et d'une veine virtuelle (< 5 mm de diamètre).

Une méta-analyse de Hind et al. montre que le risque de complications mécaniques est diminué de 57 % en voie jugulaire [213]. Les études pour la voie sous-clavière et fémorale montrent également une diminution des complications mécaniques, mais les données sont plus rares. Fragou et al. (400 procédures par voie sous-clavière) enregistrent 2 % de complications mécaniques par technique échoguidée contre 25 % par repères anatomiques [217]. En fémoral, l'étude de Hilty et al. rapporte 0 % de ponction artérielle en échoguidé contre 20 % en repères anatomiques [221]. Dans notre série le taux de complications mécaniques était de 2,8% dont 3 ponctions artérielles, 2 hématomes, et un cas de PNO.

Tableau 32: répartition des patients selon le taux de complication

Séries	Taux de complications	
	Echoguidage	Aveugle
Denys et coll [212]	2,9%	13,3%
Troianos et coll [214]	1,39%	8,43%
Notre série	2,8%	--

Concernant le risque infectieux, sans échographie, le taux de complications infectieuses lié à la présence d'un CVC est habituellement rapporté entre 5 et 26 % [222]. Rares sont les études à s'être intéressées à l'apport de l'échographie dans ce domaine. Cependant, l'étude de Karakitsos et al. rapporte un taux de septicémie lié à la présence du CVC plus faible dans le groupe échoguidé (10,4 contre 16 %), particulièrement grâce à la baisse significative de l'incidence des septicémies à *Staphylocoques epidermidis* [211]. Le gain de temps et le plus petit nombre de ponctions nécessaires sont probablement des facteurs par lesquels l'échographie peut améliorer le risque de colonisation des CVC [211].

Malheureusement, nous n'avons pas pu démontrer ce bénéfice par absence de mesures, et de données qui ne faisaient pas partie du protocole de l'étude (température et hémocultures périphériques pour définir les infections de cathéters).

E. L'activité d'échoguidage en ALR :

En ALR, les ultrasons (US) permettent de visualiser directement le nerf, l'aiguille et l'anesthésique local. Mais l'échographie permet aussi de visualiser les éléments nobles à proximité des nerfs [124]. Ceci est un avantage indéniable par rapport à la neurostimulation, où, en pratique on tente de confirmer que le nerf est bien à la place qu'il est censé occuper. Elle permet aussi d'augmenter le taux de réussite, le confort du patient, et la mise en place des cathéters permettant de prolonger les durées du bloc sensitivomoteur.

L'apport de l'échographie dans la réalisation des blocs tronculaires ou plexiques en traumatologie-orthopédie, n'est plus discutable. Par rapport à la technique classique par neurostimulation, les ponctions échoguidées permettent d'être le plus proche possible du nerf, d'affiner l'injection de l'anesthésique local, et d'éviter les complications iatrogènes (lésions nerveuses, ponction vasculaire) tout en majorant le taux de succès de la ponction.

Cette étude monocentrique ne s'intéressait qu'à deux types de pratique d'anesthésie locorégionale, le TAP bloc et le bloc du plexus cervical ; du fait de la nature de l'activité chirurgicale assurée au bloc opératoire qui fait partie du service d'anesthésie-réanimation A4. Ceci explique le faible échantillon dans notre série (11 procédures).

Le taux de réussite était de 100% chez nos patients qui ont bénéficié d'un TAP bloc échoguidé, sans aucune complication. Cette technique d'analgésie a démontré son efficacité dans les stratégies de prise en charge multimodale de la douleur post opératoire dans la chirurgie abdomino-pelvienne en association avec les autres

moyens d'analgésie. Sa supériorité par rapport aux techniques de référence d'analgésie postopératoire est aussi rapportée dans la littérature, dans le cadre des cholécystectomies ou appendicectomies sous laparoscopie, où il paraît fournir un relâchement musculaire de la paroi abdominale identique à un groupe curare [223].

La réalisation du TAP bloc sous échographie améliore la sécurité du geste, en augmentant le taux de succès et en diminuant les complications et les erreurs d'injection. Malheureusement l'efficacité de l'analgésie post opératoire n'a pas été évaluée dans notre étude.

Par ailleurs 5 blocs cervicaux ont été pratiqués dans le cadre d'une chirurgie carotidienne. L'échographie permet de délimiter les espaces anatomiques du cou et d'élaborer une technique de bloc cervical intermédiaire échoguidé sûre et facile à effectuer.

La réalisation d'un bloc du plexus cervical intermédiaire sous échographie, permet l'injection de l'anesthésique local (AL) dans l'espace cervical postérieur qui relie les deux espaces ; cervical superficiel et profond ; et dans lequel chemine la majorité des filets nerveux du plexus cervical.

Le bloc cervical profond selon la technique conventionnelle est plus difficile et présente un risque supplémentaire (effraction vasculaire ou sous-arachnoïdienne) lié à la proximité du canal rachidien et de l'artère vertébrale. Dans la littérature médicale, comparativement au bloc profond, le taux de complications graves d'un abord superficiel ou intermédiaire est deux fois moins important [154]. Notre série était marquée par la survenue d'une seule complication, qui a nécessité la conversion en AG. La satisfaction des patients et des chirurgiens était bonne dans plus de la majorité des cas.

D'autre part, le choix entre l'anesthésie générale et l'anesthésie locorégionale dans la chirurgie carotidienne est toujours un sujet de controverses. Chaque équipe adopte une technique anesthésique selon ses habitudes et les moyens de

monitorage neurologique disponibles. Pour plusieurs équipes les avantages du plexus cervical sont bien supérieurs à ceux de l'anesthésie générale : surveillance en temps réel de l'état neurologique ; éviction de pose systématique de shunt carotidien pourvoyeur de complications neurologiques iatrogènes non négligeables ; analgésie post opératoire de qualité. Cette technique nécessite une coopération parfaite du patient.

Depuis 2 ans et après concertation entre l'équipe d'anesthésie-réanimation A4 et l'équipe de chirurgie vasculaire, la technique anesthésique adoptée pour la chirurgie carotidienne était le bloc cervical intermédiaire sous échographie. L'anesthésie générale n'est proposée qu'en cas d'échec ou de complication de l'ALR, avec pose systématique d'un shunt carotidien en l'absence d'un outil de monitoring neurologique sûr disponible.

Nous avons pu démontrer la faisabilité de cette technique dans notre unité. Néanmoins, la sécurité de celle-ci était difficile à rapporter, qui nécessite plutôt des études comparatives des 2 techniques avec et sans échoguidage.

F. Au sujet des opérateurs :

Les médecins du service d'anesthésie-réanimation A4, ont accès à l'échographie sur leurs terrains de stage, et l'utilisent régulièrement, mais il existe une satisfaction limitée de la formation actuellement proposée.

L'activité de l'échographie est récente au service. La formation théorique et pratique en échographie a visé essentiellement au début les médecins séniors et les résidents en cursus de spécialité ce qui explique la différence de la durée moyenne de formation entre séniors, résidents et internes.

En effet, la performance et l'acquisition des compétences en matière de l'échocardiographie par nos anesthésistes et réanimateurs (séniors, et médecins en formation) sont loin d'être atteint puisque la majorité des participants (93%) ont une

pratique limitée de l'ETT (1 à 3 examens/mois) et 25,7% de nos médecins n'ont bénéficiés d'aucune formation en échocardiographie. La complexité de l'apprentissage de l'échocardiographie et le nombre faible des opérateurs entraînés à l'usage de l'ETT sont des facteurs qui participent à cet état de fait.

D'autre part, les objectifs visés par les réanimateurs lors d'un examen échocardiographique, différent de ceux des cardiologues. En milieu de soins intensifs, l'opérateur réanimateur cherche essentiellement à faire un bilan hémodynamique dans les situations de défaillance cardio-circulatoire et respiratoire, à diagnostiquer une dysfonction cardiaque systolique et/ou diastolique, à évaluer la pression artérielle pulmonaire, à rechercher un épanchement péricardique, et à évaluer le retentissement d'une valvulopathie aigüe.

Manasia et al. [224] ont montré qu'un enseignement spécialisé de dix sessions d'une heure permettait aux réanimateurs de réaliser des échocardiographies simples et utiles dans la grande majorité des cas. Les résultats d'une étude pilote de Vignon et al. [225] étaient en faveur de l'utilité d'une formation didactique de trois heures sur l'échocardiographie de base et sa pathologie courante, suivie de cinq heures de pratique, permettant aux internes n'ayant pas d'expérience échographique de répondre à des questions simples de réanimation. Plus récemment, la même équipe a eu de meilleurs résultats, en proposant une formation rapide de 12 heures à des internes sans connaissance échographique. Cette fois, la formation était plus variée, avec quatre heures d'enseignement didactique, deux heures de cas cliniques interactifs, et six heures de pratique encadrée [226]. Il serait donc intéressant de proposer une formation similaire à nos internes et résidents.

Enfin, la majorité des opérateurs pensent que l'ETT est un outil incontournable pour l'évaluation de l'état hémodynamique des patients en situation critique et aboutit à une modification de la PEC thérapeutique, ce qui rejoint les conclusions de la majorité des études qui ont été faites dans ce sens [29].

Dans notre série, la mise en place échoguidée de cathéters veineux centraux était la technique la mieux maîtrisée. La rapidité d'apprentissage de cette technique par les médecins en formation était un point fort de cette étude. Ceci est expliqué par leur forte volonté et enthousiasme à acquérir des compétences en échographie. Ce constat explique le taux de succès élevé de et le faible pourcentage des complications iatrogènes dans notre série. Ces résultats rejoignent ceux de la majorité des études qui se sont intéressées à l'analyse des courbes d'apprentissage des anesthésistes réanimateurs (diplômés ou en formation) à l'usage de l'échographie pour la ponction veineuse [199-200].

En effet, la courbe d'apprentissage de la pose échoguidée d'un abord veineux central jugulaire interne est rapide, laissant penser qu'elle nécessite seulement la réalisation de cinq à dix repérages échographiques et ponctions veineuses échoguidées sous la surveillance d'un tuteur [227]. Nos médecins étaient persuadés de l'efficacité de l'échoguidage pour la mise en place des CVC, et la diminution de taux de complications. Cependant, 10% des participants étaient angoissés par le risque de perte des compétences par rapport à la technique de repérage anatomique. Les recommandations admettent que les médecins doivent rester en mesure d'utiliser les repères anatomiques (urgence vitale et appareil d'échographie indisponible) [228]. Dans la plupart des études, le taux de succès dans un groupe inexpérimenté d'internes d'une ponction échoguidée est pratiquement équivalent à celui des médecins expérimentés. Ainsi, l'échoguidage gomme l'inexpérience et permet une ponction sûre quelle que soit l'expérience de la personne qui ponctionne. Par conséquent, il paraît légitime de proposer initialement un apprentissage échoguidé afin d'éviter les complications liées au manque d'expérience.

Par ailleurs, la pratique de l'échographie en anesthésie locorégionale nécessite néanmoins des prérequis dont un apprentissage qui passe nécessairement par un

enseignement structuré, ce qui explique bien le taux élevé des médecins non expérimentés dans notre série (89,7%). A noter que la majorité de nos participants ayant une expérience en ALR échoguidée, ont reçu une formation pratique non uniforme car dépendant principalement de leurs terrains de stage.

Il est intéressant d'évaluer les aptitudes espérées des médecins à la fin de leur cursus, nous avons ressenti un besoin important auprès de nos médecins en formation d'améliorer leurs compétences en échographie que ce soit pour l'échocardiographie (74% des opérateurs souhaitent maîtriser l'échocardiographie), l'ALR échoguidée (66%), la pose de CVC échoguidée (65%), et le Doppler transcrânien (63%).

Par ailleurs, il est surprenant de noter que plus de la moitié des médecins n'ont jamais bénéficié d'ateliers pratiques, de séminaires ou de séances de simulation à l'échographie, et que leurs compétences ont été acquises par les médecins référents du service. Cette étude montre clairement la préférence des participants pour une formation pratique plutôt que théorique.

Tout d'abord, la pratique par la simulation est à intensifier. La simulation échographique est possible actuellement, que ce soit par le biais de fantômes (ponctions vasculaires, ALR échoguidée), ou par un matériel perfectionné – et plus coûteux – d'affichage d'images bidimensionnelles en fonction de la position dans l'espace de la sonde échographique sur un mannequin (échocardiographie de simulation) [229]. Enfin, l'examen échographique guidé par un tuteur confirmé, au lit du patient, est un moyen d'apprentissage facile et concret, que les médecins apprécient particulièrement.

G. Recommandations et perspectives d'avenir :

Les recommandations actuelles plaident en faveur de l'utilisation de l'échographie dans les services de réanimation et les blocs opératoires.

Cette étude nous a permis de dégager un certain nombre de constats et tendances qui, nous espérons, seront utiles aux coordonnateurs en vue d'une mise en adéquation de l'enseignement avec la pratique de l'échographie sur le terrain. La participation large des praticiens contactés, leurs suggestions et réactions nous ont encouragés tout au long de cette étude et prouvent encore une fois l'intérêt et l'enthousiasme des médecins pour la technique échographique. La question actuellement n'est pas de savoir s'il est légitime que le réanimateur utilise l'échographie dans sa pratique quotidienne, mais de définir pour les anesthésistes-réanimateurs les modalités d'une formation à cette technique, afin d'assurer des examens de qualité en fonction d'objectifs préétablis.

Toutefois, un effort considérable doit être réalisé, il doit s'articuler autour de 2 axes :

- Proposer des cours (théoriques et pratiques) d'échographie générale adoptée à la réanimation et l'urgence à l'intention des médecins réanimateurs-anesthésistes, cette formation peut être utilisée selon deux modalités :
 - formation postuniversitaire de médecins pratiquants déjà dans un service de réanimation doté d'appareil(s) d'échographie ;
 - formation per-spécialisation, intégrée dans le cursus ou proposée en complément aux étudiants de spécialité dans les services de réanimation dotés d'appareil(s) d'échographie et l'utilisent couramment.
- L'acquisition du matériel dédié à cette utilisation au niveau des services de réanimation, en faisant comprendre aux organismes payeurs l'indispensabilité de l'échographie en réanimation. Ainsi, l'investissement

nécessaire doit être alors mis en balance avec le bénéfice engagé qui lui, est largement dépendant du niveau d'activité du service dans le domaine de pratique de l'échographie.

Dans le cadre du développement de l'activité de l'échographie dans les services d'anesthésie-réanimation du CHU Hassan II Fès, une stratégie a été adoptée et qui comporte :

- équipement des services d'anesthésie-réanimation par des appareils d'échographie ; deux nouveaux échographes sont actuellement mis à la disposition des anesthésistes réanimateurs, un, au niveau du service de réanimation A1 et le deuxième au niveau du bloc opératoire A3 ;
- un projet de diplôme d'université dédié à l'apprentissage de l'échographie par les anesthésistes réanimateurs est prévu pour l'année universitaire 2014/2015 ;
- la réalisation de séminaires de formation, des ateliers pratiques, et des séances de simulation pour les internes et résidents d'anesthésie-réanimation.

CONCLUSION

Aujourd'hui, la considération à apporter à l'échographie pour la prise en charge des patients en état critique doit changer, car, plus qu'un simple outil d'imagerie, elle est devenue un moyen de monitoring qui permet l'évaluation en temps réel de l'impact des décisions thérapeutiques, et un moyen de sécurisation des procédures couramment effectuées en aveugle dans l'unité en permettant la visualisation directe des structures anatomiques.

Chez les patients instables, la nécessité d'obtenir des réponses cliniques rapides et répétées rend difficile voire impossible l'intervention systématique d'un radiologue ou d'un cardiologue, d'où la nécessité d'une formation adéquate des anesthésistes réanimateurs aux techniques ultrasoniques facilitant ainsi le recours à cet examen chez les patients les plus graves. Il s'agit aujourd'hui de l'intégrer au mieux et au plus vite dans la pratique quotidienne des services d'anesthésie-réanimation vu l'intérêt prouvé de cet outil dans la prise en charge diagnostique et thérapeutique des patients de réanimation et au bloc opératoire.

Malgré les limites et insuffisances de notre étude, nous avons pu dégager un certain nombre de conclusions intéressantes :

- La volonté du département d'anesthésie réanimation à améliorer le niveau de compétences des résidents d'anesthésie-réanimation en formation à travers l'intégration de l'échographie dans leurs programme de formation théorique et pratique.

- La Forte demande de la part des médecins en formation en anesthésie réanimation, à apprendre et à développer leurs compétences à l'usage de l'échographie.

- La nécessité d'améliorer les compétences théoriques et pratiques des opérateurs anesthésistes réanimateurs qui pratiquent l'échographie, à travers l'élaboration d'un programme de formation continue : séminaires, workshops, séances d'apprentissage par simulation...

RESUMES

RESUME

Introduction : la pratique de l'échographie en réanimation se développe actuellement pour de multiples indications. Le but principal de cette étude était de rapporter l'expérience de l'équipe d'anesthésie- réanimation A4 quant à l'usage de l'échographie en milieu de réanimation et au bloc opératoire.

Matériels et méthodes : il s'agit d'une étude prospective descriptive et analytique s'étalant sur 2 ans, du mai 2012 au mai 2014 et incluant tous les patients ayant bénéficié d'un examen échographique (ETT, pose de CVC échoguidé, échographie pleuropulmonaire, et ALR échoguidée) réalisé par l'équipe du service d'anesthésie-réanimation A4 du CHU Hassan II de Fès.

Résultats : durant la période d'étude, pour 253 patients, 270 examens échographiques ont été réalisés dont :

212 CVC échoguidés (78,5%) : la principale indication était la pose échoguidée de cathéter à chambre implantable (67%), le taux de succès était de 100% avec la survenue de 6 complications mécaniques (2,8%) ;

28 ETT (10,5%) pour 22 patients : les principales indications étaient 7 instabilités hémodynamiques (32%), 5 détresses respiratoires (23%), et 4 décompensations de cardiopathie (18%). 26 examens (93%) présentaient des anomalies : hypovolémies (36%), dysfonctions cardiaques droites (21,4%), dysfonctions systoliques du VG (7%), dysfonctions diastoliques du VG (7%), valvulopathies mitrales (7%), thrombus de l'OD (3,6%). 19 patients ont bénéficié d'une modification de la prise en charge thérapeutique après ETT (86,4% des patients ayant bénéficié d'un ETT) ;

19 échographies pleuropulmonaires (7% des examens) : les indications étaient syndrome d'épanchement liquidien (37%), traumatisme thoracique (26%), détresse

respiratoire (16%). Les diagnostics retenus étaient 6 cas de PNO, et 13 cas d'épanchement pleural liquidien ;

11 ALR échoguidées (7% des examens) : 6 TAP bloc ayant comme indication chirurgicale, l'analgésie postopératoire pour chirurgie abdomino-pelvienne avec 100% de succès, et 5 blocs du plexus cervical intermédiaire pour chirurgie carotidienne, avec la survenue d'un seul échec suite à une complication neurologique.

39 médecins ayant participé à cette étude dont 51,3% des résidents, 41% des internes, et 7,7% des séniors. Un seul enseignant avait une formation diplômante à l'usage de l'échographie et était chargé de l'apprentissage des séniors ainsi que les internes et résidents en cursus de spécialité.

Conclusion : cette étude de pratique confirme que l'échographie est devenue l'« extension » de la main du réanimateur dans la prise en charge des patients instables. Nous avons démontré la faisabilité et l'efficacité de cette technique dans notre service que ce soit dans la mise en place des CVC échoguidés, l'évaluation et la prise en charge hémodynamique et respiratoire des patients de réanimation, ou la pratique des ALR échoguidées . Toutefois, la demande en formation des techniques ultrasoniques est forte et nécessite une intensification des programmes de formation.

ABSTRACT

Introduction: the use of ultrasound in the ICU is currently developing as a result of its employment in many indications. The main purpose of this study was to report the experience of the anesthesia intensive care unit –team A4 on the use of ultrasound in resuscitation and operating room.

Material and Methods: it is a descriptive and analytical prospective study spanning 2 years, from May 2012 to May 2014 and included all patients who underwent ultrasound examination (transthoracic echocardiography, poses ultrasound guided CVC, lung ultrasound, and Ultrasound–guided regional anesthesia) which was fulfilled by the team A4 in the department of anesthesia and resuscitation CHU Hassan II of Fez.

Results: during the study period, 253 patients underwent 270 examinations which:

212 Ultrasound–guided (USG) insertion of CVCs (78.5%) : the main indication was the laying ultrasound–guided catheter implantable chamber (67%), the success rate was 100% with the onset of 6 mechanical complications (2.8%);

28 echocardiography (10.5%) for 22 patients: the main indications were hemodynamic instability 7 (32%), respiratory distress 5 (23%), and 4 decompensation of heart disease (18%). 26 examinations (93%) had abnormalities: hypovolaemia (36%), right heart dysfunction (21.4%), systolic LV dysfunction (7%), diastolic dysfunction of the LV (7%), mitral valve disease (7%) , *thrombus* in the *right* atrium (3.6%). 19 patients underwent a change in therapeutic management after transthoracic echocardiography (86.4% of patients who had echocardiography);

19 lung ultrasound (7% of exams): indications were pleural effusion syndrome (37%), thoracic trauma (26%), respiratory distress (16%). Diagnoses were identified 6 cases of pneumothorax, and 13 cases of pleural fluid effusion;

11 Ultrasound-guided regional anesthesia (7% of exams): 6 TAP block having as a surgical indication the postoperative analgesia abdominopelvic surgery with 100% success, and 5 blocks of the intermediate cervical plexus with the occurrence of one failure after neurological complication.

39 physicians participated to this study. 51.3% of residents, 41% of internalists doctors and 7.7% of seniors. Only one professor has diploma training in the use of ultrasound and was responsible for the learning of the senior beside of residents in their current specialty.

Conclusion: This study confirms that ultrasound practice has become the "extension" of the intensivist in the management of unstable patients. We have demonstrated the feasibility and effectiveness of this technique in our service whatsoever in the implementation of Ultrasound-guided (USG) insertion of CVCs, hemodynamic and respiratory management of critically ill patients, or the practice of Ultrasound-guided regional anesthesia. However, the training in ultrasonic requires intensified education programs, and must be put into consideration.

ملخص

مقدمة: يعرف حاليا استخدام الموجات فوق الصوتية في وحدة العناية المركزة تطورا في مختلف مجالات استعمالها . لقد كان الغرض الرئيسي من هذه الدراسة ، تقديم تجربة فريق التخدير و الإنعاش A4 في استخدام الموجات فوق الصوتية في وحدة العناية المركزة و غرفة العمليات .

الأدوات و الطرق: لقد قمنا بدراسة استطلاعية وصفية وتحليلية على امتداد سنتين من ماي 2012 إلى غاية ماي 2014 . و شملت جميع المرضى الذين خضعوا لفحص بالموجات فوق الصوتية (تخطيط صدى القلب عبر الصدر ، الموجات فوق الصوتية الموجهة للقسطرة الوريدية المركزية ، تخطيط الصدى للرئة ، و الموجات فوق الصوتية الموجهة للتخدير الناحي) التي قام بتأديتها فريق التخدير و الإنعاش A4 بالمركز الاستشفائي الجامعي الحسن الثاني بفاس .

النتائج: خلال مدة الدراسة تم إجراء 270 فحص بالموجات فوق الصوتية ل 253 مريض ، وقد شملت هذه الفحوصات:

– 212 فحصا بالموجات فوق الصوتية الموجهة للقسطرة الوريدية المركزية (78.5%) ، حيث شكل الفحص بالموجات فوق الصوتية لزرع جهاز القسطرة الوريدية للعلاج الكيميائي 67% من الفحوصات المنجزة . وكانت نسبة النجاح 100% مع حدوث 6 مضاعفات ميكانيكية (أي 2.8%) .

– 28 تخطيط صدى القلب عبر الصدر (10.5% من الفحوصات) : وكانت الدواعي الرئيسية لهذه الفحوصات : 7 حالات عدم استقرار الدورة الدموية (32%) ، 5 حالات ضيق التنفس (23%) ، 4 حالات انهيار المعاوضة القلبية 18% . وقد كان 26 فحص (93%) غير طبيعيا حيث تم تشخيص : نسبة 36% نقص في حجم الدم ، 21.4% يعانون من قصور القلب الأيمن ، 7% يعانون من اختلال انقباضي للبطين الأيسر ، 7% يعانون من اختلال انبساطي للبطين الأيسر ، 7% انسداد الصمام التاجي ، و 3.6% خثر الأذنين الأيمن. و قد خضع 19 مريضا إلى تعديل العلاج بعد خضوعهم لتخطيط صدى القلب عبر الصدر.

– 19 تخطيط صدى الرئة (7% من الفحوصات) ، حيث كانت دواعي هذه الفحوصات كالتالي : الارتشاح البلوري (63%) ، ضيق في التنفس 37% . وقد تم تشخيص 6 حالات الاسترواح الصدري و 13 حالة ارتشاح بلوري .

– 11 فحص بالموجات فوق الصوتية موجهة للتخدير الناحي (7%) حيث تم انجاز 6 طائرة البطنية المستعرضة موجهة بالموجات فوق الصوتية للسيطرة على الألم بعد جراحة البطن . وكانت نسبة النجاح 100% . وتم أيضا انجاز 5 كتل الضفيرة العضدية باستخدام أسلوب الموجهة بالأمواج حيث كانت نسبة النجاح 91% مع حدوث فشل واحد بعد مضاعفة عصبية .

ولقد شارك 39 طبيب في هذه الدراسة حيث كان 51.3% من المشاركين أطباء مقيمين ، 41% أطباء داخليين ، 7.7% أساتذة في التخدير و الإنعاش ، حيث كان واحد منهم حاصلا على دبلوم في استخدام الموجات فوق الصوتية وكان مسؤولا عن تدريب و تعليم باقي الأطباء .

خاتمة: تؤكد هذه الدراسة أن ممارسة الموجات فوق الصوتية أصبح وسيلة فعالة في إدارة المرضى بمراكز التخدير و الإنعاش . حيث أثبتنا فعالية هذه التقنية في القسطرة الوريدية المركزية ، تقييم الدورة الدموية و الجهاز التنفسي لإدارة المرضى في حالات حرجة ، و كذلك إسهامها في التخدير الناحي . وقد لا حظنا طلبا متزايدا من طرف الأطباء على تعلم تقنيات الموجات فوق الصوتية حيث يجب تكثيف برامج التدريب في هذا المجال.

ANNEXES

ANNEXE 1 :

Tableau 33: Contre-indications de l'échocardiographie transoesophagienne

Contre-indications absolues	Contre-indications relatives ou temporaires
<ul style="list-style-type: none">- Irradiation médiastinale- Fracture cervicale instable non appareillée- Tumeur ou lésions œsophagienne- Tumeur ORL- Chirurgie récente ORL ou œsophagienne- Dysphagie non explorée	<ul style="list-style-type: none">- Estomac plein- Patient agité ou non coopérant- Varices œsophagiennes venant de saigner- Détresse respiratoire aigue chez un patient en ventilation spontanée- Instabilité hémodynamique*
<p>*dans certaines situations, les à-coups hypertensifs secondaires à l'introduction de la sonde dans l'œsophage sont plus préjudiciables qu'une hypotension artérielle (syndrome aortique aigu)</p>	

ANNEXE 2 :

I. Blocs échoguidés du membre supérieur :

a. Bloc supraclaviculaire : [116-117]



Figure 47 : La sonde d'échographie est mise en place juste au-dessus de la clavicule. L'angulation de la sonde doit se faire postérieurement et inférieurement pour localiser dans un premier temps l'artère subclavière, qui est le principal repère pour ce bloc. Les nerfs seront trouvés latéralement et superficiellement par rapport à l'artère subclavière et sont en général facilement visibles.



Figure 48 : approche dans le plan

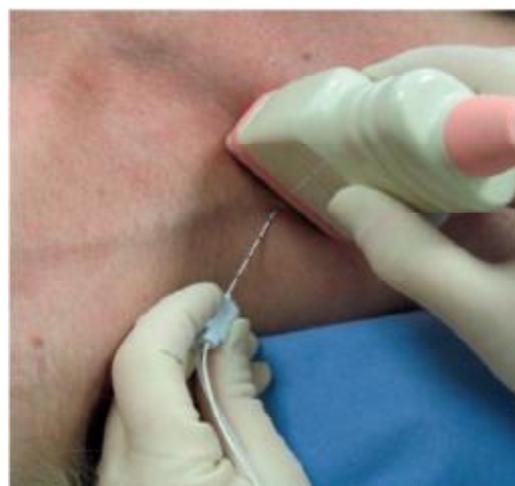


Figure 49: approche en dehors du plan

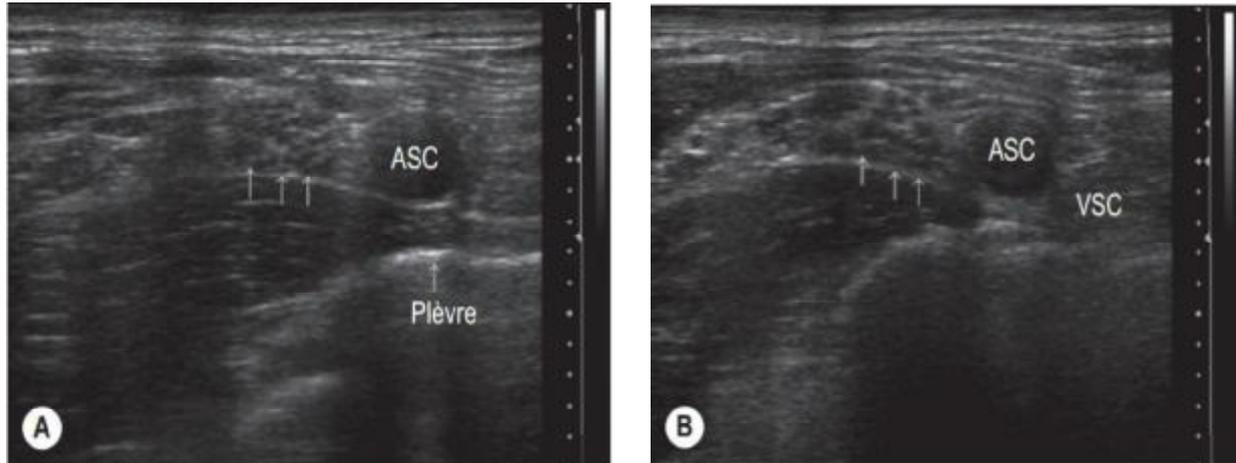


Figure 50 : A-C. L'artère subclavière (ASC) longe latéralement à la veine subclavière (VSC) et est proche de la plèvre. Les nerfs du plexus brachial sont latéraux par rapport à l'artère et facilement accessible pour les bloquer à l'aide d'un guidage échographique en temps réel. Si les nerfs ne sont pas facilement visibles, l'artère peut être utilisée comme un repère pour positionner l'aiguille.

b. Bloc interscalénique : ^[133]



Figure 51: le balayage pour le bloc interscalénique peut être débuté sur la ligne médiane et la sonde bougée latéralement pour identifier le sillon interscalénique et le plexus brachial, ou débuté dans la fosse supraclaviculaire et la sonde bougée supérieurement tout en traçant le plexus brachial. La sonde peut être angulée et alignée afin de visualiser les nerfs de manière plus optimale.

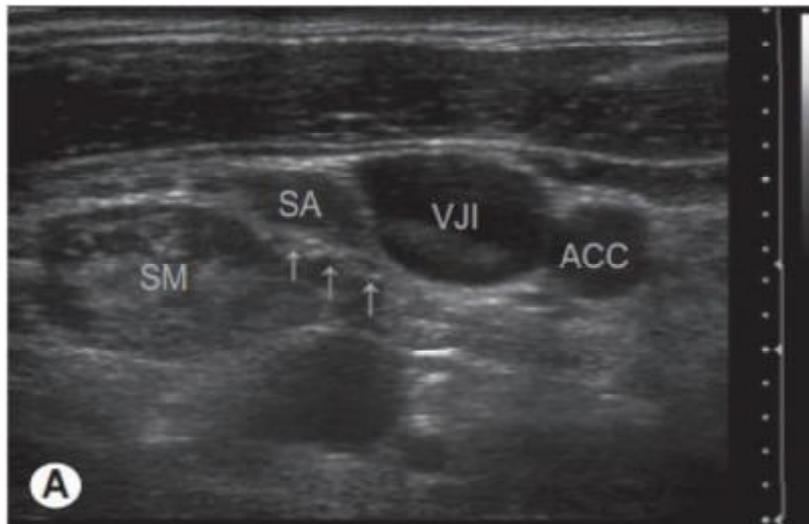


Figure 52: le sillon interscalénique est localisé entre le scalène moyen (SM) et le scalène antérieur (SA), qui sont juste latéraux à la veine jugulaire interne (VJI) et l'artère carotide commune (ACC). (A)

Les racines nerveuses hypoéchogènes sont indiquées par les flèches.

c. **bloc infraclaviculaire** : [135]



Figure 53 : Positionner la sonde dans le plan longitudinal immédiatement médiale par rapport au processus coracoïde. Le premier repère est l'artère axillaire.

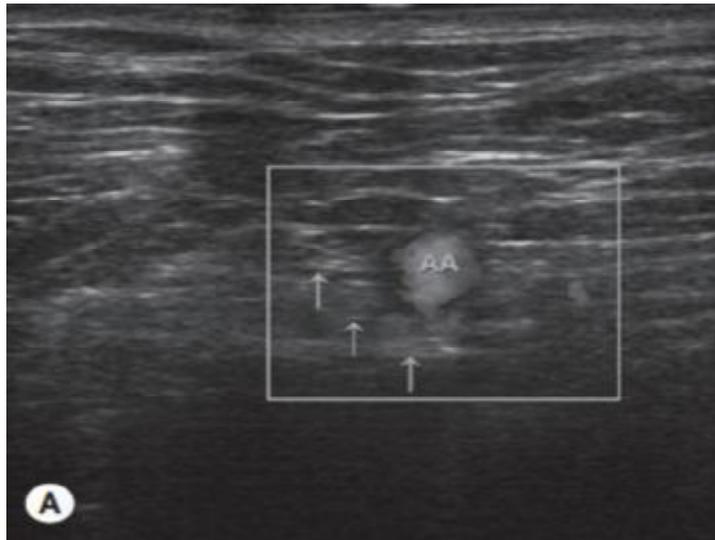


Figure 54 : L'artère axillaire (AA) est facilement visible et peut être distinguée de la veine en utilisant le Doppler couleur (si nécessaire). Les nerfs peuvent habituellement être vus entourant l'artère, et l'anesthésique local devra être injecté postérieurement et supérieurement par rapport à l'artère pour accomplir ce bloc.

d. Bloc axillaire : [137]



Figure 55: la sonde doit être positionnée le plus proximale possible dans le creux axillaire dans le plan longitudinal. Le repère majeur est l'artère axillaire, autour de laquelle sont disposés les nerfs.

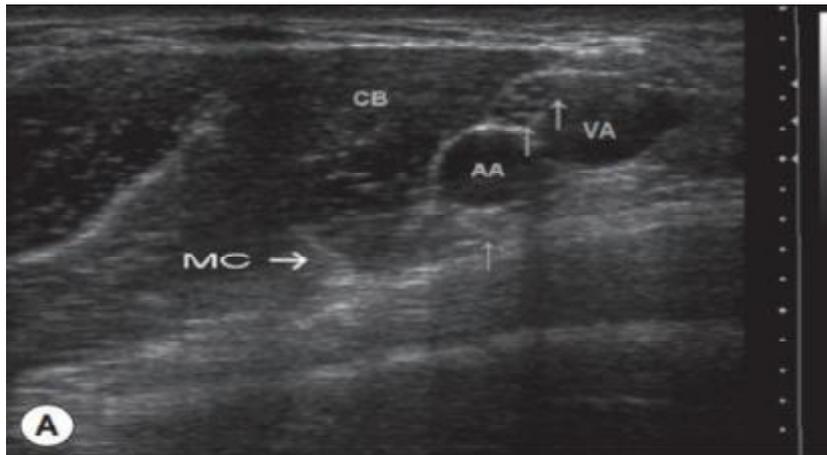


Figure 56: Les nerfs radial, ulnaire et médian sont localisés autour de l'artère et doivent être bloquée individuellement. Le nerf musculocutané (MC) occupe une position variable au sein du muscle coracobrachial (CB) et peut être à prédominance hyperéchogène.

ANNEXE 3 :

Blocs échoguidés du membre inférieur :

a. bloc fémoral: ^[138]



Figure 57: la sonde haute fréquence est placée transversalement sur la face antérieure de la partie proximale de la cuisse, soit au niveau du ligament, soit au niveau du pli inguinal. Le repère initial est le pouls fémoral.

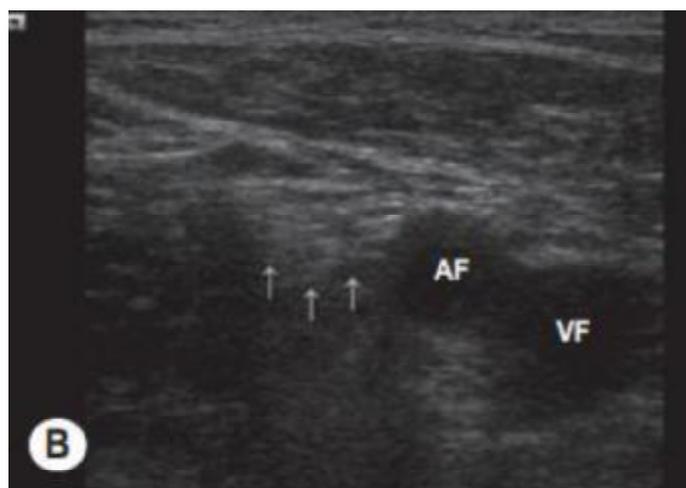


Figure 58: La veine fémorale (VF) se trouve à proximité de la ligne médiane, l'artère fémorale (AF) latérale à la veine, et le nerf fémoral plus latéral (flèches et tête de flèche).

b. bloc du nerf sciatique: [139]

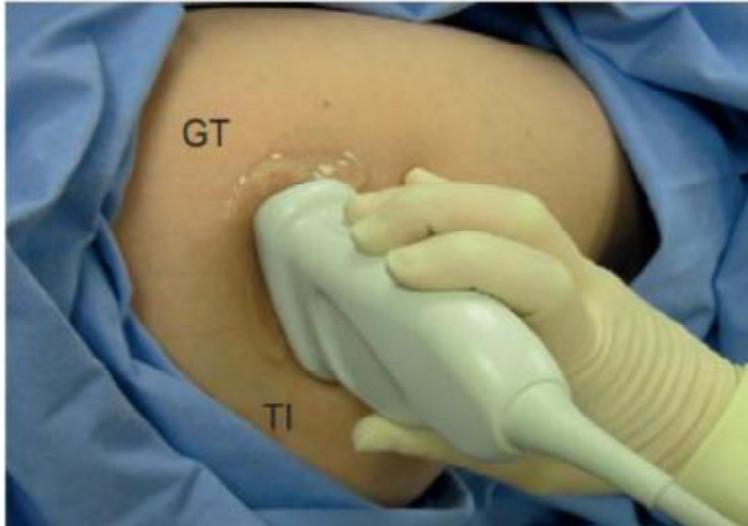


Figure 59: La sonde est positionnée transversalement entre le grand trochanter (GT) et la tubérosité ischiatique (TI) dans l'approche postérieure du nerf sciatique.

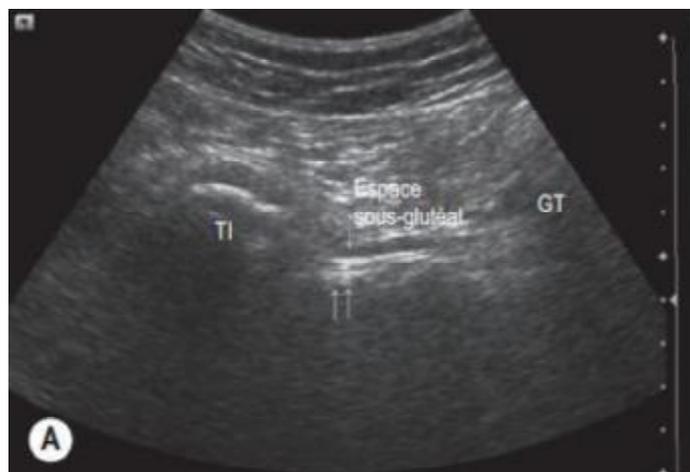


Figure 60: Le nerf sciatique peut être vu comme une grosse structure ovale hyperéchogène au niveau de la partie médiale de l'espace sous-glutéal. L'espace sous-glutéal est une zone anéchogène située entre deux rails hyperéchogènes représentés par les plans fasciaux allant de la tubérosité ischiatique (TI) au grand trochanter (GT). Les flèches et têtes de flèches indiquent le nerf [159].

ANNEXE 4 :



Figure 61: Appareil d'échographie vivid 7 dimension® disponible au service
d'anesthésie-réanimation A4

Tableau 1 :

ETT Paramètres	1ère ETT	2ème ETT	3ème ETT
	Le.../... /..... Durée : Dr	Le.../... /..... Durée : Dr	Le.../... /..... Durée : Dr
FE			
FR			
Contractilité GVG			
Dilatation	CD <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> OG VG <input type="checkbox"/>	CD <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> OG VG <input type="checkbox"/>	CD <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> OG VG <input type="checkbox"/>
Valvuloplasties	<input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> Ao <input type="checkbox"/> T	<input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> Ao <input type="checkbox"/> T	<input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> Ao <input type="checkbox"/> T
Pr de rempli Dopp TM: E/A TDE Dopp TTM : E'/A'			
ITV Ao			
PAP			
IC			
ΔØ VCI			
Epanchement péricardique Intolérance HD	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> non
Thrombus	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
PVC ΔPP			
Conclusion			

Tableau 2 :

ETT	Modification de la PEC thérapeutique							Autres traitements
	non	oui						
		Traitement administré						
		inotropes	vasopresseurs	RV	diurétiques	drainage	Limitation RV	
1ère								
2ème								
3ème								

3. **Echographie vasculaire :**

Indication : MEP des cathéters veineux centraux Chambre implantable
 Cathéter de dialyse standard tunnélisé
 Alimentation parentérale

Site : Veine jugulaire interne Veine sous Clavière Veine fémorale

Coté : droit gauche

Technique : dans le plan hors du plan Operateur :

Malade intubé ventilé : oui non

Malade à haut risque : Coagulopathie Difficultés anatomiques Autres

Nombre de tentative(s) : Durée de la procédure :

Anomalies découvertes au cours de l'examen :

Thrombose veineuse Atypies anatomiques: autres :

Résultats : Echec Succès

Complications : Oui Non

Ponction artérielle Hématome Hémothorax Pneumothorax

Lésions du plexus brachial Arythmie Malposition

4. **Anesthésie locorégionale échoguidée**

Indication : Blocs des membres : MI MS Type :
 Bloc du tronc : TAP Paravertébral Bloc Ilio -I / Ilio-H
 Bloc cervical : Bloc superficiel seul bloc cervical intermédiaire

Coté : droit gauche

Indication opératoire : Operateur : Durée :

Type d'abord : dans le plan hors du plan Nombre de tentatives :
résultats : succès échec

Confort du patient : médiocre moyen bon

Confort chirurgical : médiocre moyen bon

Ajout d'anesthésique local pour complément : Oui non

Incident hémodynamique après bloc cervical : Oui non lequel : Gestion :

Incident respiratoire après bloc cervical : Oui non lequel : Gestion :

Conversion en anesthésie générale : Oui non si oui, pour quelle raison ?

Pose de shunt (chirurgie carotidienne) : Oui non

Durée de clampage carotidien (chirurgie carotidienne) :

Complications postopératoire: neurologique
 Respiratoire :

hémodynamique :
 Hématome :

ANNEXE 6 :

Questionnaire :

1. Sexe :
2. Depuis quand pratiquez vous la réanimation :
3. Votre statut au sein du service : Spécialiste/enseignant résident(e) interne
4. croyez-vous que l'échographie d'apprentissage est une partie nécessaire de la formation d'un anesthésiste ou d'un réanimateur : oui non
5. avez-vous déjà participé à des séminaires en échographie : oui non
6. Que pensez-vous de l'utilité de ces différents types d'enseignement de l'échographie ?

Cours magistraux	<input type="checkbox"/>	Indispensable	<input type="checkbox"/>	Utile	<input type="checkbox"/>	Inutile
Ateliers pratiques	<input type="checkbox"/>	Indispensable	<input type="checkbox"/>	Utile	<input type="checkbox"/>	Inutile
Séminaires d'échographie	<input type="checkbox"/>	Indispensable	<input type="checkbox"/>	Utile	<input type="checkbox"/>	Inutile
Séances de simulation	<input type="checkbox"/>	Indispensable	<input type="checkbox"/>	Utile	<input type="checkbox"/>	Inutile
6. concernant l'échographie vasculaire:
 - a. Avez-vous l'habitude d'insérer un cathéter central sous échographie : Oui non
 - b. Avez-vous eu une formation en échographie vasculaire : oui non

Si oui (précisez s'il vous plaît le type de formation)

Formation diplômante (DIU, DU...)

Formation courte (séminaires, conférences ...)

Formation par un médecin référent au sein du service de réanimation

Si oui veuillez cocher la/les case(s) appropriée(s) : Théorique : Pratique :

Autres :.....

 - a. utilisez-vous l'échographie :
 - Systématiquement pour tous les cas nécessitant la MEP d'un cathéter central
 - Pour les cas prévus comme difficiles
 - Après échec d'une insertion à l'aveugle
 - b. comment utilisez-vous l'échographie pour l'insertion d'une ligne centrale :
 - Pour évaluer l'anatomie et marquer le site avant une insertion à l'aveugle
 - Pour guidage continu en temps réel
 - c. avez-vous ressenti un inconfort pendant la procédure : oui non

si oui précisez pourquoi :

d. comment était votre perception de la durée globale de la procédure

Courte longue très longue

e. pour vous quel site de ponction est le plus accessible pour le repérage échographique dans le territoire cave supérieur : Jugulaire interne Sous Clavière

f. quel type de ponction préférez-vous ?

Dans le plan hors du plan les deux

g. pensez-vous que la ponction vasculaire écho-guidée a diminué le risque de complications par rapport à la méthode des repères anatomiques : oui non

h. pensez-vous que la ponction vasculaire écho-guidée augmente le risque de colonisation des cathéters : oui non

i. pensez-vous que l'utilisation régulière d'un appareil d'échographie peut conduire à une perte de compétences par rapport à la méthode de repérage anatomique : Oui non

7. concernant l'échocardiographie

a. avez-vous eu une formation en échocardiographie : oui non

Si oui précisez le type de formation :

- Formation diplômante (DIU, DU.....)
- Formation courte (séminaires, conférences....)
- Formation par un médecin référent au sein du service

Si oui veuillez cocher la/ les case(s) appropriée(s) Théorique : pratique :

Autres :

b. combien d'échocardiographie effectuez-vous par semaine

1-3 5-10 >10

c. pensez-vous qu'il est nécessaire de développer de nouveaux programmes de formation continue en échocardiographie : oui non

d. en ce qui concerne l'évaluation hémodynamique, croyez-vous que l'échocardiographie est un outil indispensable dans la prise en charge des patients instables : oui non

e. croyez-vous que l'échocardiographie modifie les soins que vous donnez aux patients :
oui non

f. quels sont les paramètres évalués systématiquement lors d'un examen échocardiographique (plusieurs choix sont possibles)

- Fonction systolique fonction diastolique Cavités cardiaques état des valves
- précharge-dépendance (ΔITV_{ao} , $\emptyset VCI / VCS$, taille du VD)* Péricarde

*ITVao : intégrale des vitesses du flux aortique en fonction du temps * ØVCI : diamètre veine cave inférieure / VCS : veine cave supérieure *VD : ventricule droit

8. concernant l'échographie pleuropulmonaire :

a. pensez-vous qu'elle a un intérêt en réanimation ? oui non

b. pensez-vous que l'échographie pleuro-pulmonaire peut remplacer la radiographie pulmonaire en réanimation : oui non

c. A votre avis qu'elles sont les anomalies qui peuvent être visualisées par l'échographie pleuro-pulmonaire chez les patients en état critique ?

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Pneumothorax | <input type="checkbox"/> épanchements liquidiens |
| <input type="checkbox"/> Œdème aigu du poumon | <input type="checkbox"/> embolie pulmonaire |
| <input type="checkbox"/> Pneumopathie | <input type="checkbox"/> atélectasie |

9. concernant l'échoguidage en anesthésie locorégionale :

a. avez-vous une expérience à l'échoguidage en anesthésie locorégionale : Oui non

b. quel type de bloc pratiquez-vous ?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Bloc interscalénique | <input type="checkbox"/> Bloc axillaire |
| <input type="checkbox"/> Bloc infraclaviculaire | <input type="checkbox"/> Bloc supraclaviculaire |
| <input type="checkbox"/> Bloc fémoral ou bloc sciatique | |

c. qu'elle est la ou les techniques de repérage utilisées ?

- Neurostimulation seule
- Échographie seule
- Échographie associée à la neurostimulation

10. en fin de votre spécialité, quelles aptitudes échographiques espérez-vous avoir ?

- Écho guidage en anesthésie locorégionale
- Échocardiographie
- Écho guidage pour MEP de cathéters centraux
- Échographie pleuro-pulmonaire
- FAST écho
- Doppler transcranien
- Généralités, bases physiques de l'échographie

BIBLIOGRAPHIE

1. V. Bertrand, P. Kouam. Les innovations technologiques en ultrasons au service du patient en état critique. IRBM News 2011; 32-1 © Elsevier Masson SAS
2. Laugier P. Les nouvelles applications de l'imagerie médicale ultrasonore. Site du CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique). Disponible sur : www.cnrs.fr
3. Legmann P., Bonnin-Fayet P., Convard J.-P., et al. Echographie. Elsevier Masson 2009 ; 1-2
4. Woo J. A short history of the developments of ultrasound in obstetrics and gynecology. Disponible sur <http://www.ob-ultra-sound.net/history.html>.
5. F. Becker. Petite histoire des ultrasons en pathologie vasculaire, les premiers pas, l'hémodynamique, l'imagerie, l'impératif de la stratégie. Journal des maladies vasculaires 2010 ; 43 :01.
6. O. Berges, K. Siahmed. Échographie de l'œil et de l'orbite. EMC – Ophtalmologie 2005 ; 2: 1-34.
7. Conor Hearty, Dominic Harmon. Histoire des ultrasons en anesthésie. Diagnostic Périopératoire et échographie Interventionnelle 2010 ; 3-5.
8. Edler I, Lindström K. The history of echocardiography. Ultrasound Med Biol 2004 ; 30 : 1565-644.
9. P. Bizouarn, Y. Blanloeil. L'échographie générale en réanimation, deuxième édition révisée et augmentée Préface du professeur François Jardin, D. Lichtenstein (Ed.). Springer-Verlag, France (2002). Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation 2005 ; 24 : 844.
10. Oka Y : The evolution of intraoperative transesophageal echocardiography. Mt Sinai J Med 2002 ; 69 : 18-20.
11. Matsumoto M, Oka Y, Lin YT, et al. Transesophageal echocardiography for assessing ventricular performance. N Y State J Med 1979 ; 79 :19-21.
12. Hopkins PM. Ultrasound guidance as a gold standard in regional anaesthesia. Br J Anaesth 2007 ; 98 : 299-301

13. Brian O'brien, Michael Griffin. Ce qu'il faut savoir de la physique des ultrasons. Diagnostic périopératoire et échographie interventionnelle. 2010 ; 91–97.
14. Vieillard–Baron A, Chergui K, Augarde R, et al. Cyclic changes in arterial pulse during respiratory support revisited by Doppler echocardiography. *Am J Respir Crit Care Med* 2003; 168: 671–6.
15. Feissel M, Michard F, Mangin I, et al. Respiratory changes in aortic blood velocity as an indicator of fluid responsiveness in ventilated patients with septic shock. *Chest* 2001; 119: 867–73.
16. Feissel M, Michard F, Faller JP, et al. The respiratory variation in inferior vena cava diameter as a guide to fluid therapy. *Intensive Care Med* 2004; 30: 1834–7.
17. Vieillard–Baron A, Chergui K, Rabiller A, et al. Superior vena caval collapsibility as a gauge of volume status in ventilated septic patients. *Intensive Care Med* 2004 ; 30 : 1734–9.
18. ACCF/ASE/ACEP/ASNC/SCAI/SCCT/SCMR 2007 Appropriateness criteria for transthoracic and transesophageal echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 2007; 50: 187–204.
19. Jan N. Hilberath, Daryl A. Oakes, Stanton K. Shernan, Bernard E. Bulwer, Michael N. D'Ambra, Holger K. Eltzschig. Safety of Transesophageal Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography* 2010; 23: 1115–1127.
20. Brendan Sullivan, Ferenc Puskas, Ana Fernandez–Bustamante. Transesophageal Echocardiography in Noncardiac Thoracic Surgery. *Anesthesiology Clinics* 2012; 30: 657–669.
21. Costa JM, Tsutsui JM, Nozawa E, Morhy SS, Andrade JL, Ramires JF, et al. Contrast echocardiography can save nondiagnostic exams in mechanically ventilated patients. *Echocardiography* 2005; 22: 389–94.
22. J.M Vedrinne, S. Duperret, P. Vignon. échocardiographie bidimensionnelle normale. Elsevier Masson 2008 ; 25–50.

23. Pinsky MR, Payen D. Functional hemodynamic monitoring. Crit Care 2005 ; 9: 566-72.
24. C. Charron. L'échocardiographie transœsophagienne en réanimation : pour une vision et un apprentissage pratique et simple. Réanimation 2009 ; 18: 207-214.
25. G Bernardin, M Mazerolles. Les critères hémodynamiques statiques prédictifs de l'efficacité d'un remplissage vasculaire. Réanimation 2004 ; 13 : 289-298.
26. J-J. Lehot, S. Duperret, M. Gressier. Que doit savoir faire un anesthésiste en échographie cardiaque. MAPAR 2004 ; 225-234.
27. Skarvan K, Lambert A, Filipovic M, Seeberger M. Reference values for left ventricular function in subjects under general anaesthesia and controlled ventilation assessed by two-dimensional transoesophageal echocardiography. Eur J Anaesthesiol 2001 ; 18: 713-22.
28. Lardoux H, Vayre F, Pezzano M, Dubourg O. Tamponnades. In: Vignon P, Goarin JP, editors. Échocardiographie Doppler en réanimation, anesthésie et médecine d'urgence. Paris: Elsevier 2002; 257-72.
29. Vayre F, Lardoux H, Pezzano M, Bourdarias JP, Dubourg O. Subxyphoid pericardiocentesis guided by contrast twodimensional echocardiography in cardiac tamponade: experience of 110 consecutive patients. Eur J Echocardiogr 2000; 1: 66-77.
30. Goarin JP, Feissel M. Evaluation de la fonction systolique du ventricule gauche. Échocardiographie Doppler en réanimation, anesthésie et médecine d'urgence. Paris : Elsevier 2002 ; 102-27.
31. P.L.Darmon, O.AXler. échocardiographie Doppler en réanimation, anesthésie et médecine d'urgence. mesure du débit cardiaque. Paris : Elsevier 2002 ; 172-1891.
32. H. Mentec, A. Cohen. Echocardiographie doppler en réanimation. Urgences valvulaires 2002 ; p 276-298.

33. Vignon P. Evaluation of fluid responsiveness in ventilated septic patients: back to venous return. *Intensive Care Med* 2004; 30: 1699–701.
34. Vignon P, Allot V, Lesage J, Martailé JF, Aldigier JC, François B, et al. Diagnosis of left ventricular diastolic dysfunction in the setting of acute changes in loading conditions. *Crit Care* 2007; 11: 43
35. Nagueh SF, Appleton CP, Gillebert TC, Marino PN, Oh JK, Smiseth OA, Waggoner AD, Flachskampf FA, Pellikka PA, Evangelista A: Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography. *Eur J Echocardiogr* 2009; 165: 93.
36. Koichi Suehiro, Katsuaki Tanaka, Tadashi Matsuura, Tomoharu Funao, Tokuhiro Yamada, Takashi Mori, Kiyonobu Nishikawa. Detection of Left Ventricular Dysfunction Using Early Diastolic Mitral Annular Velocity in Patients Undergoing Mitral Valve Repair for Mitral Regurgitation. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 2014; 28: 25–30.
37. Dokainish H, Zoghbi WA, Lakkis NM, Al-Bakshy F, Dhir M, Quinone MA, Nagueh SF. Optimal noninvasive assessment of left ventricular filling pressures: a comparison of tissue Doppler echocardiography and B-type natriuretic peptide in patients with pulmonary artery catheters. *Circulation* 2004 ; 109: 2432–9
38. P.vignon, J.P.Goarin .échocardiographie Doppler en réanimation, anesthésie et médecine d'urgence.défaillance circulatoire aigue. Elsevier 2002 ; 204–228.
39. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, Flachskampf FA, Foster E, Pellikka PA, et al. Recommendations for chamber quantification. *Eur J Echocardiography* 2006 ; 7 : 79–108.
40. Vieillard-Baron A, Charron C, Chergui K, Peyrouset O, Jardin F: Bedside echocardiographic evaluation of hemodynamics in sepsis: is a qualitative evaluation sufficient? *Intensive Care Med* 2006; 32: 52.

41. M. Slama. Échocardiographie Doppler chez les patients en état critique : un outil de monitoring aux multiples modalités. Échocardiographie Doppler chez le patient en état critique. Elsevier Masson 2008 ; 1–20.
42. P. Vignon, P. Guéret. Douleur thoracique et état de choc ; Échocardiographie Doppler chez le patient en état critique 2008 ; 381–401.
43. Vignon P, Aboyans V, Pascaud JL. Pathologie aiguë de l'aorte. In : Maury E, Mercat A, eds. Imagerie en réanimation. Issy-les-Moulineaux : Elsevier 2007 ; 521–62.
44. Vieillard-Baron A, Slama M, Cholley B, Janvier G, Vignon P. Echocardiography in the intensive care unit: from evolution to revolution? Intensive Care Med 2008;34:243–9.
45. E. Desruennes (1), A. Tesnière (1), M-C. Douard (2). Faut-il poser tous les catheters centraux sous échographie ? 2004 ; 200–206.
46. Mey U, Glasmacher A, Hahn C, Gorschluter M, Ziske C, Mergelsberg M et al. Evaluation of an ultrasound-guided technique for central venous access via the internal jugular vein in 493 patients. Support Care Cancer. 2003; 11: 148–55.
47. National Institute for Clinical Excellence. Guidance on the use of ultrasound locating devices for placing central venous catheters. Technology Appraisal Guidance. Disponible sur : www.nice.org.uk
48. Olivier Rontes, Alain Delbos. Voies veineuses profondes chez l'adulte : cathétérisme sous échographie. Le pratitien en anesthésie réanimation 2012 ; 16 : 102–108.
49. Samy Modeliar S, Airapetian N, Slama M. Imagerie en réanimation. In Maury E, Mercat A, editors. Échographie et accès veineux en réanimation. Paris: Elsevier Masson 2007 ; 509–518.

50. P. Bentzinger, G. Mahoudeau, M. Alezrah, T. Pottecher. Enquête sur l'apprentissage de l'échographie par les internes d'anesthésie-réanimation de l'inter-région Est. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation* 2013 ; 32 : 246-250.
51. Karakitsos D, Labropoulos N, De Groot E, Patrianakos AP, Kouraklis G, Poularas J, et al. Real-time ultrasound-guided catheterisation of the internal jugular vein: a prospective comparison with the landmark technique in critical care patients. *Crit Care* 2006; 10: 162.
52. Schummer W, Schummer C, Tuppatsch H, Fuchs J, Bloos F, Huttemann E. Ultrasound-guided central venous cannulation: is there a difference between Doppler and B-mode ultrasound ? *J Clin Anesth* 2006; 18: 167-72.
53. Navparkash S. Sandhu, and Shyamala Karuvannur. Echographie pour abords veineux centraux. *Diagnostic Périopératoire et échographie Interventionnelle*. Elsevier 2010 ; 27-40.
54. M. Bensalah, M. Meziane, N. Libert, G. Pelée de Saint-Maurice : Pose de voie veineuse périphérique sous échographie chez les patients ayant un accès veineux difficile : intérêt et facteurs prédictifs d'échec. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation* 2013; 32: 107.
55. I. Le Ray Ferrières, D. Guinier. Échoguidage 2D pour la pose de chambres implantables. *Journal de Chirurgie* 2009 ; 146 : 528-531.
56. J. Maizel · M. Slama. Mise en place échoguidée des cathéters veineux centraux. *Réanimation* 2013 ; 22: 196-203.
57. Eisen LA, Narasimhen M, Berger JS, Mayo PH, Rosen MJ, Schneider RF Mechanical complications of central venous catheters. *J Intensive Care Med* 2006 ; 21: 40-6.
58. Taylor RW, Palagiri AV. Central venous catheterization. *Crit Care Med* 2007 ;35 : 1390-6.

59. Teichgraber UK, Streitparth F, Gebauer B, Benter T. Placement of a port catheter through collateral veins in a patient with central venous occlusion. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2010 ; 33: 417–20.
60. Peris A, Zagli G, Bonizzoli M, Cianchi G, Ciapetti M, Spina R et al. Implantation of 3951 long-term central venous catheters : performance, risk analysis, and patient comfort after ultrasound-guidance introduction. *Anesth Analg* 2010 ; 111: 1194–201.
61. Prabhu MV, Juneja D, Gopal PB, Sathyanarayanan M, Subhramanyam S, Gandhe S et al Ultrasound guided femoral dialysis acces placement : a single center randomized trial. *Clin J Am Soc Nephrol* 2010 ; 5: 235–9
62. Tercan F, Ozkan U, Oguzkurt L. US-guided placement of central vein catheters in patients with disorders of hemostasis. *Eur J Radio* 2008 ; 65: 253–6.
63. Zieleskiewicz, C. Arbelot, E. Hammad, C. Brun, J. Textoris, C. Martin, M. Leone. Echographie pleuropulmonaire : applications cliniques et perspectives en réanimation. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation* 2012 ; 31: 793–801.
64. D.A. Lichtenstein. Échographie pleuropulmonaire. *Imagerie en réanimation*. Elsevier Masson 2007 ; 114–131.
65. P. Hamel Hamel P, Garner M, Vadeboncoeur A, Vanier L. L'échographie ciblée en médecine d'urgence : pour y voir clair. In: Québec Admdud, Québec Adsemdud, eds.; 2006.
66. Lichtenstein DA, Lascols N, Prin Sb, Mezire G. The "lung pulse": an early ultrasound sign of complete atelectasis. *Intensive Care Medicine* 2003; 29: 2187–92.

67. Denault AY, Couture P, McKenty S et al. Perioperative use of transesophageal echocardiography by anesthesiologists: impact in noncardiac surgery and in the intensive care unit. *Can J Anaesth* 2002; 49 :287–93.
68. Chen HJ, Yu YH, Tu CH, Chen CH, Hsia TC, Tsai KD, et al. Ultrasound in peripheral pulmonary air–fluid lesions–color Doppler imaging as an aid in differentiating empyema and abscess. *Chest* 2009; 135: 1426–32.
69. Mayo PH, Goltz HR, Tafreshi M, Doelken P. Safety of ultrasound guided thoracentesis in patients receiving mechanical ventilation. *Chest* 2004; 125: 1059–62.
70. Roch A, Bojan M, Michelet P, Romain F, Bregeon F, Papazian L, et al. Usefulness of ultrasonography in predicting pleural effusions >500 mL in patients receiving mechanical ventilation. *Chest* 2005; 127: 224–32.
71. Remerand F, Dellamonica J, Mao Z, Ferrari F, Bouhemad B, Jianxin Y, et al. Multiplane ultrasound approach to quantify pleural effusion at the bedside. *Intensive Care Med* 2010; 36: 656–64.
72. Liu YH, Lin YC, Liang SJ, Tu CY, Chen CH, Chen HJ, et al. Ultrasound–guided pigtail catheters for drainage of various pleural diseases. *Am J Emerg Med* 2010; 28: 915–21.
73. Usta E, Mustafi M, Ziemer G. Ultrasound estimation of volume of post operative pleural effusion in cardiac surgery patients. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2010; 10: 204–7.
74. Lichtenstein, et al. The "lung point": an ultrasound sign specific to pneumothorax. *Intensive Care Med* 2000; 26: 1434–40.
75. Chung, MJ, et al. Value of high–resolution ultrasound in detecting a pneumothorax. *Eur Radiol* 2005; 15: 930–5.

76. Kirkpatrick, A.W., et al., Sonographic diagnosis of a pneumothorax inapparent on plain radiography: confirmation by computed tomography. *J Trauma* 2001; 50: 750–2.
77. Dulchavsky, S.A., et al., Prospective evaluation of thoracic ultrasound in the detection of pneumothorax. *J Trauma* 2001; 50: 201–5.
78. Rowan, K.R., et al., Traumatic pneumothorax detection with thoracic US: correlation with chest radiography and CT—initial experience. *Radiology* 2002; 225: 210–4.
79. Blaivas, M. Lyon, and S. Duggal. A prospective comparison of supine chest radiography and bedside ultrasound for the diagnosis of traumatic pneumothorax. *Academic Emergency Medicine* 2005; 12: 844–849.
80. Soldati, G., et al., The ultrasonographic deep sulcus sign in traumatic pneumothorax. *Ultrasound in Medicine and Biology* 2006; 32: 1157–1163.
81. Alrajhi K, Woo MY, Vaillancourt C. Test characteristics of ultrasonography for the detection of pneumothorax: a systematic review and meta-analysis. *Chest* 2012; 141: 703–8.
82. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick AW, et al. Consensus Conference on Lung Ultrasound (ICC-LUS). International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med* 2012; 38: 577–91.
83. Soldati G, Testa A, Sher S, Pignataro G, La Sala M, Silveri NG. Occult traumatic pneumothorax: diagnostic accuracy of lung ultrasonography in the emergency department. *Chest* 2008; 133: 204–11.
84. Galbois A, Ait-Oufella H, Baudel JL, Kofman T, Bottero J, Viennot S, et al. Pleural ultrasound compared with chest radiographic detection of pneumothorax resolution after drainage. *Chest* 2010; 138: 648–55.

85. Lichtenstein DA, Meziere GA. Relevance of Lung Ultrasound in the Diagnosis of Acute Respiratory Failure: The BLUE Protocol. *Chest* 2008; 134: 117–25.
86. Lichtenstein DA, Mezire G, Lascols N, et al. Ultrasound diagnosis of occult pneumothorax. *Critical Care Medicine* 2005; 33: 1231–8.
87. D. Lichtenstein. Application nouvelles de l'échographie en réanimation. *MAPAR* 2001 ; 470–485.
88. Lichtenstein, D., et al., The comet-tail artifact. An ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*, 1997. 156: p. 1640–6.
89. Lichtenstein, D.A., et al., Ultrasound diagnosis of alveolar consolidation in the critically ill. *Intensive Care Med* 2004; 30: 276–81.
90. Soldati, G., Chest Ultrasonography in Lung Contusion. *Chest* 2006; 130: 533–538.
91. Bouhemad B, Liu ZH, Arbelot C, Zhang M, Ferarri F, Le-Guen M, et al. Ultrasound assessment of antibiotic-induced pulmonary reaeration in ventilator associated pneumonia. *Crit Care Med* 2010; 38: 84–92.
92. Yuan A, Yang PC, Lee L, Wu HD, Kuo SH, Luh KT, et al. Reactive pulmonary artery vasoconstriction in pulmonary consolidation evaluated by color Doppler ultrasonography. *Ultrasound Med Biol* 2000; 26: 49–56.
93. Hsu WH, Yu YH, Tu CY, Hsu JY, Chen CY, Chen CL, et al. Color Doppler US pulmonary artery vessel signal: a sign for predicting the benign lesions. *Ultrasound Med Biol* 2007; 33: 379–88.
94. Lichtenstein D, Mezière G, Seitz J. The dynamic air bronchogram. A lung ultrasound sign of alveolar consolidation ruling out atelectasis. *Chest* 2009; 135:1421–5.
95. D. A. Lichtenstein, Applications basiques de l'échographie pulmonaire chez le patient en état critique. *L'échographie corps entier chez le patient critique*. Springer-Verlag France, Paris 2011 ; 181–194.

96. Zanobetti M, Poggioni C, Pini R. Can chest ultrasonography replace standard chest radiography for evaluation of acute dyspnea in the ED? *Chest* 2011; 139: 1140–7.
97. D.A. Lichtenstein. Échographie pleuropulmonaire. Imagerie en reanimation. Elsevier Masson 2007 ; 114–131.
98. Drescher, M.J., F.U. Conard, and N.E. Schamban. Identification and description of esophageal intubation using ultrasound. *Acad.Emerg.Med.* 2000; 7: 722–725.
99. Werner, S.L., et al., Pilot study to evaluate the accuracy of ultrasonography in confirming endotracheal tube placement. *Ann.Emerg.Med.*, 2007; 49: 75–80.
100. Ma, G., et al., The sensitivity and specificity of transcricothyroid ultrasonography to confirm endotracheal tube placement in a cadaver model. *J.Emerg.Med.*, 2007; 32: 405–407.
101. Chun, R., et al., Where's the tube? Evaluation of hand-held ultrasound in confirming endotracheal tube placement. *Prehosp Disaster Med* 2004; 19: 366–9.
102. Weaver, B., M. Lyon, and M. Blaivas, Confirmation of endotracheal tube placement after intubation using the ultrasound sliding lung sign. *Acad.Emerg.Med.* 2006; 13: 239–244.
103. Blaivas, M. and J.W. Tsung. Point-of-care sonographic detection of left endobronchial main stem intubation and obstruction versus endotracheal intubation. *J.Ultrasound Med.* 2008; 27: 785–789.
104. Park, S.C., et al., Confirmation of endotracheal intubation by combined ultrasonographic methods in the Emergency Department. *Emerg.Med.Australas.* 2009; 21: 293–297.
105. Vibert E, Azoulay D. Cholecystite alithiasique de l'adulte: étiologies, diagnostic et traitement. *Ann Chir* 2002; 127: 330–6.

106. Boland GW, Slater G, Lu DS, et al: Prevalence and significance of gallbladder abnormalities seen on sonography in intensive care unit patients. *AJR Am J Roentgenol* 2000; 174: 973–7.
107. A. Marillier, E. Cantais, T. Triglia, N. Bruder. Évaluation du résidu gastrique chez les patients de réanimation sous nutrition entérale par mesure de l'aire de section antrale échographie. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation* 2013; 32 : 106–A107.
108. L. Bouvet, D. Chassard. Apport de l'échographie pour l'évaluation préopératoire du contenu gastrique. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation* 2014 ; 33 : 240–247.
109. Andreas Karabinis MD, PhD, Mariantina Fragou MD, Dimitrios Karakitsos MD, PhD. Whole-body ultrasound in the intensive care unit: A new role for an aged technique. *Journal of Critical Care* 2009; 16: 1–5.
110. P.J. Zetlaoui. L'échographie à 360 en anesthésie. *Congrès national d'anesthésie et de réanimation*. Elsevier Masson 2009; 2–19.
111. Chin-Ming Chen, Hao-Chin Liaw. Ultrasonography in Hemodynamically Unstable Abdominal Trauma Patients. *Journal of Medical Ultrasound* 2003; 11: 66–70.
112. Miguel A. Jimenez Taboada. 0654: Ultrasound in Blunt Thoraco-Abdominal Trauma. *Ultrasound in Medicine and Biology* 2009; 35: 90.
113. X. Bobbia, N. Hansel, L. Muller, P.-G. Claret, A. Moreau, R. Genre Grandpierre, H. Chenaitia, J.-Y. Lefrant, J.-E. de La Coussaye. Availability and practice of bedside ultrasonography in emergency rooms and prehospital setting: A French survey. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation* 2014 ; 33: 29–33.
114. Flint AC, Midde R, Rao VA, Lasman TE, Ho PT. Bedside ultrasound screening for pretracheal vascular structures may minimize the risks of percutaneous dilatational tracheostomy. *Neurocrit Care* 2009; 11: 372–6.

115. Rajajee V, Fletcher JJ, Rochlen LR, Jacobs TL. Real-time ultrasound-guided percutaneous dilatational tracheostomy: a feasibility study. *Crit Care* 2011; 15: 67.
116. T. Dessieux, J.-P. Estebe, S. Bloc, L. Mercadal, C. Ecoffey. Evaluation de la courbe d'apprentissage des internes pour l'échoguidage sur un fantôme. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation* 2008 ; 10 : 797-801.
117. P Zetlaoui. Echographie en anesthésie locorégionale. *MAPAR* 2004 ; 210-221.
118. Bouaziz H, Aubrun F, Belbachir AA, Cuvillon P, Eisenberg E, Jochum D, et al. Échographie en anesthésie locorégionale. *Ann Françaises Anesthésie Réanimation* 2011; 30: 33-35.
119. Mani Mofidi, Masoud Mohammadi, Hossein Saidi, Nahid Kianmehr, Ahmad Ghasemi, Peyman Hafezimoghadam, and Mahdi Rezai. Ultrasound guided lumbar puncture in emergency department: Time saving and less complications. *J Res Med Sci.* Apr 2013; 18: 303-307.
120. Grau T, Leipold RW, Horter J, Conradi R, Martin E, Motsch J. The lumbar epidural space in pregnancy: visualization by ultrasonography. *Br J Anaesth* 2001; 86 :798-804.
121. Maecken T, Zentz M, Grau T. Ultrasound characteristics of needles for regional anesthesia. *Reg Anesth Pain Med* 2007 ; 32 : 440-7.
122. Moayeri N, Bigeleisen P, Groen GJ. Quantitative architecture of the brachial plexus and surrounding compartments and their possible significance for plexus block. *Anesthesiology* 2008; 108: 299-304.
123. Dr Laurent Delaunay, Dr Florence Plantet. Les essentiels pour l'échographie en anesthésie locorégionale. *Sfar. Les Essentiels* 2013 ; 1-38.
124. Perlas A, Lobo G, Lo N, Brull R, Chan VW, Karkhanis R. Ultrasound-guided supraclavicular block : outcome of 510 consecutive cases. *Reg Anesth Pain Med* 2009 ; 34 : 171-6.

125. Van Geffen GJ, Moayeri N, Bruhn J, Scheffer GJ, Chan VW, Gerbrand, Groen J. Correlation between ultrasound imaging, cross-sectional anatomy, and histology of the brachial plexus: a review. *Reg Anesth Pain Med* 2009; 34: 490–497.
126. Casati A, Danelli G, Baciarello M, et al. A prospective, randomized comparison between ultrasound and nerve stimulation guidance for multiple injection axillary brachial plexus block. *Anesthesiology* 2007; 106: 992–6.
127. Chan VW, Perlas A, McCartney CJ, Brull R, Xu D, Abbas S. Ultrasound guidance improves success rate of axillary brachial plexus block. *Can J Anaesth* 2007; 54: 176–82.
128. Liu SS, Ngeow JE, Yadeau JT. Ultrasound-guided regional anesthesia and analgesia: a qualitative systematic review. *Reg Anesth Pain Med* 2009; 34: 47–59.
129. Sites BD, Beach ml, Spence BC, Wiley CW, Shiffrin J, Hartman GS, Gallagehr JD. Ultrasound guidance improves the success rate of a perivascular axillary plexus block. *Acta Anaesthesiol Scand* 2006; 50: 678–84.
130. Bigeleisen PE. Nerve puncture and apparent intraneural injection during ultrasound-guided axillary block does not invariably result in neurologic injury. *Anesthesiology* 2006; 105: 779–83.
131. Schafhalter-Zoppoth I, Zeitz ID, Gray AT. Inadvertent femoral nerve impalement and intraneural injection visualized by ultrasound. *Anesth Analg* 2004; 99: 627–8.
132. Perlas A, Chan VW, Simons M. Brachial plexus examination and localization using ultrasound and electrical stimulation: a volunteer study. *Anesthesiology* 2003 ; 99 : 429–35
133. Chan VW. Applying ultrasound imaging to interscalene brachial plexus block. *Reg Anesth Pain Med* 2003; 28: 340–3.

134. Plunkett AR, Brown DS, Rogers JM, et al. Supraclavicular continuous peripheral nerve block in a wounded soldier: when ultrasound is the only option. *Br J Anaesth* 2006; 97: 715–7.
135. Chan VW, Perlas A, Rawson R, et al. Ultrasound–guided supraclavicular brachial plexus block. *Anesth Analg* 2003; 97: 1514–7.
136. Arcand G, Williams SR, Chouinard P, et al. Ultrasound–guided infraclavicular versus supraclavicular block. *Anesth Analg* 2005; 101: 886–90.
137. Chan VW, Perlas A, McCartney CJ, et al. Ultrasound guidance improves success rate of axillary brachial plexus block. *Can J Anaesth* 2007; 54: 176–82.
138. Gray AT, Schafhalter–Zoppoth I. Ultrasound guidance for ulnar nerve block in the forearm. *Reg Anesth Pain Med* 2003; 28: 335–9.
139. Chan VW, Nova H, Abbas S, McCartney CJ, Perlas A, Xu DQ. Ultrasound examination and localization of the sciatic nerve: a volunteer study. *Anesthesiology*. 2006; 104: 309–14.
140. Brian D. O'Donnell, Dominic Harmon, Henry P. Frizelle. Blocs du tronc échoguidés. *Diagnostic Périopératoire et échographie Interventionnelle*. Elsevier Masson 2010 ; 174–185.
141. A. Bouzinac, A. Delbos, M. Mazières, O. Rontes. Intérêt de l'échographie dans la réalisation du bloc paravertébral thoracique en chirurgie mammaire. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation* 2011 ; 30: 453–455.
142. Mike Wells, Lara Goldstein. Anesthésie locorégionale facile aux urgences. Blocs du membre supérieur. Elsevier Masson 2012 ; 153–154.
- 143.. Davies RG, Myles PS, Graham JM. A comparison of the analgesic efficacy and side. effects of paravertebral vs epidural blockade for thoracotomy – a systematic review and meta–analysis of randomized trials. *Br J Anaesth*. 2006; 96: 418–26.

144. Joshi GP, Bonnet F, Shah R, Wilkinson RC, Camu F, Fischer B, Neugebauer EA, Rawal N, Schug SA, Simanski C, Kehlet H. A systematic review of randomized trials evaluating regional techniques for postthoracotomy analgesia. *Anesth Analg*. 2008; 107: 1026–40.
145. Pintaric TS, Potocnik I, Hadzic A, Stupnik T, Pintaric M, Jankovic VN. Comparison of continuous thoracic epidural with paravertebral block on perioperative analgesia and hemodynamic stability in patients having open lung surgery. *Reg Anesth Pain Med* 2011; 36: 256–60.
146. Gulbahar G, Kocer B, Muratli SN, Yildirim E, Gulbahar O, Dural K, Sakinci U. A comparison of epidural and paravertebral catheterisation techniques in post thoracotomy pain management. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2010; 37: 467–72.
147. H. Ludot. Blocs de la paroi abdominale : apport de l'échographie. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation* 2012 ; 31 : 21–24.
148. Régis Fuzier. ALR échoguidée : les blocs de la paroi abdominale. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation* 2012 ; 31 : 207–209.
149. Willschke H, Marhofer P, Bosenberg A, Johnston S, Wanzel O, Cox SG, et al. Ultrasonography for ilioinguinal/iliohypogastric nerve blocks in children. *Br J Anaesth* 2005; 95: 226–30.
150. Olivier Choquet, Xavier Capdevila. Bloc du plexus cervical intermédiaire échoguidé. *Webanesthésie* 2011; 5: 11–12.
151. M. Ohana, F. Bonnet. Bloc du plexus cervical 2006; 36: 10–26 .
152. Usui Y, Kobayashi T, Kakinuma H, Watanabe K, Kitajima T, Matsuno K. An anatomical basis for blocking of the deep cervical plexus and cervical sympathetic tract using an ultrasound-guided technique. *Anesth Analg* 2010; 110: 964–987.
153. Merle JC, Saïdi NE, Vignaud C, Yakhou L, Dhonneur G. Bloc du plexus cervical. *Évaluation et traitement de la douleur*. Paris : Elsevier/SFAR 2002 ; 51–60.

154. Pandit JJ, Satya-Krishna R, Gratton P. Superficial or deep cervical plexus block for carotid endarterectomy: a systematic review of complications. *Br J Anaesth* 2007; 99: 159-69.
155. Pandit JJ, Dutta D, Morris JF. Spread of injectate with superficial cervical plexus block in humans: an anatomical study. *Br J Anaesth* 2003; 91: 733-5.
156. Tran de QH, Dugani S, Finlayson RJ. A randomized comparison between ultrasound-guided and landmark-based superficial cervical plexus block. *Reg Anesth Pain Med* 2010; 35: 539-43.
157. Kneeshaw JD. Transoesophageal echocardiography (TOE) in the operating room. *Br J Anaesth* 2006; 97: 77-84.
158. Klein AA, Snell A, Nashef SAM, Hall RMO, Kneeshaw JD, Arrowsmith JE. The impact of intra-operative transoesophageal echocardiography on cardiac surgical practice. *Anaesthesia* 2009; 64: 947-52.
159. Practice guidelines for perioperative transesophageal echocardiography. An updated report by the American Society of Anesthesiologists and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force on Transesophageal Echocardiography. *Anesthesiology* 2010; 112: 1084-96.
160. Costachescu T, Denault A, Guimond JG, Couture P, Carignan S, Sheridan P, Hellou G, Blair L, Normandin L, Babin D, Allard M, Harel F, Buithieu J. The hemodynamically unstable patient in the intensive care unit: hemodynamic vs. transesophageal echocardiographic monitoring. *Crit Care Med* 2002; 30: 1214-23.
161. Jochum D, Iohom G, Bouaziz H. Asepsis in regional anesthesia. *Int Anesthesiol Clin* 2010; 48: 35-44.
162. Recommandations pour la pratique clinique : Les blocs périphériques des membres chez l'adulte. SFAR, 2003. Disponible sur: http://www.sfar.org/_docs/articles/155-alr_periph_rpc.pdf.

163. Hebl JR. The importance and implications of aseptic techniques during regional anesthesia. *Reg Anesth Pain Med* 2006; 31: 311-23.
164. Hazebroucq V. Qui peut donc faire légalement les échographies ? Site du Dr Vincent Hazebroucq, Directeur de l'enseignement du DU d'Imagerie médico-légale. Disponible sur : www.hazebroucq.net.
165. Mandavia D.P., Aragona J., Chan L., et al. Ultrasound training for emergency physicians—a prospective study. *Academic Emergency Medicine* 2000; 9: 1008–1014.
166. Suramo I., Merikanto J., Paivansalo M., et al. General practitioner's skills to perform limited goal-oriented abdominal US examinations after one month of intensive training. *European Journal of Ultrasound* 2002; 15: 133–138.
167. Lapostolle F., Petrovic T., Lenoir G., et al. Usefulness of hand-held ultrasound devices in out-of-hospital diagnosis performed by emergency physicians. *American Journal of Emergency Medicine* 2006; 24: 237–242
168. Hsu J. M., Joseph A. P., Tarlinton L. J., et al. The accuracy of focused assessment with sonography in trauma (FAST) in blunt trauma patients: Experience of an Australian major trauma service. *Injury, International Journal of the Care of the Injured* 2007; 38: 71–75.
169. Vignon P., Dugard A., Abraham J., et al. Focused training for goal-oriented hand-held echocardiography performed by noncardiologist residents in the intensive care unit. *Intensive Care Medicine* 2007; 33: 1795–1799.
170. Salomon L. J., Nassar M., Bernard J. P., et al. A score-based method to improve the quality of emergency gynaecological ultrasound examination. *European Journal of Obstetrics and Gynecology and Reproductive Biology* 2009; 143: 116–120.

171. Torres-macho J., Anton-Santos J. M., Garcia-Gutierrez I., et al. Initial accuracy of bedside ultrasound performed by emergency physicians for multiple indications after a short training period. *American Journal of Emergency Medicine* 2012; 30 :1943-9.
172. Valentin L., Irving H., Evans D. H., et al. Minimum training requirements for the practice of medical ultrasound in Europe. *EFSUMB Newsletter* 2003; 16: 6-7.
173. Valentin L., Irving H., Evans D. H., et al. Minimum training recommendations for the practice of medical ultrasound. *European Journal of Ultrasound* 2006; 27 : 79-105.
174. Filiale d'Echocardiographie de la Société Française de Cardiologie (SFC). Site de la SFC. Disponible sur : www.sfc cardio.org
175. DIU « Techniques ultrasoniques en anesthésie et réanimation » (TUSAR). Site dédié à l'anesthésie réanimation du CHU de Bordeaux. Disponible sur : <http://reanesth.chu-bordeaux.fr>
176. Akhtar S, Theodoro D, Gaspari R, et al. Resident training in emergency ultrasound: consensus recommendations from the 2008 Council of Emergency Medicine Residency Directors Conference *Academic emergency medicine* 2009; 16: 32-36.
177. Training guidelines for physicians who evaluate and interpret diagnostic ultrasound examinations. Site de l'AIUM (American Institute of Ultrasound in Medicine). Disponible sur : www.aium.org
178. Credentials and Examinations. Site de l'ARDMS (American Registry for Diagnostic Medical Sonography). Disponible sur : www.ardms.org
179. Watanabe H. Accreditation for ultrasound in the world. *Ultrasound in Medicine and Biology* 2004; 30: 1251-1254.
180. Training overview. Site de la BMUS (British Medical Ultrasound Society). Disponible sur : www.bmus.org

181. Page d'accueil. Site du CASE (Consortium for the Accreditation of Sonographic Education). Disponible sur : www.case-uk.org
182. P. Vignon, P. Guéret. Formation des réanimateurs à l'échographie cardiaque. *Réanimation* 2004 ; 13: 126-130.
183. Vieillard-Baron A, Slama M, Cholley B, et al. Echocardiography in the intensive care unit: from evolution to revolution? *Intensive Care Med* 2008; 34: 243-9.
184. Vignon P. Hemodynamic assessment of critically ill patients using echocardiography Doppler. *Curr Opin Crit Care* 2005; 11: 227-34.
185. Cholley BP, Vieillard-Baron A, Mebazaa A. Echocardiography in the ICU: time for widespread use! *Intensive Care Med* 2006; 32: 9-10.
186. Vignon P, Chastagner C, Francois B, et al. Diagnostic ability of hand-held echocardiography in ventilated critically ill patients. *Crit Care* 2003; 7: 84-91.
187. Vignon P, Dugard A, Abraham J, et al. Focused training for goal-oriented hand-held echocardiography performed by noncardiologist residents in the intensive care unit. *Intensive Care Med* 2007; 33: 1795-9.
188. Charron C, Prat G, Caille V, et al. Validation of a skills assessment scoring system for transesophageal echocardiographic monitoring of hemodynamics. *Intensive Care Med* 2007; 33 : 1712-8.
189. Brennan JM, Blair JE, Goonewardena S, et al. A comparison by medicine residents of physical examination versus hand-carried ultrasound for estimation of right atrial pressure. *Am J Cardiol* 2007; 99: 1614-6.
190. Brennan JM, Ronan A, Goonewardena S, et al. Handcarried ultrasound measurement of the inferior vena cava for assessment of intravascular volume status in the outpatient hemodialysis clinic. *Clin J Am Soc Nephrol* 2006; 1: 749-53.

191. Decara JM, Kirkpatrick JN, Spencer KT, et al. Use of hand-carried ultrasound devices to augment the accuracy of medical student bedside cardiac diagnoses. *J Am Soc Echocardiogr* 2005; 18: 257-63.
192. Croft LB, Duvall WL, Goldman ME. A pilot study of the clinical impact of hand-carried cardiac ultrasound in the medical clinic. *Echocardiography* 2006; 23: 439-46.
193. Bodenham AR. Editorial II. Ultrasound imaging by anaesthetists: training and accreditation issues. *Br J Anaesth* 2006; 96: 414-7.
194. Aarti Sekhar, Maryellen R. Sun, Bettina Siewert. A Tissue Phantom Model for Training Residents in Ultrasound-guided Liver Biopsy. *Academic Radiology* 2014 ; 21 :902-908.
195. Sites BD, Gallagher JD, Cravero J, Lundberg J, Blike G. The learning curve associated with a simulated ultrasound-guided interventional task by inexperienced anesthesia residents. *Reg Anesth Pain Med* 2004; 29: 544-8.
196. Sites B, Spence BC, Gallagher JD, Wiley CW, Bertrand ML, Blike GT. Characterizing novice behavior associated with learning ultrasound-guided peripheral regional anesthesia. *Reg Anesth Pain Med* 2007; 32: 107-15.
197. De Oliveira Filho GR, Helayel PE, da Conceic, Garzel IS, Pavei P, Ceccon MS. Learning curves and mathematical models for interventional ultrasound basic skills. *Anesth Analg* 2008; 106: 568-73.
198. Feller-Kopman D. Ultrasound-guided internal jugular access: a proposed standardized approach and implications for training and practice. *Chest* 2007; 132: 302-9.
199. O. Bugnon, G. Mourembles, L. Thibault, E. Méresse, D. Léger, M.-P. Cresta, H. André, V. Boisson, E. Antok, F. Tixier, F. Gompel, R. Berthézene, A. Winer - Saint-Pierre. Evaluation de l'échoguidage pour la pose des cathéters en réanimation. 2011. Disponible sur : <http://www.srlf.org>

200. F. Forestier, H. Rossi, J. Calderon, L. Soubiron, B. Bourdarias, G. Janvier. Apprentissage du cathétérisme de la veine sous-clavière chez l'adulte : apport de l'assistance échographique en temps réel. *Annales françaises d'anesthésie et de réanimation* 2002 ; 21: 698-702.
201. B. Nichole, N. Bosson, R. Capp, L. Lamhaut, J.-S. Marx, V. Noble, A. Liteplo, P. Carli. Evaluation d'une formation courte à l'échographie pulmonaire pour le diagnostic de l'œdème aigu du poumon (OAP) et du pneumothorax (PNO) par des médecins non radiologues. 2008-Paris. . Disponible sur : <http://www.srlf.org>
202. Matthew Lyon, Perry Walton, Valori Bhalla, Stephen A. Shiver. Ultrasound detection of the sliding lung sign by prehospital critical care providers. *The American Journal of Emergency Medicine* 2012; 30: 485-488.
203. M. Lefevre, C. Teiten, F. Arnoult, E. Dubois, P. Cren, A.-T. Trebault, G. Le Gall, G. Prat, J. Landreat Morlaix, Brest. Enquête réalisée dans 13 services de réanimation en Bretagne sur la pratique de l'échographie par les réanimateurs et la place de l'échocardiographie dans l'évaluation hémodynamique. 2012. Disponible sur : <http://www.srlf.org>
204. A.-K. Chergui, M. Fromentin, P. Meyer, G. Chevrel, S. Belorgey, P. Cronier, C. Clergue, G. Choukroun, D. Caen - Corbeil-Essonnes, Paris. Impact thérapeutique de la première échocardiographie en réanimation. 39ème Congrès 2011 Paris. Disponible sur : <http://www.srlf.org>
205. Lefevre, Prat, Renault, Orhan, Huard, Guennegan, Quéré, Tonnelier, Tonnelier, E. L'Her, J.-M. Boles - Lévis - CANADA. Evaluation hémodynamique : modification des pratiques dans un service de réanimation médicale. 35ème Congrès 2007. Disponible sur : <http://www.srlf.org>

206. N. Nciri, Charni, Ouanes–esbes, Ounaes, Dachraoui, Addad, Benhamda, Abroug – Monastir – TUNISIE. Réanimateur ou cardiologue pour la réalisation de l'échocardiographie chez les malades de réanimation. 35ème Congrès 2007.
Disponible sur : <http://www.srlf.org>
207. Mayo PH, Beaulieu Y, Doelken P, Feller–Kopman D, Harrod C, Kaplan A, Oropello J, Vieillard–Baron A, Axler O, Lichtenstein D, Maury E, Slama
208. M, Vignon P. American College of Chest Physicians/La Societe de Reanimation de Langue Francaise statement on competence in critical care ultrasonography. Chest 2009; 135: 1050–60.
209. J. Merrer, J.–Y. Lefrant, J.–F. Timsit. Comment optimiser l'utilisation des cathéters veineux centraux en réanimation ? Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation 2006 ; 26 : 180–188.
210. Merrer J, De Jonghe B, Golliot F, Lefrant JY, Raffy B, Barre E et al. Complications of femoral and subclavian venous catheterization in critically ill patients: a randomized controlled trial. JAMA. 2001; 286: 700–707.
211. Karakitsos D, Labropoulos N, De Groot E, et al Real–time ultrasound–guided catheterisation of the internal jugular vein: a prospective comparison with the landmark technique in critical care patients. Crit Care 2006; 10: 162.
212. Denys BG, Uretsky BF, Reddy PS Ultrasound–assisted cannulation of the internal jugular vein. A prospective comparison to the external landmark–guided technique. Circulation 1993; 87:1557–62
213. Hind D, Calvert N, McWilliams R, et al Ultrasonic locating devices for central venous cannulation: meta–analysis. BMJ 2003; 327: 361.
214. Troianos CA, Jobes DR, Ellison N Ultrasound–Guided cannulation of the internal jugular vein : a prospective, randomized study Anesth Analg 1991 ; 72 : 832–6

215. N. Fritsch, D. Tran-Van, E. Dardare, A. Gentile, B. Fontaine. Cathétérisme veineux central sous-clavier échoguidé : étude préliminaire. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation* 2008 ; 27: 83-86
216. F. Lengellé, N. Airapetian, J. Maizel, S. Samy Modeliar, B. De Cagny, H. Dupont, M. Slama. Comparaison de trois techniques de pose de cathéters veineux centraux. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation* 2008; 27: 83-86.
217. Fragou M, Gravvanis A, Dimitriou V, et al. Real-time ultrasound-guided subclavian vein cannulation versus the landmark method in critical care patients: a prospective randomized study. *Crit Care Med* 2011; 39: 1607-12.
218. B.-V. Nguyen, G. Prat, J.-M. Tonnelier, N. Bizien, A. Renault, M. Ould-Ahmed, J.-M. Boles, E. L'Her - Brest. Courbe d'apprentissage de la pose de voie veineuse centrale jugulaire sous échoguidage. 40ème Congrès 2012 Paris. Disponible sur: www.srlf.org
219. Calvert N, Hind D, McWilliams R, et al. Ultrasound for central venous cannulation: economic evaluation of costeffectiveness. *Anaesthesia* 2004; 59: 1116-20.
220. Gordon AC, Saliken JC, Johns D, et al. US-guided puncture of the internal jugular vein: complications and anatomic considerations. *J Vasc Interv Radiol* 2000; 9: 333-8.
221. McGee DC, Gould MK. Preventing complications of central venous catheterization. *N Engl J Med* 2003; 348: 1123-133.
222. A. Ntoubas, A. Cabaret, C. Laude, S. Petiot, M. Perquin, R. Badaoui, H. Dupont. Etude prospective randomisée de l'efficacité TAP bloc bilatéral versus curarisation dans le relâchement musculaire de la paroi abdominale au cours des laparoscopies en chirurgie digestive . SFAR 2013. Disponible sur : <http://www.sfar2013.com/medias/File/pdf/J68.pdf>

223. 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 handcarried device (SonoHeart) in critically ill patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2005; 19: 155-9.
224. 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; 33:1795-9.
225. Vignon P, Mucke 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: 636-42.
226. Feller-Kopman D. Ultrasound-guided internal jugular access: a proposed standardized approach and implications for training and practice. *Chest* 2007; 132: 302-9.
227. Bouhemad B, Zhang M, Lu Q, Rouby JJ. Clinical review: bedside lung ultrasound in critical care practice. *Crit Care* 2007; 11: 205.
228. Cumin D, Merry AF. Simulators for use in anaesthesia. *Anaesthesia* 2007; 62:151-62.