

UNIVERSITÉ DE LIMOGES

Faculté de Médecine

ANNÉE (2014)

THÈSE N°

**Impact thérapeutique de l'échographie cardiaque  
réalisée par des internes en Réanimation après  
une formation limitée de niveau basique**

THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE

Présentée et soutenue publiquement

Le 3 octobre 2014

Par

**Roxana Adriana DONISANU**

Née le 31 Mai 1983, à Bacău, Roumanie

**EXAMINATEURS DE LA THÈSE**

Monsieur le Professeur Philippe VIGNON .....Président et directeur de thèse

Madame le Professeur Nathalie NATHAN-DENIZOT ..... Juge

Monsieur le Professeur François VINCENT..... Juge

Monsieur le Docteur Sébastien PONSONNARD ..... Juge

Monsieur le Docteur Rémy BELLIER..... Membre invité



# Faculté de Médecine

ANNÉE (2014)

THÈSE N°

## **Impact thérapeutique de l'échographie cardiaque réalisée par des internes en Réanimation après une formation limitée de niveau basique**

THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE

Présentée et soutenue publiquement

Le 3 octobre 2014

Par

**Roxana Adriana DONISANU**

Née le 31 Mai 1983, à Bacău, Roumanie

### **EXAMINATEURS DE LA THÈSE**

Monsieur le Professeur Philippe VIGNON .....Président et directeur de thèse

Madame le Professeur Nathalie NATHAN-DENIZOT ..... Juge

Monsieur le Professeur François VINCENT ..... Juge

Monsieur le Docteur Sébastien PONSONNARD ..... Juge

Monsieur le Docteur Rémy BELLIER..... Membre invité

*Părinților mei*

## PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

|                              |   |
|------------------------------|---|
| <b>ABOYANS</b> Victor        | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>CARDIOLOGIE<br>Responsable de service                   |
| <b>ACHARD</b> Jean-Michel    | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>PHYSIOLOGIE   |
| <b>ADENIS</b> Jean-Paul      | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>OPHTALMOLOGIE   |
| <b>ALAIN</b> Sophie          | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE                                 |
| <b>ALDIGIER</b> Jean-Claude  | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>NEPHROLOGIE   |
| <b>ARCHAMBEAUD</b> Françoise | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>MEDECINE INTERNE<br>Responsable de service              |
| <b>ARNAUD</b> Jean-Paul      | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE et TRAUMATOLOGIQUE               |
| <b>AUBARD</b> Yves           | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE<br>Responsable de service       |
| <b>AUBRY</b> Karine          | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>O.R.L.  |
| <b>BEDANE</b> Christophe     | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>DERMATOLOGIE-VENERELOGIE<br>Responsable de service      |
| <b>BERTIN</b> Philippe       | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>THERAPEUTIQUE<br>Responsable de service de RHUMATOLOGIE |
| <b>BESSEDE</b> Jean-Pierre   | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>O.R.L.<br>Responsable de service                        |
| <b>BONNAUD</b> François      | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>PNEUMOLOGIE<br>Doyen Honoraire                          |

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <b>BORDESSOULE</b> Dominique  | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>HEMATOLOGIE<br>Responsable de service d'HEMATOLOGIE CLINIQUE et THERAPIE<br>CELLULAIRE |
| <b>CHARISSOUX</b> Jean-Louis  | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE et TRAUMATOLOGIQUE  |
| <b>CLAVERE</b> Pierre         | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>RADIOTHERAPIE<br>Responsable de service  |
| <b>CLEMENT</b> Jean-Pierre    | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>PSYCHIATRIE d'ADULTES<br>Responsable de service  |
| <b>COGNE</b> Michel           | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>IMMUNOLOGIE<br>Responsable de service  |
| <b>COLOMBEAU</b> Pierre       | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>UROLOGIE   |
| <b>CORNU</b> Elisabeth        | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>CHIRURGIE THORACIQUE et CARDIOVASCULAIRE   |
| <b>COURATIER</b> Philippe     | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>NEUROLOGIE<br>Responsable de service   |
| <b>DANTOINE</b> Thierry       | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>GERATRIE et BIOLOGIE du VIEILLISSEMENT<br>Responsable de service                       |
| <b>DARDE</b> Marie-Laure      | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>PARASITOLOGIE et MYCOLOGIE<br>Responsable de service                                   |
| <b>DAVIET</b> Jean-Christophe | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>MEDECINE PHYSIQUE et de READAPTATION   |
| <b>DESCAZEAUD</b> Aurélien    | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>UROLOGIE   |
| <b>DESSPORT</b> Jean-Claude   | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>NUTRITION  |
| <b>DRUET-CABANAC</b> Michel   | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>MEDECINE et SANTE au TRVAIL<br>Responsable de service                                  |
| <b>DUMAS</b> Jean-Philippe    | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>UROLOGIE<br>Responsable de service   |

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| <b>ESSIG Marie</b>                | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>NEPHROLOGIE<br>Responsable de service   |
| <b>FAUCHAIS Anne-Laure</b>        | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>MEDECINE INTERNE<br>Responsable de service                                      |
| <b>FEUILLARD Jean</b>             | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>HEMATOLOGIE<br>Responsable de service du Laboratoire d'HEMATOLOGIE              |
| <b>FOURCADE Laurent</b>           | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>CHIRURGIE INFANTILE<br>Responsable de service                                   |
| <b>FUNALOT Benoît</b>             | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>BIOCHIMIE et BIOLOGIE MOLECULAIRE   |
| <b>GAINANT Alain</b>              | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>CHIRURGIE DIGESTIVE   |
| <b>GUIGONIS Vincent</b>           | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>PEDIATRIE   |
| <b>JACCARD Arnaud</b>             | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>HEMATOLOGIE   |
| <b>JAUBERTEAU-MARCHAN M.Odile</b> | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>IMMUNOLOGIE   |
| <b>LABROUSSE François</b>         | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>ANATOMIE et CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES<br>Responsable de service                   |
| <b>LACROIX Philippe</b>           | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>MEDECINE VASCULAIRE   |
| <b>LAROCHE Marie-Laure</b>        | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>PHARMACOLOGIE CLINIQUE  |
| <b>LASKAR Marc</b>                | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>CHIRURGIE THORACIQUE et CARDIOVASCULAIRE<br>Responsable de service<br>Assesseur |
| <b>LIENHARDT-ROUSSIE Anne</b>     | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>PEDIATRIE<br>Responsable de service   |

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>LOUSTAUD-RATTI</b> Véronique | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>HEPATOLOGIE  |
| <b>MABIT</b> Christian          | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>ANATOMIE<br>Responsable de service d'ORTHOPEDIE-TRAUMATOLOGIE  |
| <b>MAGY</b> Laurent             | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>NEUROLOGIE   |
| <b>MARQUET</b> Pierre           | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE<br>Responsable de service           |
| <b>MATHONNET</b> Muriel         | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>CHIRURGIE DIGESTIVE  |
| <b>MELLONI</b> Boris            | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>PNEUMOLOGIE<br>Responsable de service                          |
| <b>MERLE</b> Louis              | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>PHARMACOLOGIE CLINIQUE   |
| <b>MOHTY</b> Dania              | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>CARDIOLOGIE  |
| <b>MONTEIL</b> Jacques          | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>BIOPHYSIQUE et MEDECINE NUCLEAIRE<br>Responsable de service    |
| <b>MOREAU</b> Jean-Jacques      | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>NEUROCHIRURGIE<br>Responsable de service<br>Assesseur          |
| <b>MOUNAYER</b> Charbel         | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>RADIOLOGIE et IMAGERIE MEDICALE                                |
| <b>NATHAN-DENIZOT</b> Nathalie  | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>ANESTHESIOLOGIE-REANIMATION<br>Responsable de service          |
| <b>PARAF</b> François           | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>MEDECINE LEGALE et DROIT de la SANTE<br>Responsable de service |
| <b>PLOY</b> Marie-Cécile        | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE<br>Responsable de service              |

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| <b>PREUX</b> Pierre-Marie            | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE de la SANTE et PREVENTION<br>Responsable de service du SIME<br>Assesseur |
| <b>ROBERT</b> Pierre-Yves            | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>OPHTALMOLOGIE<br>Responsable de service  |
| <b>SALLE</b> Jean-Yves               | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>MEDECINE PHYSIQUE et de READAPTATION<br>Responsable de service                                   |
| <b>SAUTEREAU</b> Denis               | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>GASTRO-ENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE<br>Responsable de service                                       |
| <b>STURTZ</b> Franck                 | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>BIOCHIMIE et BIOLOGIE MOLECULAIRE<br>Responsable de service                                      |
| <b>TEISSIER-CLEMENT</b> Marie-Pierre | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>ENDOCRINOLOGIE, DIABETE et MALADIES METABOLIQUES   |
| <b>TREVES</b> Richard                | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>RHUMATOLOGIE   |
| <b>TUBIANA-MATHIEU</b> Nicole        | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>CANCEROLOGIE<br>Responsable de service   |
| <b>VALLAT</b> Jean-Michel            | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>NEUROLOGIE   |
| <b>VALLEIX</b> Denis                 | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>ANATOMIE<br>Responsable de service de CHIRURGIE DIGESTIVE et ENDOCRINIENNE<br>Doyen              |
| <b>VERGNENEGRE</b> Alain             | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE de la SANTE et PREVENTION  |
| <b>VERGNE-SALLE</b> Pascale          | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>THERAPEUTIQUE  |
| <b>VIGNON</b> Philippe               | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>REANIMATION<br>Responsable de service  |
| <b>VINCENT</b> François              | Professeur des Universités-Praticien Hospitalier<br>PHYSIOLOGIE  |





## ***Remerciements***

A notre Président de thèse

**Monsieur le Professeur Philippe Vignon**

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier

REANIMATION POLYVALENTE

Responsable de service

Je vous remercie d'avoir accepté la direction de cette thèse et la présidence de son jury.

En plus de m'avoir transmis votre rigueur scientifique et votre esprit critique, vous avez été mon guide dans les méandres de la langue française. Je vous remercie pour la patience, pour les commentaires et les suggestions qui ont énormément amélioré ce travail.

Veillez trouver dans cette thèse l'expression de ma respectueuse considération.

A nos juges,

**Madame le Professeur Nathalie NATHAN-DENIZOT**

Professeur des Universités - Praticien Hospitalier

ANESTHESIE-REANIMATION

Responsable de service

Je vous remercie d'avoir accepté de juger ce travail.

Malgré mes hésitations et doutes initiales, vous m'avez accordé votre confiance. Vous avez su me conseiller et m'encourager au cours de mon internat. Votre investissement auprès de patients, votre enthousiasme et votre force de travail sont un exemple pour nous tous.

Soyez assurée de ma profonde reconnaissance.

A nos juges,

**Monsieur le Professeur François VINCENT**

Professeur des Universités de Pneumologie et de Physiologie

Je vous remercie d'avoir accepté faire partie de mon jury de thèse.

Ce travail m'a permis de faire votre connaissance. Je vous remercie pour la disponibilité et l'enthousiasme avec lequel vous avez accepté de juger cette thèse.

Soyez assuré de ma reconnaissance et de mon profond respect.

**Monsieur le Docteur Sébastien PONSONNARD**

Docteur en Médecine

ANESTHESIE – REANIMATION

Je te remercie d'avoir accepté de juger ce travail.

J'admire le dynamisme et l'enthousiasme dont tu fais preuve au quotidien. C'est avec plaisir que j'ai travaillé à tes côtés ces derniers mois et j'espère que c'est que le début de notre collaboration. Je te remercie pour tes conseils, ta disponibilité et ta grande qualité d'écoute.

Sois assuré de ma profonde reconnaissance.

**Monsieur le Docteur Rémy BELLIER**

Docteur en Médecine

ANESTHESIE – REANIMATION

Je te remercie d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse.

Je te dois un énorme merci pour tes encouragements et la confiance que t'as montré en mes capacités. Ton rôle est plus important que tu ne te l'imagines. Si je suis là aujourd'hui, c'est aussi grâce à toi. Tu as ma vive reconnaissance pour la patience, l'intuition et la... fantastique attention pour les détails qui m'ont permis d'améliorer mon travail.

Sois assuré de ma profonde reconnaissance.

Nombreux sont ceux sans qui ce travail n'aurait pas pu être réalisé. Impossible de vous nommer tous. Je vais quand même essayer en acceptant le risque inévitable d'oublier quelqu'un de cher et important !

### **A mes co-internes et collègues,**

Thomas, ta bonne humeur (contagieuse) et ton caractère « easy going » font de toi un formidable ami ! Je souhaite longue vie à notre société scientifique !

Claire M et Claire S, je vous remercie d'avoir supporté mes hésitations de début d'internat. J'ai la chance de travailler avec des amies. J'espère que notre esprit d'équipe ne va que se consolider pendant les années à venir.

Pauline, ton amitié et tes précieux conseils m'ont aidé à garder l'énergie et l'enthousiasme pour aboutir ce travail. C'est toujours un plaisir de partager du temps avec toi. Je te remercie et j'espère qu'on aura l'occasion de travailler ensemble.

Tiffany, je te remercie pour ta disponibilité et pour m'avoir facilité le travail pour cette thèse (et pour le mémoire) pendant mon stage en chirurgie digestive. Tes encouragements m'ont fait du bien lors des jours les plus sombres !

Je remercie à tous ceux qui ont participé à la réalisation des échocardiographies, notamment : Lucie R, Céline G, Antoine G, Cathy C, Charles H, Rémi G, Anne Laure F, Emmanuelle B, Yvan J ...

Șerban, je te remercie pour m'avoir aidé à garder mes compétences en « roumain ». Mă bucur că ne-am cunoscut și îmi pare rău că nu vom lucra împreună. Pierd un coleg dar sper că nu și un prieten !

Une pensée va à mon co-interne en chirurgie orthopédique, Laurent A. Je te remercie pour ta compréhension et je te souhaite d'avoir en fin d'internat la même chance que moi, celle d'un super co-interne !

Dragoș, sper să avem mai des posibilitatea să purtăm discuțiile noastre filosofice. Sunt norocoasă să te am ca prieten. Drumurile ni s-au separat de mai multe ori, dar ce contează, lumea nu e chiar atât de mare ! ;)

**A tous ceux qui ont participé à ma formation,**

Aux médecins du Service de Réanimation, les docteurs Marc Clavel, Bruno François et Nicolas Pichon.

Ce travail n'aurait jamais pu être mené à terme sans le soutien de l'équipe d'anesthésie du CHU Limoges. Je remercie tout particulièrement aux services de chirurgie digestive, orthopédie et ORL. Un grand merci aux docteurs Jérôme Cros, Christine Ledan, Hervé Bertrand, Patrick Pezé, François Morisot, Jean Christophe Merle, Jean Pierre Favereau et Jean Philippe Marsaud.

A toute l'équipe du service d'anesthésie du CH Saint-Junien, en particulier un grand merci à Dominique Villate, Philippe Marchand, Naïma Haddad et Christine Salé.

Aux infirmiers de Réanimation, Soins Intensifs de Chirurgie Digestive et aux infirmiers anesthésistes. Merci de m'avoir accompagnée pendant ces années d'internat.

A Nadine, Catherine et Claire, mes fées Microsoft Office ! Merci pour votre patience et disponibilité !

## **A ma famille**

Je garde le meilleur pour la fin...

Peut être le plus grand sacrifice a été fait par mes parents et par Laurențiu, qui ont renoncé à tant de weekends, soirées et vacances pour que je puisse arriver là aujourd'hui. Ma reconnaissance est au-delà des mots. Je vous dédie cette thèse. Mulțumesc.

# **PLAN**

## **GENERALITES**

## **INTRODUCTION**

### **1. PATIENTS ET METHODES**

- 1.1 Type d'étude
- 1.2 Population étudiée
- 1.3 Programme d'enseignement
- 1.4 Les internes
- 1.5 Point of care echocardiography
- 1.6 Objectifs
- 1.7 Analyse statistique

### **2. RESULTATS**

- 2.1 Caractéristiques des patients
- 2.2 Point of care echocardiography
- 2.3 Propositions thérapeutiques
- 2.4 Performance diagnostique
- 2.5 Precision des mesures échographiques

### **3. DISCUSSION**

## **CONCLUSION**

## **BIBLIOGRAPHIE**

## **TABLEAUX ET FIGURES**

## **TABLE DES MATIERES**

## **ABSTRACT**

## **SERMENT D'HIPPOCRATE**

## LISTE DES ABREVIATIONS

ACCP: *American College of Chest Physicians*

EGR : échographie générale en réanimation

ETT : échocardiographie transthoracique

ETO : échocardiographie transœsophagienne

OD : oreillette droite

PEP : pression expiratoire positive

SRLF: *Société de Réanimation de Langue Française*

VCI : veine cave inférieure

VD : ventricule droit

VG : ventricule gauche

Vt : volume courant

## GENERALITES

---

---

### **1. Introduction**

L'évaluation échographique des patients de réanimation a beaucoup gagné en popularité les dernières années en raison de ses avantages par rapport aux autres techniques d'imagerie. Sa sécurité d'emploi, sa facilité d'utilisation et sa rapidité de mise en œuvre expliquent que l'échographie et plus particulièrement l'échocardiographie soient utilisées quotidiennement en première ligne (1–5). L'utilité des ultrasons dans le milieu de la réanimation ne soulève plus aucun doute (6–8) comme en témoigne leur utilisation exponentielle dans les services de réanimation européens (9–11).

### **2. Historique : échographie en réanimation**

Malgré les difficultés liées au matériel encombrant et onéreux, l'échographie commence à être utilisée chez les patients instables de réanimation à partir des années 1980 (12). La miniaturisation des appareils pendant les deux dernières décennies a permis la diffusion progressive de l'échographie hors des laboratoires de Cardiologie et de Radiologie, dans les services de soins pour une disponibilité accrue 24/7 au lit du patient. Les réanimateurs ont été moteurs dans cette évolution des pratiques (13–16) avec comme conséquence directe l'émergence d'un besoin accru de formation (9). Actuellement les différentes régions françaises proposent un Diplôme Inter-Universitaire (DIU) commun (Techniques UltraSoniques en Anesthésie et Réanimation : TUSAR) destiné à former les anesthésistes-réanimateurs et les réanimateurs à l'échographie cardiaque, pulmonaire, abdominale et au doppler

transcrânien. Depuis plus de 15 ans, les réanimateurs peuvent également valider le DIU d'échocardiographie qui est piloté au plan national par les cardiologues. Ce DIU a été modifié sous l'impulsion des réanimateurs il y a une dizaine d'années et comprend actuellement une première année commune avec les cardiologues, et une seconde année avec une option « cardiologie » ou « réanimation » (9). Dans ces deux DIU, les cours théoriques sont dispensés lors de séminaires régionaux et d'un séminaire national annuel.

L'échographie en réanimation est un examen réalisé et interprété par le réanimateur au lit du patient. En 2009, l'*American College of Chest Physicians (ACCP)* et *La Société de Réanimation de Langue Française (SRLF)* ont défini les compétences qu'un réanimateur doit acquérir afin d'utiliser l'échographie dans sa pratique quotidienne (17). Cette compétence nécessite d'avoir des connaissances de base dans la physique des ultrasons, une bonne maîtrise de l'anatomie normale et pathologique, de connaître l'influence du positionnement du patient sur la qualité d'image et de savoir manipuler la sonde d'échographie. Des connaissances théoriques sont également nécessaires afin d'interpréter correctement l'information obtenue par l'échographie et de l'intégrer dans le contexte clinique. Le clinicien assume la responsabilité de l'acquisition et de l'interprétation des images échographiques (17).

L'examen échographique en réanimation comporte l'échographie générale (thoracique, abdominale, transcrânienne et vasculaire) et l'échocardiographie (niveau basique ou expert) (17). La compétence en échographie générale en réanimation (EGR) nécessite la connaissance de la sémiologie de l'échographie pleurale, pulmonaire, abdominale, vasculaire (notamment pour la mise en place d'un abord vasculaire et le diagnostic d'une thrombose veineuse). L'échographie cardiaque

permet d'obtenir des informations morphologiques et fonctionnelles sur le cœur et les gros vaisseaux. Elle a été la première modalité de l'échographie à diffuser en réanimation, principalement pour l'évaluation hémodynamique des patients en défaillance circulatoire ou respiratoire (1–5,11,18,19). L'échocardiographie guide le traitement symptomatique d'une défaillance circulatoire (20–24) et fait partie des méthodes d'évaluation hémodynamique recommandées dans la prise en charge des états de choc (25). La disponibilité d'un opérateur formé est une des principales limites de l'examen. Pour cette raison, les programmes de formation sont un préalable essentiel au développement de l'échocardiographie en réanimation (1,26). De nombreuses études ont démontré que des internes en réanimation non-cardiologues peuvent acquérir des compétences en échocardiographie de niveau basique après un programme de formation limitée (14,27–29).

### **3. Concept de « point-of-care ultrasonography »**

L'équipement plus compact, de meilleure qualité et moins onéreux a facilité le développement du concept de « point-of-care ultrasonography » (30). Après son introduction aux Etats Unis dans les années 1980, le concept a rapidement diffusé dans le monde entier (31,32). Il s'agit d'un examen échographique ciblé réalisé au lit du patient afin d'améliorer la performance de l'examen clinique (33–35). Le « point-of care-ultrasonography » qui correspond à un « prolongement de l'observation clinique » et non à une échographie complète répondant aux règles de l'art, est limité à un nombre restreint de questions cliniques simples (réponses binaires) et peut être répété en fonction de l'évolution (34,36,37).

#### **4. Niveaux de compétence et formation à l'échocardiographie en réanimation**

##### **a. Niveau de compétence « basique »**

Le consensus de 2009 *ACCP/SRLF* fait la distinction entre deux niveaux de compétence : un niveau dit « basique » et un niveau dit « avancé » (17). Ces recommandations internationales décrivent les connaissances théoriques et pratiques que doit acquérir le réanimateur pour atteindre chaque niveau de compétence. Une table ronde internationale a réuni en 2011 des représentants de 16 Sociétés savantes de réanimation d'Europe, d'Amérique du Nord, d'Australie et d'Asie afin de définir le curriculum de la formation à l'échocardiographie en réanimation (38). L'ensemble des participants à cette table ronde a recommandé fortement que tout réanimateur ait un niveau « basique » en échocardiographie au terme de sa formation initiale (38). L'échocardiographie de niveau « basique » en réanimation fait essentiellement appel à la pratique de l'échocardiographie transthoracique (ETT). L'évaluation est qualitative (pas ou très peu de mesures), orientée et potentiellement répétée après des interventions thérapeutiques réalisées au décours de l'examen. Le principe essentiel est que la spécificité prime sur la sensibilité. Ainsi, seules les anomalies clairement identifiées par l'opérateur en cours de formation guident des modifications thérapeutiques, alors que toute interprétation incertaine requiert l'appel d'un opérateur expérimenté (17).

L'échocardiographie niveau « basique » nécessite d'acquérir une compétence dans l'acquisition des fenêtres ultrasonographiques suivantes : parasternale grand axe, parasternale petit axe, apicale quatre cavités, sous-costale et veine cave inférieure. L'interprétation de l'examen nécessite d'avoir des connaissances médicales tout particulièrement dans l'évaluation et la gestion des états de choc, de

l'arrêt cardiaque, de l'insuffisance respiratoire aiguë et dans les mécanismes physiopathologiques des défaillances circulatoires et respiratoires aiguës (17).

**Tableau A – Compétence du niveau basique d'échocardiographie en réanimation :  
connaissances requises dans l'interprétation des images\***

---

Compétences niveau basique

---

Taille et fonction systolique globale du ventricule gauche

Contraction homogène ou hétérogène du ventricule gauche

Taille et fonction systolique du ventricule droit

Identification d'un épanchement péricardique / tamponnade

Taille de la veine cave inférieure et ses variations respiratoires

Evaluation en Doppler couleur d'une insuffisance valvulaire sévère

---

\* *D'après Mayo et al. (17)*

La compétence basique exige la capacité de réaliser une évaluation qualitative de la taille de la cavité du ventricule gauche (virtuelle, normale ou dilatée), de la fonction ventriculaire gauche globale (normale, augmentée, dysfonction modérée ou dysfonction sévère) et d'identifier une contraction hétérogène du ventricule gauche qui est en faveur d'une anomalie de contraction segmentaire d'origine ischémique. L'évaluation qualitative de la taille de la cavité du ventricule droit (normale ou dilatée) et de la fonction systolique du ventricule droit en utilisant les coupes apicale quatre cavités associée à la capacité d'identifier une cinétique paradoxale du septum interventriculaire en coupe parasternale petit axe est également requise. L'opérateur doit pouvoir identifier un épanchement péricardique en le différenciant de la graisse péricardique, de l'épanchement pleural et de l'ascite, et les signes en imagerie

bidimensionnelle de tamponnade éventuellement associée (collapsus diastolique des cavités droites, dilatation et absence de collapsus inspiratoire de la veine cave inférieure chez les patients en ventilation spontanée). Il doit être capable de mesurer en vue sous-costale le diamètre de la veine cave inférieure et d'évaluer qualitativement ses variations respiratoires chez les patients en ventilation spontanée, en connaissant les difficultés d'interprétation (risque de confusion avec l'aorte abdominale, effets de la ventilation mécanique et de l'élévation de la pression intra-abdominale). La capacité d'identifier une régurgitation valvulaire sévère en utilisant le Doppler couleur est requise (Tableaux A et B). Cependant, la compétence niveau « basique » n'inclue pas l'utilisation du Doppler couleur ou spectral pour une évaluation hémodynamique plus fine ou pour l'évaluation de la sévérité d'une valvulopathie. Elle n'inclue pas non plus l'identification d'une dysfonction ventriculaire gauche isolée minime, la localisation anatomique d'une anomalie de contraction segmentaire du ventricule gauche, ou le diagnostic d'une dysfonction ventriculaire droite en l'absence de dilatation cavitaire. Néanmoins, le réanimateur doit être capable d'identifier toute situation qui justifie la consultation d'un échocardiographe de niveau « avancé »(17).

**Tableau B** – Compétence du niveau basique d'échocardiographie en réanimation :  
connaissances requises concernant les syndromes cliniques\*

| Syndromes cliniques                                    | Signes échocardiographiques  |
|--|--|
| Hypovolémie sévère                                     | Cavités ventriculaires de petite taille, hyperkinétiques<br>VCI de petit diamètre avec de grandes variations respiratoires   |
| Insuffisance ventriculaire gauche                      | Dysfonction systolique globale du VG<br>Anomalie segmentaire de la contractilité évocatrice d'ischémie myocardique<br>Dilatation de la cavité VG évocatrice d'une atteinte cardiaque chronique |
| Insuffisance ventriculaire droite                      | Cœur pulmonaire aigu : dilatation VD et septum paradoxal<br>Dilatation isolée du VD évocatrice d'un infarctus du VD<br>VCI dilatée, non compressible   |
| Tamponnade   | Epanchement péricardique<br>Collapsus diastolique des cavités droites<br>VCI dilatée, non compressible   |
| Insuffisance mitrale aiguë massive                     | VG de taille normale (valvulopathie aiguë)<br>Fonction VG normale ou augmentée<br>Regurgitation massive en Doppler couleur   |
| Inefficacité cardiocirculatoire pendant la réanimation | Tamponnade ou cœur pulmonaire aigu (embolie pulmonaire massive)<br>Fonction VG (arrêt cardiaque, effondrée, hyperkinétique)  |
| Inefficacité cardiocirculatoire après réanimation      | Anomalie de contraction segmentaire du VG évocatrice d'ischémie myocardique  |

\*D'après Mayo et al. (17)

Afin d'obtenir ces compétences, des recommandations sur la formation pratique et théorique ont été définies. Pour le niveau basique, 10 heures de formation théorique sont considérées comme nécessaires, associant idéalement cours magistraux, cas cliniques interactifs et travaux pratiques (39,40). Un nombre de 30 examens supervisés semble raisonnable afin d'obtenir une compétence dans l'acquisition et l'interprétation des images d'échocardiographie (14,41). Les échocardiographies formatrices devraient être réalisées sur des patients instables afin d'augmenter la probabilité de trouver des images pathologiques. L'entraînement sur des volontaires sains est néanmoins une méthode conseillée afin d'acquérir la manipulation de la sonde échographique, l'obtention des fenêtres standards, l'orientation spatiale et la connaissance de l'anatomie normale. Même si le niveau basique repose essentiellement sur l'ETT, l'échocardiographie transoesophagienne (ETO) peut représenter une composante optionnelle de la formation basique si le contexte clinique est pertinent (chirurgie cardiaque, centres de traumatologie) (38).

#### **b. Niveau de compétence « avancé »**

Plus récemment, en 2014, des recommandations internationales ont été publiées pour la formation des réanimateurs à l'échocardiographie en réanimation niveau « avancé » (42). Celle-ci nécessite considérablement plus de temps dédié à la formation que l'échographie générale ou l'échocardiographie niveau basique. Par conséquent, la compétence ne peut pas être acquise dans le cadre de la formation initiale, mais nécessite une formation dédiée. L'échocardiographie de niveau avancé utilise des techniques de mesure employées traditionnellement par les cardiologues, mais leurs utilisations et leurs applications sont différentes pour le réanimateur. La formation pour l'obtention d'une compétence de niveau avancé impose l'évaluation

des acquisitions pour l'obtention d'un diplôme. Le développement d'une certification Européenne est fortement recommandé afin de reconnaître la compétence technique et interprétative du réanimateur (42).

### **c. Formation**

Des efforts considérables ont été faits surtout en Europe pour la mise en place de formations structurées dédiées aux anesthésistes et réanimateurs (43,44). En France, dès le début des années 2000, la collaboration entre cardiologues, anesthésistes et réanimateurs a permis le développement d'une formation de 2 ans en échocardiographie de réanimation de niveau expert. La formation comprend une première année commune pour les réanimateurs et les cardiologues suivie d'une deuxième année orientée vers l'échocardiographie chez le patient de réanimation. Plus récemment, les anesthésistes et les réanimateurs ont créé de manière conjointe un curriculum de 1 an spécialement dédié aux médecins sans expérience échographique antérieure désirant obtenir une compétence pour pratiquer l'échocardiographie de niveau avancé en réanimation (36).

Une certification pour le niveau basique n'est pas encore requise pour tout réanimateur, quoique disponible dans plusieurs pays. La formation pour l'obtention de la compétence au niveau basique en échographie générale et en échocardiographie devrait être incluse dans le curriculum de tout réanimateur (17,42). Dans ce but, les internes qui passent en stage dans le service de Réanimation Polyvalente du CHU de Limoges ont une formation au niveau basique d'échocardiographie depuis 2005.

L'utilisation de l'échographie par les réanimateurs en l'absence de diplôme soulève évidemment des questions médico-légales. On assiste progressivement à la

transformation de l'échographie d'un outil optionnel à un outil indispensable dans la gestion de certaines conditions dans le milieu de la réanimation (ex : accès vasculaire, suspicion de tamponnade, évacuation de l'épanchement pleural...) (42). Même si du point de vue médico-légal la compétence prime sur la certification, cette dernière permet l'acquisition d'un standard de pratique pertinent (45).

Une formation limitée à l'échocardiographie des internes en réanimation qui n'ont aucune expérience préalable avec les ultrasons est efficace pour répondre à des questions cliniques simples fondées sur l'imagerie bidimensionnelle (14,28,41). Un tel programme de formation des internes non-cardiologues (cœur, gros vaisseaux, plèvres) a été récemment validé afin de répondre aux exigences du niveau « basique » (29). Après un programme de formation de 12 heures associant cours, cas cliniques interactifs, formation pratique, des internes non-cardiologues et sans expérience échographique ont répondu de manière adéquate à des questions cliniques simples en utilisant l'échocardiographie transthoracique. (Tableau C).

**Tableau C.** Curriculum pour l'échocardiographie de niveau basique en réanimation\*

---

Curriculum pour internes non-cardiologues (acquisition 2D)

---

Cours didactiques (4h) :

- Base des ultrasons et optimisation de l'image, artefacts
- Revue de l'utilisation de l'échocardiographie en réanimation (indications, contre-indications, avantages, limites)
- Fenêtres standard transthoraciques: sous-costale, apicale quatre cavités, parasternale petit axe, parasternale grand axe et veine cave inférieure
- Anatomie du cœur : cavités, valves, péricarde, gros vaisseaux, variantes normales
- Questions cliniques en réanimation :
  - Fonction systolique VG globale : normale ou augmentée (hyperkinétique), diminuée (évaluation visuelle de la fraction d'éjection du VG : 30 à 50%) ou effondrée (fraction d'éjection du VG estimée < 30%)
  - Identification des anomalies segmentaires de contractilité du VG : aspect hétérogène de l'épaississement systolique des parois ventriculaire (identification précise de la distribution segmentaire non requise)
  - Taille du VG : normale, dilatée (diamètre télédiastolique > 53 mm chez la femme et > 57 mm chez l'homme en fenêtre parasternale) ou diminuée
  - Taille VD : normale ou dilatée (ratio diamètre télédiastolique VD/VG > 0.6 en vue apicale quatre cavités)
  - Fonction systolique globale du VD : normale ou diminuée ; présence d'un septum paradoxal (vue parasternale petit axe) évocatrice de cœur pulmonaire
  - Diamètre VCI : diminué (diamètre en fin d'expiration < 15 mm), normal ou dilaté (diamètre en fin d'expiration > 23 mm)
  - Variations respiratoires de la VCI chez les patients en ventilation spontanée : collapsus inspiratoire (réduction visuelle du diamètre pendant l'inspiration > 50%) ou non (absence de variation ou variation respiratoire non significative du diamètre de la VCI) ; identification des éventuels facteurs confondants tels la ventilation en pression positive ou l'hyperpression intra-abdominale
  - Identification de l'épanchement péricardique et diagnostic différentiel (graisse, épanchement pleural, ascite)
  - Tamponnade : épanchement péricardique, collapsus de cavités cardiaques droites et VCI non compressible

Cas cliniques interactifs (2h) :

- Au moins deux illustrations des syndromes cliniques du champ de compétence

Formation pratique (6h) :

- Appareil d'échocardiographie : utilisation et réglages
- Examen de volontaires sains : positionnement de la sonde d'échographie, orientation, fenêtres standard, identification des structures anatomiques normales
- Examen de 10 à 12 patients ventilés avec défaillance circulatoire ou respiratoire pour illustration des situations pathologiques énumérées
- Validation des mesures bidimensionnelles

---

\*D'après Vignon et al. (29)

L'impact diagnostique et thérapeutique majeur de l'échocardiographie niveau avancé chez les patients instables de réanimation est établi (8,46). En revanche, l'impact thérapeutique potentiel de la pratique de l'échocardiographie niveau « basique » n'a jamais été évalué en réanimation.

## **1. INTRODUCTION**

---

---

L'échocardiographie en réanimation est un examen réalisé et interprété par le réanimateur au lit du patient pour établir le diagnostic et guider la prise en charge des patients présentant une défaillance circulatoire ou respiratoire (17). La miniaturisation des machines a facilité le développement du concept de « point-of-care ultrasonography » qui désigne un examen échographique ciblé réalisé au lit du patient où qu'il se trouve, afin d'améliorer la performance de l'examen clinique (33). Des recommandations récentes ont établi les connaissances théoriques et pratiques que devait acquérir le réanimateur pour atteindre deux niveaux de compétence distincts: un niveau dit « basique » et un niveau dit « avancé » (17). L'échocardiographie de niveau « basique » en réanimation fait essentiellement appel à la pratique de l'ETT. L'évaluation est qualitative, orientée et peut être répétée après des interventions thérapeutiques spécifiques. L'échocardiographie de niveau « avancé » permet au réanimateur d'être totalement indépendant pour prendre en charge un patient avec une défaillance cardiorespiratoire grâce à une évaluation approfondie de l'état hémodynamique et de l'anatomie cardiaque par l'utilisation de l'ETT ou de l'ETO (17). Une table ronde internationale a fortement recommandé que tout réanimateur ait atteint un niveau « basique » en échocardiographie au terme de sa formation initiale (38). Une formation limitée à l'échocardiographie des internes en réanimation qui n'ont aucune expérience préalable avec les ultrasons est efficace pour répondre à des questions cliniques simples fondées sur l'imagerie bidimensionnelle (14). Un tel programme de formation des internes non cardiologues a été récemment validé afin de répondre aux exigences de niveau « basique » (29). En revanche, l'impact thérapeutique potentiel de la pratique de l'échocardiographie

niveau « basique » n'a jamais été évalué en réanimation.

L'étude présente a donc pour but d'évaluer la pertinence des propositions thérapeutiques qu'un interne en réanimation sans expérience préalable dans le domaine des ultrasons peut faire au décours d'une formation limitée en échocardiographie destinée à atteindre le niveau « basique ».

## **2. PATIENTS ET METHODES**

---

### **2.1. OBJECTIFS**

L'objectif principal était d'évaluer l'agrément entre les propositions thérapeutiques formulées par des internes novices en ultrasons après une formation limitée à l'échocardiographie basique en réanimation et celles d'un expert considéré comme référence au décours d'une ETT réalisée chez des patients de réanimation atteints d'une défaillance circulatoire ou respiratoire.

L'objectif secondaire était d'évaluer l'agrément entre les réponses aux questions cliniques simples formulées par les internes après formation ciblée et l'expert considéré comme référence, ainsi que la concordance des mesures réalisées en imagerie bidimensionnelle.

### **2.2. TYPE D'ETUDE**

Il s'agit d'une étude observationnelle, prospective et monocentrique qui a été réalisée sur une période de 3 ans (août 2010-novembre 2013) dans le service de Réanimation Polyvalente du CHU de Limoges. Les internes participaient sur la base du volontariat dès lors qu'ils n'avaient aucune expérience préalable dans le domaine des ultrasons. Les patients majeurs étaient éligibles lorsqu'ils nécessitaient une évaluation hémodynamique par ETT en raison d'une défaillance circulatoire ou respiratoire. Dans le service investigateur, l'ETT est utilisée en première ligne pour l'évaluation hémodynamique des patients et l'examen est éventuellement complété par une ETO selon le contexte clinique et les informations fournies par l'ETT. Ainsi, l'étude a été approuvée par le Comité d'Ethique institutionnel qui n'a pas requis de

recueil de consentement éclairé signé en raison de l'absence de modification des standards de soins locaux. Les patients et leurs représentants recevaient une information orale sur l'étude menée afin de s'assurer de l'absence d'opposition pour y participer.

### **2.3. POPULATION D'ETUDE**

L'indication de l'échocardiographie était laissée à la discrétion du réanimateur en charge du patient.

Pour chaque patient inclus, les informations suivantes étaient colligées :

- Poids, taille, surface corporelle, sexe, âge
- Score de gravité IGS II
- Motif d'admission en réanimation
- Pathologie principale motivant l'admission en réanimation
- Indication de l'ETT
- Paramètres de ventilation mécanique : volume courant, pression télé-expiratoire positive (PEP), volume courant rapporté au poids ( $V_t$ / kg)
- Paramètres vitaux : pression artérielle systolique, diastolique et moyenne, fréquence cardiaque
- Type de rythme cardiaque (sinusal ou non)
- Posologie des catécholamines
- Paramètres biologiques : rapport  $PaO_2/FiO_2$ , lactatémie, équilibre acido-basique, bilan hépatique, hémoglobinémie et numération plaquettaire.

## **2.4. PROGRAMME D'ENSEIGNEMENT**

Quinze internes sans expérience préalable dans la pratique de l'échographie ont suivi un programme de formation théorique de 4 heures selon un curriculum antérieurement validé (29). La formation était dispensée par un médecin réanimateur expert en échographie avec l'équivalence d'un niveau 3 de *l'American Society of Echocardiography* (47). Cet enseignement théorique était suivi par 2 heures de cas cliniques interactifs et 6 heures de formation pratique encadrée au lit du malade, destinée à mettre en application les notions théoriques acquises. Les sessions pratiques étaient réalisées initialement sur une dizaine de patients afin de maîtriser l'aspect technique de l'ETT, l'acquisition des images et l'identification des structures anatomiques. Pour chaque séance, un maximum de deux internes était formé par référent.

## **2.5. LES INTERNES**

Les internes ayant participé à l'étude étaient inscrits en DES d'anesthésie-réanimation (n=9), néphrologie (n=3), médecine interne (n=2), pneumologie (n=1) et n'avaient aucune expérience antérieure en échographie. Le semestre de stage dans le service de Réanimation Polyvalente était organisé comme suit : 1 moins de familiarisation avec les standards de la réanimation et l'organisation du service, 1 moins de formation sur l'ETT basique et participation à l'étude pendant les 4 derniers mois de stage.

## **2.6. POINT-OF-CARE ECHOCARDIOGRAPHY**

Les patients étaient examinés par un interne ayant reçu une formation limitée à l'ETT et par un réanimateur expérimenté en ultrasons, dans un ordre aléatoire

selon la disponibilité des opérateurs mais de manière indépendante.

Les examens étaient réalisés en utilisant un appareil haut de gamme miniaturisé CX 50® (Philips Healthcare) équipé d'une sonde large bande passante 3,5-5 MHz. Les deux examens étaient réalisés dans un délai maximum d'une heure. Les cinq fenêtres échocardiographiques étudiées étaient systématiquement recherchées chez tous les patients éligibles. La qualité des images obtenues était définie comme suit : 0, pas d'image ; 1, qualité mauvaise (identification de moins de 50% de l'endocarde du ventricule gauche) ; 2, qualité correcte (identification de plus de 50% de l'endocarde du ventricule gauche) ; 3, qualité excellente (identification complète de l'endocarde du ventricule gauche) (14). L'interprétation de l'examen et les mesures étaient réalisées en temps réel au lit du patient et de manière indépendante par les deux opérateurs. Le temps nécessaire pour réaliser l'examen était noté. Les mesures imprimées pour chacun des examens réalisés.

Pour chaque patient, les opérateurs répondaient à des questions cliniques simples dont le diagnostic était fondé sur l'imagerie bidimensionnelle : fonction systolique globale du ventricule gauche (évaluation visuelle de la fraction d'éjection), caractère homogène ou hétérogène de la contraction du ventricule gauche (anomalie de contraction segmentaire), taille de la cavité ventriculaire gauche, taille et fonction globale du ventricule droit, épanchement péricardique et éventuellement tamponnade, insuffisance aortique ou mitrale massive identifiée en doppler couleur (17).

Les critères diagnostiques échocardiographiques étaient standardisés et définis *a priori*. La dysfonction systolique globale du ventricule gauche était considérée comme modérée pour une fraction d'éjection estimée visuellement entre 30% et 50%, et sévère lorsqu'elle était inférieure à 30%. Un diamètre télédiastolique

du ventricule gauche  $> 53$  mm chez la femme et  $> 57$  mm chez l'homme en vue parasternale grand axe définissait la dilatation ventriculaire gauche (48). La dilatation ventriculaire droite correspondait à un rapport diamètre télédiastolique du ventricule droit / diamètre télédiastolique du ventricule gauche  $> 0,6$  en vue apicale quatre cavités. La présence d'un ventricule droit dilaté en vue grand axe et d'un septum paradoxal en vue parasternale petit axe étaient les critères diagnostiques de cœur pulmonaire aigu (49). La dilatation de la veine cave inférieure correspondait à un diamètre télé-expiratoire  $> 23$  mm.

A l'issue de l'ETT, chaque opérateur faisait une proposition thérapeutique en lien avec l'interprétation de l'examen et le contexte clinique. Les internes et les réanimateurs expérimentés avaient accès aux mêmes informations concernant les antécédents, l'histoire médicale et l'état clinique des patients mais réalisaient l'échocardiographie et remplissaient le document de recueil de données de manière indépendante. Les propositions thérapeutiques étaient également prédéfinies : remplissage vasculaire, traitement vasopresseur, traitement inotrope positif, déplétion hydro-sodée, ventilation protectrice, NO inhalé, drainage péricardique, chirurgie valvulaire en urgence, ou autre proposition. Un algorithme de prise en charge thérapeutique en fonction des données échographiques était annexé au document de recueil de données (Tableau 1).

Seules les propositions thérapeutiques de l'expert étaient utilisées par le médecin référent pour la prise en charge du patient.

La présence d'un ventricule gauche hyperkinétique, de cavités cardiaques de taille diminuée, d'une VCI d'un diamètre inférieur à 12 mm et se collabant à l'inspiration chez les patients en ventilation spontanée étaient considérés des critères d'hypovolémie profonde nécessitant un remplissage vasculaire. En cas de

dysfonction systolique du ventricule gauche sans signes d'hypovolémie associés, un traitement inotrope positif était proposé. La dilatation ventriculaire droite dans le cadre d'un cœur pulmonaire aigu ou non associée à une VCI dilatée sans variation respiratoire définissait la dysfonction ventriculaire droite qui faisait discuter un traitement vasopresseur, une ventilation protectrice ou du NO inhalé. Une fonction systolique globale normale ou augmentée des deux ventricules en l'absence de signes d'hypovolémie francs ou d'autre anomalie (ex, tamponnade, valvulopathie aiguë) chez un patient présentant une défaillance circulatoire était considérée en faveur d'une vasoplégie, et faisait proposer un traitement vasopresseur. En cas de proposition thérapeutique au décours de l'ETT, il fallait préciser si celle-ci entraînait une modification du traitement en cours ou non.

Après avoir rempli le recueil de données, le réanimateur senior avait la possibilité de terminer l'échocardiographie en utilisant toutes les modalités qu'il jugeait utiles, y compris l'ETO chaque fois qu'il le considérait nécessaire.

## **2.7. ANALYSE STATISTIQUE**

Les résultats sont exprimés en moyenne  $\pm$  déviations standard ou en pourcentages.

L'agrément des propositions thérapeutiques et des réponses aux questions cliniques était évalué à l'aide du coefficient Kappa ( $k$ ) et les intervalles de confiance (IC) à 95% étaient calculés (50). La concordance des mesures réalisées par les internes et les experts était évaluée à l'aide du coefficient de corrélation intraclass et les intervalles de confiance (IC) à 95% étaient calculés. Une valeur  $p < 0,05$  était considérée statistiquement significative.

### **3. RESULTATS**

---

#### **3.1. CARACTERISTIQUES DES PATIENTS**

Durant la période de l'étude, 244 patients ont été inclus (155 hommes ; âge :  $62 \pm 15$  ans ; 181 patients sous ventilation mécanique). Les indications de l'ETT étaient principalement : l'insuffisance circulatoire (n=90), l'insuffisance respiratoire aiguë (n=81) ou l'association des deux (n=20), l'arrêt cardiaque (n=48) et les difficultés de sevrage ventilatoire (n=4). Un support catécholaminergique était nécessaire pour 55 % des patients (Tableau 2).

#### **3.2. POINT-OF-CARE ECHOCARDIOGRAPHY**

Les internes ont réalisé en moyenne 33 ETT. Les opérateurs expérimentés réalisaient les examens plus rapidement que les internes ( $4,4 \pm 4,7$  min contre  $14,0 \pm 7,0$  min :  $p < 0,001$ ). La proportion des images de qualité bonne à excellente était significativement plus importante avec les opérateurs expérimentés (82% contre 74% :  $p < 0,0001$ ).

#### **3.3. PROPOSITIONS THERAPEUTIQUES**

Après interprétation de l'examen échocardiographique, les internes proposaient un traitement moins fréquemment que les opérateurs expérimentés, sans que la différence ne soit significative (153/243 [63%] contre 164/243 [68%] :  $p = 0,29$ ). De la même façon, les propositions thérapeutiques des internes tendaient à modifier le traitement en cours moins souvent que celles des opérateurs expérimentés, sans que la différence ne soit significative (87/244 [36%] contre

94/244 [39%] :  $p = 0,51$ ).

L'agrément entre les propositions thérapeutiques des internes et des opérateurs expérimentés était globalement de bon à excellent (Tableau 3). Un excellent agrément existait pour l'indication d'un traitement catécholaminergique, tant vasopresseur ( $k : 0,82$  ; IC95% : 0,78-0,95) qu'inotrope ( $k : 0,82$  ; IC95% : 0,73-0,90), mais aussi pour l'expansion volémique ( $k : 0,82$  ; IC95% : 0,72-0,92). L'agrément entre les opérateurs était excellent pour la prescription d'une ventilation protectrice ( $k : 1$  ; IC95% : 1-1), du NO inhalé ( $k : 0,91$  ; IC95% : 0,73-1) et pour l'indication d'un drainage péricardique ( $k : 1$  ; IC95% : 1-1). Les deux seules indications de drainage péricardique ont été identifiées par les internes novices en échocardiographie. L'indication de chirurgie valvulaire en urgence était correctement identifiée chez deux patients et proposée par l'interne chez un patient qui présentait une insuffisance mitrale massive mais ne nécessitait pas de correction urgente dans le contexte clinique ( $k : 0,80$  ; IC95% : 0,41-1). L'agrément était moins bon pour l'indication d'une déplétion hydro-sodée ( $k : 0,65$  ; IC 95% : 0,50-0,80). Les internes proposaient ce traitement chez 23 patients (9,5%) dont correctement chez 20 d'entre eux, alors que les seniors le proposaient chez 35 (14,4%) patients (Tableau 3).

### **3.4. PERFORMANCE DIAGNOSTIQUE**

Le nombre de questions cliniques restées sans réponse était inférieur avec les réanimateurs expérimentés (9% contre 12% :  $p = 0,0002$ ). La présence d'un épanchement péricardique, d'une dilatation de la VCI ou d'une insuffisance aortique étaient plus souvent documentées par le senior que par l'interne (236/244 [97%] contre 226/244 [93%] :  $p = 0,04$  ; 209/244 [86%] contre 192/244 [79%] :  $p = 0,04$  ; 226/244 [93%] contre 220/244 [82%] :  $p = 0,0004$ ).

Pour les questions auxquelles les deux opérateurs ont répondu, l'agrément était globalement bon à excellent (Tableau 4). Ainsi, l'accord était fort pour l'évaluation de la fonction systolique globale du VG ( $k : 0,82$  ; IC95% : 0,75-0,89). Celle-ci était qualifiée de manière inadéquate par les internes chez 21 des 241 patients (9%) évalués. Le caractère homogène ou non de la contractilité du VG était identifiée correctement par l'interne ( $k : 0,74$ ; IC95% : 0,63-0,87), de même que la taille du VG ( $k : 0,78$  ; IC95% : 0,67-0,89). La dilatation du VD et/ou sa dysfonction étaient identifiées par les opérateurs novices avec un excellent agrément avec les opérateurs expérimentés ( $k : 0,92$  ; IC95% : 0,86-0,98 et respectivement  $k : 0,81$  ; IC95% : 0,69-0,93). Il existait un agrément fort entre les deux opérateurs pour juger de la dilatation de la VCI ( $k : 0,77$ ; IC95% : 0,65-0,88), mais moindre pour l'appréciation des variations respiratoires du diamètre de la VCI chez les patients en ventilation spontanée ( $k : 0,68$  ; IC95% : 0,48-0,88). L'agrément entre junior et senior était bon pour identifier la présence d'un épanchement péricardique ( $k : 0,77$  ; IC95% : 0,62-0,92). Les deux cas de tamponnade survenus pendant la période de l'étude ont été correctement diagnostiqués par les internes. Un seul cas d'épanchement péricardique bien toléré n'a pas été identifié par l'opérateur junior. Aucun cas d'insuffisance aortique massive n'a été diagnostiqué au décours de l'étude. Les insuffisances mitrales massives étaient diagnostiquées par les internes comme le reflète un excellent agrément avec les opérateurs expérimentés ( $k : 0,79$  ; IC95% : 0,52-1) (Tableau 4).

### **3.5. PRECISION DES MESURES ECHOCARDIOGRAPHIQUES**

La concordance entre les mesures réalisées par les deux opérateurs était excellente, qu'il s'agisse du diamètre télédiastolique du VG (coefficient de corrélation

intra-classe : 0,87 ; IC95% : 0,83-0,9) (Figure 1), du rapport des diamètres télédiastoliques du VD et du VG (coefficient de corrélation intra-classe : 0,82 ; IC95% : 0,76-0,86) (Figure 2), ou du diamètre de la VCI (coefficient de corrélation intra-classe : 0,81 ; IC95% : 0,86-0,92) (Figure 3).

## **DISCUSSION**

---

L'échocardiographie est quotidiennement pratiquée en réanimation pour l'évaluation hémodynamique des patients en défaillance circulatoire et respiratoire (3,5,13,51,52). L'échocardiographie de niveau « basique » est destinée au réanimateur ayant reçu une formation limitée pour qu'il puisse répondre à des questions cliniques simples. Elle fait appel essentiellement à la pratique de l'ETT et permet une évaluation qualitative afin de guider la prise en charge thérapeutique (17). L'impact thérapeutique de l'échocardiographie basique réalisée par des internes novices ayant bénéficié d'un programme de formation limité a été très peu évalué (27,53). A notre connaissance, cette étude est la première à évaluer la pertinence des propositions thérapeutiques qu'un interne en réanimation peut faire au décours d'une formation limitée destinée à atteindre le niveau « basique » en échocardiographie sur une population de réanimation de taille importante.

Les propositions thérapeutiques faites par les internes novices en échocardiographie avaient un agrément bon à excellent avec celles des réanimateurs expérimentés. L'agrément était excellent pour le remplissage vasculaire, le traitement vasoconstricteur, le traitement inotrope, la ventilation protectrice, le NO inhalé et le drainage péricardique. L'agrément était moins fort pour l'indication d'une déplétion hydro-sodée, les internes ayant fait cette proposition thérapeutique moins souvent que les réanimateurs expérimentés. La décision de réaliser une déplétion hydro-sodée dépend beaucoup du contexte clinique et d'arguments échocardiographiques directs et indirects, tels que la taille et la

ballonisation éventuelle de la cavité VG, la taille de l'oreillette gauche, la dilatation même modérée du VD, la diminution voir l'abolition du collapsus inspiratoire de la VCI chez les patients en ventilation spontanée etc... Ainsi, cette proposition thérapeutique nécessite d'intégrer un grand nombre de facteurs cliniques et de paramètres échocardiographiques, donc une expérience en réanimation que n'a pas toujours atteinte l'interne en formation.

Le junior avait proposé à tort une indication de chirurgie valvulaire en urgence chez un patient présentant une insuffisance mitrale pourtant massive. Il s'agissait d'un patient venant d'être victime d'un arrêt cardiorespiratoire sur cardiopathie ischémique et ne relevant pas d'une indication à une correction chirurgicale en urgence de sa valvulopathie sévère au vu de la sévérité du tableau clinique, et notamment de l'encéphalopathie post-anoxique. Néanmoins, la discussion de la chirurgie en urgence était indiquée si on ne considère que la sévérité de la valvulopathie.

En ligne avec une étude récente (29), les internes ont évalué de manière adéquate la fonction systolique et la taille du VG, la dysfonction et la dilatation du VD, la présence d'un épanchement péricardique et le diamètre de la VCI. Le collapsus inspiratoire de la VCI chez les patients en ventilation spontanée était plus souvent sujet de discordance avec l'interprétation de l'opérateur expérimenté. D'ailleurs, le diamètre de la VCI n'avait pas pu être mesuré chez 52/244 patients (21%) par l'interne et 35/244 patients (14%) par le senior. Dans une population pédiatrique, Pershad et al. (54) avaient montré qu'une formation limitée à l'ETT des médecins urgentistes leur permettait d'évaluer de manière adéquate la fonction systolique du VG et le diamètre de la VCI. Néanmoins, la qualité d'images habituellement obtenue chez l'enfant est globalement nettement supérieure à celle obtenue chez l'adulte,

notamment en réanimation. De même, il a été montré qu'une formation ciblée en échocardiographie permettait aux médecins urgentistes d'évaluer correctement la fonction systolique du VG chez les patients hypotendus (55) ou non (56). La présence d'un épanchement péricardique était correctement identifiée par les internes récemment formés dans notre étude et les deux cas de tamponnade ont été diagnostiqués par les internes. En ce qui concerne l'épanchement péricardique, la cause la plus fréquente de faux résultats positifs était la présence de graisse à la surface du VD. Celle-ci était interprétée par les internes comme étant un épanchement péricardique localisé en vue sous-costale. La même erreur diagnostique a été décrite précédemment (29). Le seul cas de faux diagnostic négatif par l'interne concernait un épanchement péricardique minime sans tamponnade associée. Après une formation limitée des médecins urgentistes à l'ETT, Mandavia et al. (57) ont rapporté quatre faux résultats négatifs et huit faux résultats positifs chez des patients évalués pour la présence d'un épanchement péricardique. Dans l'étude présente, les internes ont réalisés en moyenne 33 ETT. Ce nombre d'examens est comparable à celui réalisé dans notre étude pilote (14) et dans la série précédente (29). La réalisation d'une trentaine d'ETT est actuellement conseillée pour atteindre la compétence en échocardiographie de niveau basique en réanimation (38).

L'examen échographique ciblé réalisé au lit du patient est devenu un moyen simple et efficace d'améliorer la performance de l'examen clinique chez les patients instables de réanimation (33). La « point-of-care ultrasonography » guide la démarche diagnostique, permet un gain de temps dans la prise en charge des patients et une diminution des coûts. Plusieurs études ont en effet trouvé une diminution du nombre d'examens réalisés par les services de radiologie et cardiologie après implémentation du « point-of-care ultrasonography » avec une

diminution de l'exposition des patients aux radiations et aux risques liés au transport des patients en état critique (58,59). Le développement de l'échocardiographie en réanimation a ouvert la voie vers son utilisation pour des questions médicales spécifiques et l'amélioration des standards de soins. Jones et al. (60) ont démontré que le « point-of-care ultrasonography » réalisée par un médecin urgentiste en complément de la prise en charge habituelle augmentait la proportion des diagnostics validés a posteriori par analyse indépendante des dossiers de 30 p 100. Chez les patients instables les plus graves (ex. : hypovolémie sévère, tamponnade, fonction systolique du VG effondrée), les anomalies échocardiographiques sont alors facilement identifiables car en règle caricaturales. Néanmoins, le réanimateur novice en ultrasons n'est pas à l'abri d'une erreur de diagnostic lorsqu'il utilise en première ligne l'échocardiographie avec des conséquences thérapeutiques potentiellement graves. De telles erreurs diagnostiques impactant potentiellement la prise en charge thérapeutique peuvent avoir des conséquences médico-légales (61). Une analyse récente des procès intentés aux médecins urgentistes sur une période de 20 ans pour la pratique et l'interprétation du « point-of-care ultrasonography » a retrouvé un seul cas. La faute retenue a été de ne pas avoir réalisé l'examen échographique à temps, ce qui a été considéré comme une perte de chance pour le patient (62).

L'utilisation de l'échographie dans les services de réanimation présente quelques inconvénients. L'appareil d'échographie, la sonde échographique et le gel appliqué sur la peau exposent au risque de transmission d'agents pathogènes résistants (53,63–65). L'utilisation du gel mono dose, la désinfection systématique de la sonde d'échographe entre chaque utilisation avec des solutions contenant des ammoniums quaternaires ou des solutions alcooliques en suivant des protocoles écrits de désinfection permet de réduire de manière considérable ce risque (66,67). L'ETT

peut être moins informative en présence d'une qualité d'images insuffisante chez les patients ayant des pansements postopératoires, les patients obèses ou présentant un emphysème sous-cutané. L'échocardiographie transoesophagienne n'est pas limitée par tous ces obstacles à la pénétration des ultrasons et fournit ainsi une qualité d'image supérieure et souvent plus d'informations que l'ETT. Elle est en outre parfaitement bien tolérée chez les patients endormis sous respirateurs. Néanmoins, l'utilisation de l'ETO par des novices après une formation limitée chez des patients de réanimation endormis et ventilés n'a pas encore été évaluée.

Notre étude présente plusieurs limites. La pertinence des propositions thérapeutiques proposées par le médecin réanimateur expérimenté n'a pas été évaluée en termes d'efficacité et de tolérance. L'apport supplémentaire de l'examen échocardiographique complet (incluant l'ETO le cas échéant) réalisé par le réanimateur expert dans la suite de l'ETT niveau basique dans le cadre de l'étude n'a pas été évalué. Le nombre d'internes inclus dans notre étude était relativement faible et la période d'évaluation de seulement 6 mois qui correspond à la durée des stages de formation des internes en France. Enfin, la courbe d'apprentissage n'a pas été étudiée.

## **CONCLUSION**

Un programme de formation limité destiné à l'acquisition du niveau de compétence basique en échocardiographie permet aux internes en réanimation novices dans le domaine des ultrasons de proposer des traitements qui ont un agrément bon à excellent avec les opérateurs expérimentés. Cette étude confirme que ce type de curriculum et la réalisation d'une trentaine d'ETT chez des patients de réanimation en défaillance hémodynamique ou respiratoire permet aux internes de répondre aux questions cliniques simples avec un bon agrément avec les réanimateurs expérimentés. La courbe d'apprentissage reste à définir ainsi que la pertinence d'une formation ciblée à l'ETO pour l'évaluation des patients en défaillance cardiorespiratoire avec une qualité d'image limitée en ETT.

## Références bibliographiques

---

---

1. Cholley BP, Vieillard-Baron A, Mebazaa A. Echocardiography in the ICU: time for widespread use! *Intensive Care Med.* 2006 Jan 1;32(1):9–10.
2. Breitzkreutz R, Walcher F, Seeger FH. Focused echocardiographic evaluation in resuscitation management: Concept of an advanced life support: conformed algorithm: *Crit Care Med.* 2007 May;35(Suppl):S150–S161.
3. Beaulieu Y. Bedside echocardiography in the assessment of the critically ill: *Crit Care Med.* 2007 May;35(Suppl):S235–S249.
4. Beaulieu Y. Specific skill set and goals of focused echocardiography for critical care clinicians. *Crit Care Med.* 2007 May;35(5 Suppl):S144–149.
5. Kaplan A, Mayo PH. Echocardiography performed by the pulmonary/critical care medicine physician. *Chest.* 2009 Feb;135(2):529–35.
6. Orme RML, Oram MP, McKinstry CE. Impact of echocardiography on patient management in the intensive care unit: an audit of district general hospital practice. *Br J Anaesth.* 2009 Mar;102(3):340–4.
7. Stanko LK, Jacobsohn E, Tam JW, De Wet CJ, Avidan M. Transthoracic echocardiography: impact on diagnosis and management in tertiary care intensive care units. *Anaesth Intensive Care.* 2005 Aug;33(4):492–6.
8. Hüttemann E, Schelenz C, Kara F, Chatzinikolaou K, Reinhart K. The use and safety of transoesophageal echocardiography in the general ICU -- a minireview.

Acta Anaesthesiol Scand. 2004 Aug;48(7):827–36.

9. 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 Feb;34(2):243–9.
10. Vignon P. Hemodynamic assessment of critically ill patients using echocardiography Doppler. *Curr Opin Crit Care.* 2005 Jun;11(3):227–34.
11. Poelaert JI, Trouerbach J, De Buyzere M, Everaert J, Colardyn FA. Evaluation of transesophageal echocardiography as a diagnostic and therapeutic aid in a critical care setting. *Chest.* 1995 Mar;107(3):774–9.
12. Ozier Y, Guéret P, Jardin F, Farcot JC, Bourdarias JP, Margairaz A. Two-dimensional echocardiographic demonstration of acute myocardial depression in septic shock. *Crit Care Med.* 1984 Jul;12(7):596–9.
13. Vignon P, Chastagner C, François B, Martailié J-F, Normand S, Bonnivard M, et al. Diagnostic ability of hand-held echocardiography in ventilated critically ill patients. *Crit Care Lond Engl.* 2003 Oct;7(5):R84–91.
14. 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 Oct 1;33(10):1795–9.
15. Bouhemad B, Zhang M, Lu Q, Rouby J-J. Clinical review: Bedside lung ultrasound in critical care practice. *Crit Care Lond Engl.* 2007;11(1):205.
16. Andruszkiewicz P, Sobczyk D. Ultrasound in critical care. *Anaesthesiol Intensive*

Ther. 2013 Sep;45(3):177–81.

17. Mayo PH, Beaulieu Y, Doelken P, Feller-Kopman D, Harrod C, Kaplan A, et al. American College of Chest Physicians/La Société de Réanimation de Langue Française statement on competence in critical care ultrasonography. *Chest*. 2009 Apr;135(4):1050–60.
18. Vignon P, Mentec H, Terré S, Gastinne H, Guéret P, Lemaire F. Diagnostic accuracy and therapeutic impact of transthoracic and transesophageal echocardiography in mechanically ventilated patients in the ICU. *Chest*. 1994 Dec;106(6):1829–34.
19. Jensen MB, Sloth E, Larsen KM, Schmidt MB. Transthoracic echocardiography for cardiopulmonary monitoring in intensive care. *Eur J Anaesthesiol*. 2004 Sep;21(9):700–7.
20. Jensen MB, Sloth E. Echocardiography for cardiopulmonary optimization in the intensive care unit: should we expand its use? *Acta Anaesthesiol Scand*. 2004 Oct;48(9):1069–70.
21. Boyd JH, Walley KR. The role of echocardiography in hemodynamic monitoring. *Curr Opin Crit Care*. 2009 Jun;15(3):239–43.
22. Noritomi DT, Vieira MLC, Mohovic T, Bastos JF, Cordioli RL, Akamine N, et al. Echocardiography for hemodynamic evaluation in the intensive care unit. *Shock* Augusta Ga. 2010 Sep;34 Suppl 1:59–62.
23. Ferrada P, Murthi S, Anand RJ, Bochicchio GV, Scalea T. Transthoracic focused rapid echocardiographic examination: real-time evaluation of fluid status in

- critically ill trauma patients. *J Trauma*. 2011 Jan;70(1):56–62; discussion 62–64.
24. Kanji HD, McCallum J, Sirounis D, MacRedmond R, Moss R, Boyd JH. Limited echocardiography-guided therapy in subacute shock is associated with change in management and improved outcomes. *J Crit Care*. 2014 Oct;29(5):700–5.
  25. Antonelli M, Levy M, Andrews PJD, Chastre J, Hudson LD, Manthous C, et al. Hemodynamic monitoring in shock and implications for management. International Consensus Conference, Paris, France, 27-28 April 2006. *Intensive Care Med*. 2007 Apr;33(4):575–90.
  26. Mayo PH. Training in critical care echocardiography. *Ann Intensive Care*. 2011;1:36.
  27. Jones AE, Tayal VS, Kline JA. Focused training of emergency medicine residents in goal-directed echocardiography: a prospective study. *Acad Emerg Med Off J Soc Acad Emerg Med*. 2003 Oct;10(10):1054–8.
  28. Manasia AR, Nagaraj HM, Kodali RB, Croft LB, Oropello JM, Kohli-Seth R, et al. Feasibility and potential clinical utility of goal-directed transthoracic echocardiography performed by noncardiologist intensivists using a small hand-carried device (SonoHeart) in critically ill patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2005 Apr;19(2):155–9.
  29. Vignon P, Mücke F, Bellec F, Marin B, Croce J, Brouqui T, et al. Basic critical care echocardiography: Validation of a curriculum dedicated to noncardiologist residents\*. *Crit Care Med*. 2011 Apr;39(4):636–42.
  30. Morris AE. Point-of-Care Ultrasound: Seeing the Future. *Curr Probl Diagn*

Radiol. 2014 Jul 23;

31. Woo MY, Frank JR, Curtis Lee A. Point-of-care ultrasonography adoption in Canada: using diffusion theory and the Evaluation Tool for Ultrasound skills Development and Education (ETUDE). *CJEM*. 2014 Sep 1;16(5):345–51.
32. Atkinson P, Ross P, Henneberry R. Coming of age: emergency point of care ultrasonography in Canada. *CJEM*. 2014 Jul 1;16(4):265–8.
33. Moore CL, Copel JA. Point-of-Care Ultrasonography. *N Engl J Med*. 2011;364(8):749–57.
34. Kimura BJ, Yogo N, O’Connell CW, Phan JN, Showalter BK, Wolfson T. Cardiopulmonary limited ultrasound examination for “quick-look” bedside application. *Am J Cardiol*. 2011 Aug 15;108(4):586–90.
35. Arienti V, Di Giulio R, Cogliati C, Accogli E, Aluigi L, Corazza GR, et al. Bedside Ultrasonography (US), Echocopy and US Point of Care as a new kind of stethoscope for Internal Medicine Departments: the training program of the Italian Internal Medicine Society (SIMI). *Intern Emerg Med*. 2014 Aug 22;
36. Vignon P. PRO: physician-performed ultrasound: the time has come for routine use in acute care medicine. *Anesth Analg*. 2012 Nov;115(5):999–1003.
37. Mongodi S, Via G, Bouhemad B, Storti E, Mojoli F, Braschi A. Usefulness of combined bedside lung ultrasound and echocardiography to assess weaning failure from mechanical ventilation: a suggestive case\*. *Crit Care Med*. 2013 Aug;41(8):e182–185.
38. Expert Round Table on Ultrasound in ICU. International expert statement on

- training standards for critical care ultrasonography. *Intensive Care Med.* 2011 Jul;37(7):1077–83.
39. Price S, Via G, Sloth E, Guarracino F, Breikreutz R, Catena E, et al. Echocardiography practice, training and accreditation in the intensive care: document for the World Interactive Network Focused on Critical Ultrasound (WINFOCUS). *Cardiovasc Ultrasound.* 2008;6:49.
  40. Breikreutz R, Uddin S, Steiger H, Ilper H, Steche M, Walcher F, et al. Focused echocardiography entry level: new concept of a 1-day training course. *Minerva Anesthesiol.* 2009 May;75(5):285–92.
  41. Melamed R, Sprenkle MD, Ulstad VK, Herzog CA, Leatherman JW. Assessment of left ventricular function by intensivists using hand-held echocardiography. *Chest.* 2009 Jun;135(6):1416–20.
  42. Expert Round Table on Echocardiography in ICU. International consensus statement on training standards for advanced critical care echocardiography. *Intensive Care Med.* 2014 May;40(5):654–66.
  43. Sharma V, Fletcher SN. A review of echocardiography in anaesthetic and peri-operative practice. Part 2: training and accreditation. *Anaesthesia.* 2014 Aug;69(8):919–27.
  44. Barber RL, Fletcher SN. A review of echocardiography in anaesthetic and peri-operative practice. Part 1: impact and utility. *Anaesthesia.* 2014 Jul;69(7):764–76.

45. Huang SJ, McLean AS. Do we need a critical care ultrasound certification program? Implications from an Australian medical-legal perspective. *Crit Care Lond Engl*. 2010;14(3):313.
46. Royse CF, Canty DJ, Faris J, Haji DL, Veltman M, Royse A. Core review: physician-performed ultrasound: the time has come for routine use in acute care medicine. *Anesth Analg*. 2012 Nov;115(5):1007–28.
47. Quiñones MA, Douglas PS, Foster E, Gorcsan III J, Lewis JF, Pearlman AS, et al. ACC/AHA clinical competence statement on echocardiography: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association/American College of Physicians–American Society of Internal Medicine Task Force on Clinical Competence Developed in Collaboration with the American Society of Echocardiography, the Society of Cardiovascular Anesthesiologists, and the Society of Pediatric Echocardiography. *J Am Coll Cardiol*. 2003 février;41(4):687–708.
48. Kasper W, Meinertz T, Kersting F, Löllgen H, Limbourg P, Just H. Echocardiography in assessing acute pulmonary hypertension due to pulmonary embolism. *Am J Cardiol*. 1980 Mar;45(3):567–72.
49. Jardin F, Dubourg O, Bourdarias JP. Echocardiographic pattern of acute cor pulmonale. *Chest*. 1997 Jan;111(1):209–17.
50. Fermanian J. [Measurement of agreement between 2 judges. Qualitative cases]. *Rev Épidémiologie Santé Publique*. 1984;32(2):140–7.
51. Price S, Nicol E, Gibson DG, Evans TW. Echocardiography in the critically ill: current and potential roles. *Intensive Care Med*. 2006 Jan;32(1):48–59.

52. Poelaert J. Use of ultrasound in the ICU. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2009 Sep;23(3):249–61.
53. Patterson SL, Monga M, Silva JB, Bishop KD, Blanco JD. Microbiologic assessment of the transabdominal ultrasound transducer head. *South Med J*. 1996 May;89(5):503–4.
54. Pershad J, Myers S, Plouman C, Rosson C, Elam K, Wan J, et al. Bedside limited echocardiography by the emergency physician is accurate during evaluation of the critically ill patient. *Pediatrics*. 2004 Dec;114(6):e667–671.
55. Moore CL, Rose GA, Tayal VS, Sullivan DM, Arrowood JA, Kline JA. Determination of left ventricular function by emergency physician echocardiography of hypotensive patients. *Acad Emerg Med Off J Soc Acad Emerg Med*. 2002 Mar;9(3):186–93.
56. Randazzo MR, Snoey ER, Levitt MA, Binder K. Accuracy of emergency physician assessment of left ventricular ejection fraction and central venous pressure using echocardiography. *Acad Emerg Med Off J Soc Acad Emerg Med*. 2003 Sep;10(9):973–7.
57. Mandavia DP, Hoffner RJ, Mahaney K, Henderson SO. Bedside echocardiography by emergency physicians. *Ann Emerg Med*. 2001 Oct;38(4):377–82.
58. Oks M, Cleven KL, Cardenas-Garcia J, Schaub JA, Koenig S, Cohen RI, et al. The Effect of Point of Care Ultrasonography on Imaging Studies in the MICU: A Comparative Study. *Chest*. 2014 Aug 21;

59. Peris A, Tutino L, Zagli G, Batacchi S, Cianchi G, Spina R, et al. The use of point-of-care bedside lung ultrasound significantly reduces the number of radiographs and computed tomography scans in critically ill patients. *Anesth Analg*. 2010 Sep;111(3):687–92.
60. Jones AE, Tayal VS, Sullivan DM, Kline JA. Randomized, controlled trial of immediate versus delayed goal-directed ultrasound to identify the cause of nontraumatic hypotension in emergency department patients. *Crit Care Med*. 2004 Aug;32(8):1703–8.
61. Stewart WJ, Douglas PS, Sagar K, Seward JB, Armstrong WF, Zoghbi W, et al. Echocardiography in emergency medicine: a policy statement by the American Society of Echocardiography and the American College of Cardiology. Task Force on Echocardiography in Emergency Medicine of the American Society of Echocardiography and the Echocardiography and Technology and Practice Executive Committees of the American College of Cardiology. *J Am Coll Cardiol*. 1999 Feb;33(2):586–8.
62. Blaivas M, Pawl R. Analysis of lawsuits filed against emergency physicians for point-of-care emergency ultrasound examination performance and interpretation over a 20-year period. *Am J Emerg Med*. 2012 Feb;30(2):338–41.
63. Tesch C, Fröschle G. Sonography machines as a source of infection. *AJR Am J Roentgenol*. 1997 Feb;168(2):567–8.
64. Gaillot O, Maruéjols C, Abachin E, Lecuru F, Arlet G, Simonet M, et al. Nosocomial outbreak of *Klebsiella pneumoniae* producing SHV-5 extended-spectrum beta-lactamase, originating from a contaminated ultrasonography

coupling gel. J Clin Microbiol. 1998 May;36(5):1357–60.

65. Ohara T, Itoh Y, Itoh K. Ultrasound instruments as possible vectors of staphylococcal infection. J Hosp Infect. 1998 Sep;40(1):73–7.
66. Abdullah BJ, Mohd Yusof MY, Khoo BH. Physical methods of reducing the transmission of nosocomial infections via ultrasound and probe. Clin Radiol. 1998 Mar;53(3):212–4.
67. CDC - Disinfection & Sterilization Guideline: Sterilization - HICPAC [Internet]. [cited 2014 Aug 10]. Available from: [http://www.cdc.gov/hicpac/disinfection\\_sterilization/13\\_0sterilization.html](http://www.cdc.gov/hicpac/disinfection_sterilization/13_0sterilization.html)

## TABLEAUX

**Tableau 1.** Algorithme thérapeutique selon le résultat de l'échocardiographie niveau basique

|  | Hypovolémie<br>sévère                          | Dysfonction<br>VG   | Dysfonction<br>VD±cœur<br>pulmonaire                      | Tamponnade                                       | IM ou IA<br>massive                      | Vasoplégie   |
|--|--|---------------------|---|--|--|--------------|
| Fonction<br>systolique du VG             | ↑  | ↓ à ↓↓              | N   | N  | N à ↑                                    | N ou ↑       |
| Taille VG                                | ↓  | N ou ↑              | ↓   | N ou ↓   | NL                                       | N            |
| Taille VD                                | ↓  | N                   | ↑ à ↑↑  | ↓ à ↓↓   | -  | N            |
| Epanchement<br>péricardique              | -  | -                   | -   | ↑ à ↑↑   | -  | -            |
| VCI (variation<br>respiratoire en<br>VS) | <12 mm<br>(collapsus<br>inspiratoire<br>total) | -                   | >23 mm<br>(peu ou pas de<br>variations<br>respiratoire)   | > 23 mm<br>(pas de<br>variation<br>respiratoire) | -  | -            |
| Doppler couleur                          | -  | -                   | -   | -  | Jet d'IM<br>ou IA<br>massive             | -            |
| Traitement                               | Remplissage<br>vasculaire                      | Inotrope<br>positif | Vasopresseur<br>±ventilation<br>protectrice±<br>NO inhalé | Evacuation<br>du péricarde                       | Chirurgie<br>valvulaire<br>en<br>urgence | Vasopresseur |

**Tableau 2.** Caractéristiques de la population étudiée

---

Caractéristiques de la population de l'étude (n=244)

---

|   |                       |
|---|-----------------------|
| Age (années)  | 61,8 ± 14,8           |
| Poids (kg)  | 77 ± 19               |
| Taille (cm)   | 167 ± 17              |
| Sexe (H/F)  | 155 (63.5) / 89(36.5) |
| Indice de Gravité Simplifié II                          | 48 ± 18               |
| Ventilation mécanique invasive                          | 181 (74)              |
| Volume courant (ml/kg)                                  | 7,2 ± 1,2             |
| Pression télé-expiratoire positive (cmH <sub>2</sub> O) | 6,9 ± 2,6             |
| Pression artérielle moyenne (mmHg)                      | 84 ± 16               |
| Fréquence cardiaque (bpm)                               | 99 ± 22               |
| Rythme sinusal  | 193 (79)              |
| Catécholamines  | 134 (55)              |
| Posologie catécholamines :                              |                       |
| Noradrénaline (mg/h)                                    | 2,5 ± 2,7 (50)        |
| Adrénaline (mg/h)                                       | 2,9 ± 4,0 (26)        |
| Motif admission en réanimation :                        |                       |
| Médical   | 233 (95,5)            |
| Chirurgical   | 11 (4,5)              |
| Indications échocardiographie en réanimation :          |                       |
| Hypotension / Choc / Signes d'hypoperfusion             | 90 (37)               |
| ACR   | 48 (20)               |
| Insuffisance respiratoire aiguë (y compris OAP)         | 81 (33)               |
| Insuffisance circulatoire et respiratoire               | 20 (8)                |
| Difficultés de sevrage ventilatoire                     | 4 (1,5)               |
| Autres  | 1 (0,5)               |

---

*Les résultats sont exprimés en moyenne plus ou moins écart type et en nombre de patients (pourcentages entre parenthèses).*

**Tableau 3.** Propositions thérapeutiques faites par les internes et les réanimateurs expérimentés au décours de l'échocardiographie de niveau basique

| Propositions thérapeutiques  | Opérateur novice | Opérateur expérimenté | $p$  | Coefficient de concordance $k^a$ |
|------------------------------|------------------|-----------------------|------|----------------------------------|
| Remplissage vasculaire       | 40/243 (17)      | 38/243 (16)           | 0,80 | 0,82 (0,72-0,92)                 |
| Vasoconstricteur             | 44/243 (18)      | 46/243 (19)           | 0,81 | 0,86 (0,78-0,95)                 |
| Inotrope                     | 59/243 (24)      | 57/243 (23)           | 0,83 | 0,82 (0,73-0,90)                 |
| Déplétion hydro-sodée        | 23/243 (9)       | 35/243 (14)           | 0,09 | 0,65 (0,50-0,80)                 |
| Ventilation protectrice      | 16/243 (7)       | 16/243 (7)            | 1,0  | 1 (1-1)                          |
| NO inhalé                    | 5/243 (2)        | 6/243 (2,5)           | 0,76 | 0,91 (0,73-1)                    |
| Drainage péricardique        | 2/243 (0,8)      | 2/243 (0,8)           | 1,0  | 1 (1-1)                          |
| Chirurgie valvulaire urgente | 3/243 (1)        | 2/243 (0,8)           | 1,0  | 0,80 (0,41-1)                    |

<sup>a</sup>IC 95% indiqué entre parenthèses

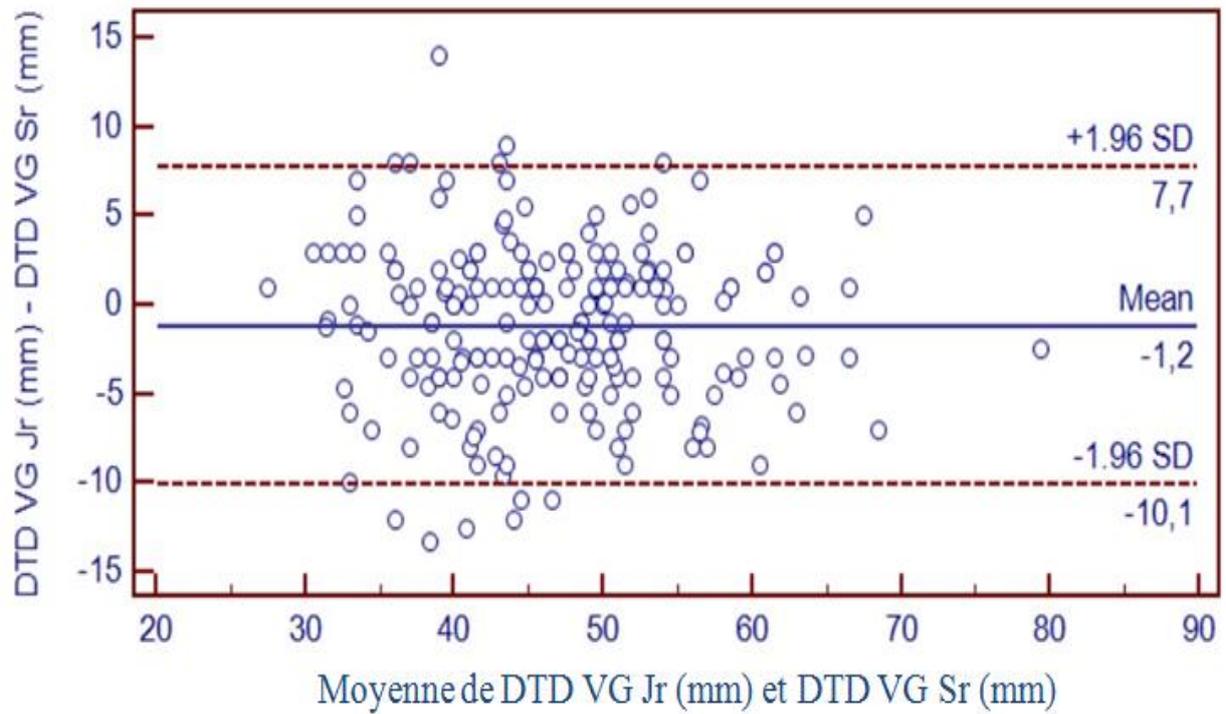
**Tableau 4.** Réponses des internes et des réanimateurs expérimentés en échocardiographie aux questions cliniques

| Questions cliniques                           | Nombre de réponses données par l'interne | Nombre de réponses données par le senior | $p$    | Coefficient $k$ pour les questions cliniques <sup>a</sup> |
|---|--|--|--------|---|
| Fonction systolique globale du VG             | 241/244(99)                              | 244/244(100)                             | 0,2467 | 0,82 (0,75-0,9)   |
| Contractilité VG                              | 121/244(50)                              | 125/244(51)                              | 0,7172 | 0,75 (0,63-0,87)  |
| Taille VG                                     | 238/244(98)                              | 243/244(99)                              | 0,1278 | 0,78 (0,67-0,89)  |
| Dilatation VD                                 | 231/244(95)                              | 239/244(97)                              | 0,0547 | 0,92 (0,86-0,98)  |
| Dysfonction VD                                | 232/244(95)                              | 237/244(97)                              | 0,2420 | 0,81 (0,69-0,93)  |
| Epanchement péricardique                      | 226/244(93)                              | 236/244(97)                              | 0,0438 | 0,77 (0,62-0,92)  |
| Tamponnade                                    | 226/244(93)                              | 236/244(97)                              | 0,0438 | 1 (1-1)   |
| Dilatation VCI                                | 192/244(79)                              | 209/244(86)                              | 0,0444 | 0,77 (0,65-0,88)  |
| Collapsus inspiratoire de la VCI <sup>b</sup> | 52/63(83)                                | 58/63(92)                                | 0,1084 | 0,68 (0,48-0,88)  |
| IM massive                                    | 220/244(90)                              | 226/244(93)                              | 0,3328 | 0,79 (0,52-1)   |
| IAo massive                                   | 220/244(82)                              | 226/244(93)                              | 0,0004 | 0   |

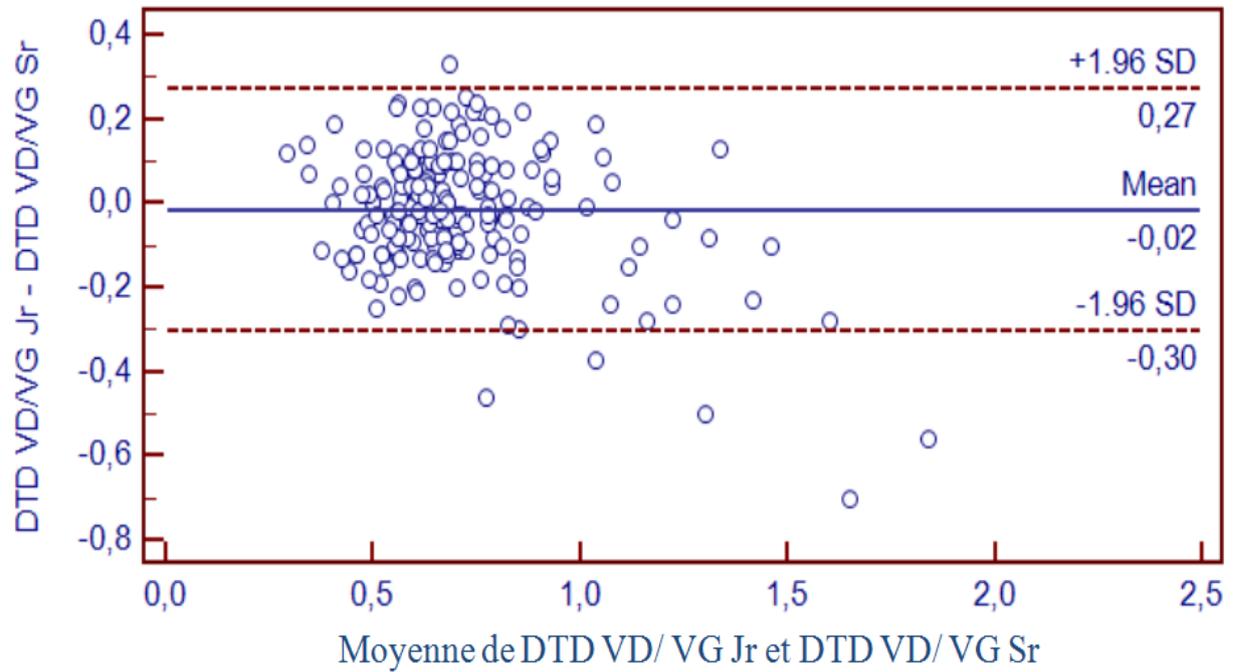
<sup>a</sup>IC 95% indiqué entre parenthèses ; <sup>b</sup>chez les patients en ventilation spontanée

## FIGURES

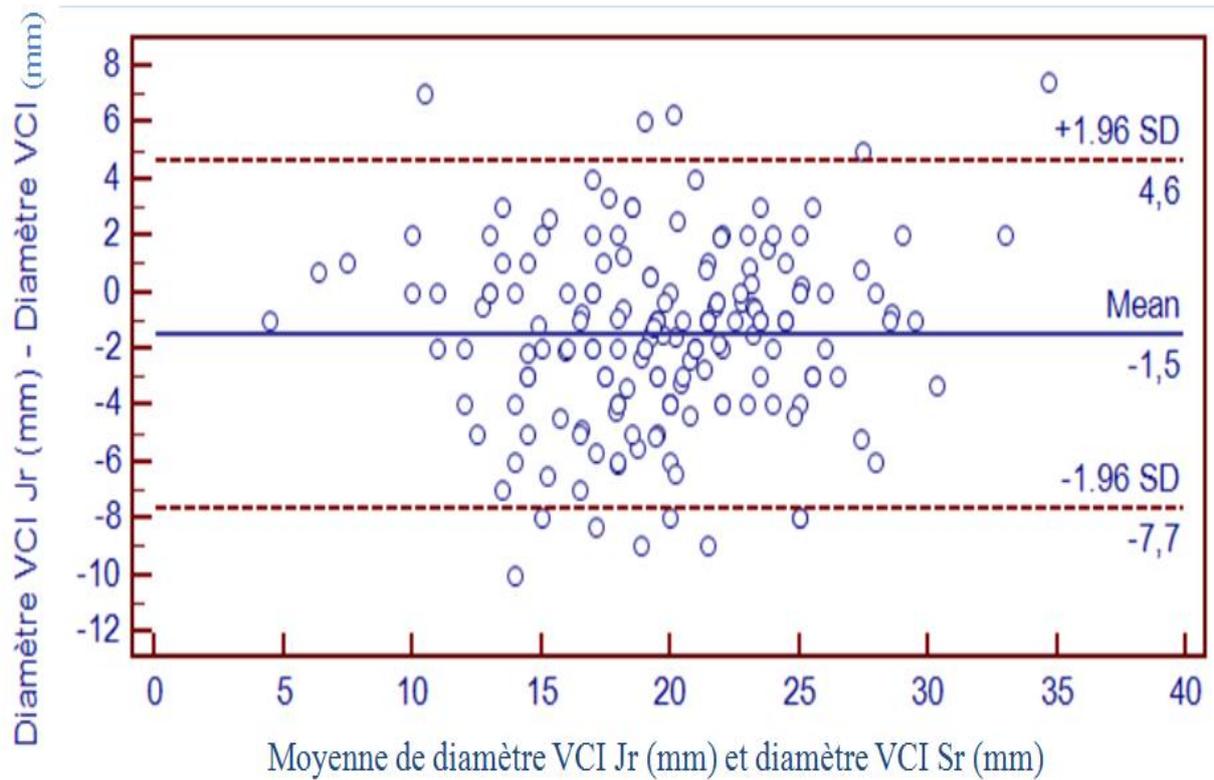
**Figure 1.** Concordance entre les mesures du diamètre télé-diastolique (DTD) du ventricule gauche (VG) réalisées par l'interne (Jr) et par le réanimateur expérimenté (Sr).



**Figure 2.** Concordance entre les mesures du diamètre rapport diamètre télé-diastolique (DTD) du ventricule droit (VD) et du diamètre télé-diastolique du ventricule gauche (VG) réalisées par l'interne (Jr) et par le réanimateur expérimenté (Sr).



**Figure 3.** Concordance entre les mesures du diamètre de la veine cave inférieure (VCI) réalisées par l'interne (Jr) et par le réanimateur expérimenté (Sr).



## TABLE DES MATIERES

---

|   |    |
|---|----|
| LISTE DES ABREVIATIONS .....                          | 2  |
| GENERALITES .....                                     | 3  |
| 1. INTRODUCTION .....                                 | 15 |
| 2. PATIENTS ET METHODES.....                          | 17 |
| 2.1. OBJECTIFS .....                                  | 17 |
| 2.2. TYPE D'ETUDE .....                               | 17 |
| 2.3. POPULATION D'ETUDE.....                          | 18 |
| 2.4. PROGRAMME D'ENSEIGNEMENT .....                   | 19 |
| 2.5. LES INTERNES .....                               | 19 |
| 2.6. POINT-OF-CARE ECHOCARDIOGRAPHY.....              | 19 |
| 2.7. ANALYSE STATISTIQUE.....                         | 22 |
| 3. RESULTATS .....                                    | 23 |
| 3.1. CARACTERISTIQUES DES PATIENTS .....              | 23 |
| 3.2. POINT-OF-CARE ECHOCARDIOGRAPHY.....              | 23 |
| 3.3. PROPOSITIONS THERAPEUTIQUES .....                | 23 |
| 3.4. PERFORMANCE DIAGNOSTIQUE.....                    | 24 |
| 3.5. PRECISION DES MESURES ECHOCARDIOGRAPHIQUES ..... | 25 |
| DISCUSSION .....                                      | 27 |
| CONCLUSION.....                                       | 32 |
| Références bibliographiques .....                     | 33 |
| TABLEAUX .....  | 43 |
| FIGURES .....   | 47 |
| SERMENT D'HIPPOCRATE.....                             | 51 |
| ABSTRACT .....  | 53 |

## **SERMENT D'HIPPOCRATE**

---

En présence des maîtres de cette école, de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine.

Je dispenserai mes soins sans distinction de race, de religion, d'idéologie ou de situation sociale.

Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser les crimes.

Je serai reconnaissant envers mes maîtres, et solidaire moralement de mes confrères. Conscient de mes responsabilités envers les patients, je continuerai à perfectionner mon savoir.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir de l'estime des hommes et de mes condisciples, si je le viole et que je me parjure, puissé-je avoir un sort contraire.



## **ABSTRACT**

**Background:** Echocardiography is routinely used in the ICU for the assessment of patients with hemodynamic or respiratory failure. A limited training program of noncardiologist residents without previous experience in ultrasound is well suited for reaching competence in basic critical care echocardiography. We sought to assess the potential therapeutic impact of such a training program.

**Methods:** This was a prospective, observational study which was conducted on a 3-year period (august 2010-november 2013) in the medical-surgical Intensive Care Unit of the University Hospital of Limoges, France. After completion of a 12-h training program previously validated, eligible patients underwent a transthoracic echocardiography (TTE) performed in random order by a recently trained resident and an experienced intensivist with expertise in critical care echocardiography who was used as a reference. The agreement between the therapeutic proposals of the two investigators was assessed using the Cohen's Kappa coefficient.

**Results:** Experienced intensivists had significantly fewer unaddressed clinical questions than residents (224 [9%] vs 304 [12%]:  $p=0.0002$ ), performed shorter examinations ( $4.4\pm 4.7$  min vs  $14\pm 7$  min;  $p<0.001$ ) with more and better acoustic windows ( $p<0.0001$ ). Experienced intensivists proposed more frequently changes in the patient's treatment, although the difference was not statistically significant (94/244 [39%] vs 87/244 [36%];  $p=0.511$ ). A very strong agreement existed between the two investigators for the indication of a protective ventilation ( $k : 1 ; IC95\% :1-1$ ), inhaled nitric oxide ( $k : 0.91 ; IC95\% :0.73-1$ ) or pericardial drainage ( $k : 1 ; IC95\% :1-1$ ). The agreement was equally strong for the fluid replacement therapy ( $k : 0.82 ; IC95\% :0.72-0.92$ ), the vasopressor ( $k : 0.86 ; IC95\% :0.78-0.95$ ) or inotrope

treatment ( $k : 0.82 ; IC95\% :0.73-0.90$ ). The agreement was strong for the valvular surgery ( $k: 0.80; IC95\%:0.41-1$ ). Residents accurately assessed the global left ventricle systolic function ( $k: 0.82; IC95\%:0.75-0.9$ ), dilated inferior vena cava ( $k: 0.77; IC95\%:0.65-0.88$ ) and pericardial effusion ( $k: 0.77; IC95\%:0.62-0.92$ ). The 2 cases of tamponade were correctly diagnosed by residents.

**Conclusion:** Noncardiologist residents having achieved competence in basic critical care echocardiography by completing a limited 12-h training program proposed therapeutic changes which had a good-to-excellent agreement with experienced intensivists.