



Université de Poitiers

Faculté de Médecine et Pharmacie

ANNÉE 2022

THÈSE

POUR LE DIPLOME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN MÉDECINE
(décret du 25 novembre 2016)

présentée et soutenue publiquement
le mardi 3 mai 2022 à Poitiers
par **Madame Adèle Lepilleur**
Épouse Waché

**Évaluation de la formation à l'échographie transthoracique pour
les internes en médecine d'urgence.**

COMPOSITION DU JURY

Président : Monsieur le Professeur MIMOZ Olivier

Membres :
Monsieur le Docteur GUENEZAN Jérémy
Monsieur le Docteur COUVREUR Raphaël
Monsieur le Docteur CHANE SONE Nicolas

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur MARJANOVIC Nicolas



Université de Poitiers

Faculté de Médecine et Pharmacie

ANNÉE 2022

THÈSE

POUR LE DIPLOME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN MÉDECINE
(décret du 25 novembre 2016)

présentée et soutenue publiquement
le mardi 3 mai 2022 à Poitiers
par **Madame Adèle Lepilleur**
Épouse Waché

**Évaluation de la formation à l'échographie transthoracique pour
les internes en médecine d'urgence.**

COMPOSITION DU JURY

Président : Monsieur le Professeur MIMOZ Olivier

Membres :
Monsieur le Docteur GUENEZAN Jérémy
Monsieur le Docteur COUVREUR Raphaël
Monsieur le Docteur CHANE SONE Nicolas

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur MARJANOVIC Nicolas



UNIVERSITE DE POITIERS

Faculté de Médecine et de Pharmacie



Le Doyen,

Année universitaire 2021 - 2022

LISTE DES ENSEIGNANTS DE MEDECINE

Professeurs des Universités-Praticiens Hospitaliers

- BOULETI Claire, cardiologie
- BOURMEYSTER Nicolas, biologie cellulaire
- BRIDOUX Frank, néphrologie
- BURUCOA Christophe, bactériologie-virologie
- CHEZE-LE REST Catherine, biophysique et médecine nucléaire
- CHRISTIAENS Luc, cardiologie
- CORBI Pierre, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
- COUDROY Rémi, médecine intensive-réanimation
- DAHOTY-FIZELIER Claire, anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
- DEBAENE Bertrand, anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
- DEBIAIS Françoise, rhumatologie
- DROUOT Xavier, physiologie
- DUFOR Xavier, Oto-Rhino-Laryngologie
- FAURE Jean-Pierre, anatomie
- FRASCA Denis, anesthésiologie-réanimation
- FRITEL Xavier, gynécologie-obstétrique
- GERVAIS Elisabeth, rhumatologie
- GICQUEL Ludovic, pédopsychiatrie
- GILBERT Brigitte, génétique
- GOMBERT Jean-Marc, immunologie
- GOUJON Jean-Michel, anatomie et cytologie pathologiques
- GUILLIVIN Rémy, radiologie et imagerie médicale
- HAUET Thierry, biochimie et biologie moléculaire
- INGRAND Pierre, biostatistiques, informatique médicale
- ISAMBERT Nicolas, cancérologie
- JAAFARI Nematollah, psychiatrie d'adultes
- JABER Mohamed, cytologie et histologie
- JAYLE Christophe, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
- KARAYAN-TAPON Lucie, cancérologie
- KEMOUN Gilles, médecine physique et de réadaptation (**en disponibilité**)
- KRAIMPS Jean-Louis, chirurgie viscérale et digestive (**retraite au 01/01/2022**)
- LECLERE Franck, chirurgie plastique, reconstructrice
- LECRON Jean-Claude, biochimie et biologie moléculaire
- LELEU Xavier, hématologie
- LEVEQUE Nicolas, bactériologie-virologie
- LEVEZIEL Nicolas, ophtalmologie
- MACCHI Laurent, hématologie
- MCHEIK Jiad, chirurgie infantile
- MEURICE Jean-Claude, pneumologie
- MIGEOT Virginie, santé publique
- MILLOT Frédéric, pédiatrie, oncologie pédiatrique
- MIMOZ Olivier, médecine d'urgence
- NEAU Jean-Philippe, neurologie
- ORIOT Denis, pédiatrie
- PACCALIN Marc, gériatrie
- PERAULT-POCHAT Marie-Christine, pharmacologie clinique
- PERDRISOT Rémy, biophysique et médecine nucléaire
- PRIES Pierre, chirurgie orthopédique et traumatologique
- RAMMAERT-PALTRIE Blandine, maladies infectieuses
- RICHER Jean-Pierre, anatomie
- RIGOARD Philippe, neurochirurgie

- ROBLOT France, maladies infectieuses, maladies tropicales
- ROBLOT Pascal, médecine interne
- SAULNIER Pierre-Jean, thérapeutique
- SCHNEIDER Fabrice, chirurgie vasculaire
- SILVAIN Christine, hépato-gastro-entérologie
- TASU Jean-Pierre, radiologie et imagerie médicale
- THIERRY Antoine, néphrologie
- THILLE Arnaud, médecine intensive-réanimation
- TOUGERON David, gastro-entérologie
- WAGER Michel, neurochirurgie
- XAVIER Jean, pédopsychiatrie

Maîtres de Conférences des Universités-Praticiens Hospitaliers

- ALBOUY Marion, santé publique
- ALLAIN Géraldine, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
- BEN-BRIK Eric, médecine du travail (**en détachement**)
- BILAN Frédéric, génétique
- BOISSON Matthieu, anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
- CAYSSIALS Emilie, hématologie
- CREMNITER Julie, bactériologie-virologie
- DIAZ Véronique, physiologie
- FROUIN Eric, anatomie et cytologie pathologiques
- GACHON Bertrand, gynécologie-obstétrique
- GARCIA Magali, bactériologie-virologie
- GUENEZAN Jérémy, médecine d'urgence
- JAVAGUE Vincent, néphrologie (**en mission 1an a/c du 12/07/2021**)
- JUTANT Etienne-Marie, pneumologie
- KERFORNE Thomas, anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
- LAFAY-CHEBASSIER Claire, pharmacologie clinique
- LIUU Evelyne, gériatrie
- MARTIN Mickaël, médecine interne
- PALAZZO Paola, neurologie (**en dispo 3 ans à/c du 01/07/2020**)
- PERRAUD Estelle, parasitologie et mycologie
- PICHON Maxime, bactériologie-virologie
- SAPANET Michel, médecine légale
- THUILLIER Raphaël, biochimie et biologie moléculaire

Professeur des universités

- PELLERIN Luc, biochimie et biologie moléculaire

Professeur des universités de médecine générale

- BINDER Philippe

Professeur associé des universités des disciplines médicales

- FRAT Jean-Pierre, médecine intensive-réanimation

Maître de Conférences associé des universités des disciplines médicales

- HARIKA-GERMANEAU Ghina, psychiatrie d'adultes

Professeurs associés de médecine générale

- ARCHAMBAULT Pierrick
- BIRAULT François
- FRECHE Bernard
- MIGNOT Stéphanie
- PARTHENAY Pascal
- VALETTE Thierry

Maîtres de Conférences associés de médecine générale

- AUDIER Pascal
- BRABANT Yann
- JEDAT Vincent

Enseignant d'Anglais

- DEBAIL Didier, professeur certifié

Professeurs émérites

- GIL Roger, neurologie (08/2023)
- GUILHOT-GAUDEFFROY François, hématologie et transfusion (08/2023)
- HERPIN Daniel, cardiologie (08/2023)
- MARECHAUD Richard, médecine interne (24/11/2023)
- RICCO Jean-Baptiste, chirurgie vasculaire (08/2022)
- ROBERT René, médecine intensive-réanimation (30/11/2024)
- SENON Jean-Louis, psychiatrie d'adultes (08/2023)
- TOUCHARD Guy, néphrologie (08/2023)

Professeurs et Maîtres de Conférences honoraires

- AGIUS Gérard, bactériologie-virologie
- ALCALAY Michel, rhumatologie
- ALLAL Joseph, thérapeutique (ex-émérite)
- ARIES Jacques, anesthésiologie-réanimation
- BABIN Michèle, anatomie et cytologie pathologiques
- BABIN Philippe, anatomie et cytologie pathologiques
- BARBIER Jacques, chirurgie générale (ex-émérite)
- BARRIERE Michel, biochimie et biologie moléculaire
- BECQ-GIRAUDON Bertrand, maladies infectieuses, maladies tropicales (ex-émérite)
- BEGON François, biophysique, médecine nucléaire
- BOINOT Catherine, hématologie – transfusion
- BONToux Daniel, rhumatologie (ex-émérite)
- BURIN Pierre, histologie
- CARRETIER Michel, chirurgie viscérale et digestive (ex-émérite)
- CASTEL Olivier, bactériologie-virologie ; hygiène
- CASTETS Monique, bactériologie -virologie – hygiène
- CAVELLIER Jean-François, biophysique et médecine nucléaire
- CHANSIGAUD Jean-Pierre, biologie du développement et de la reproduction
- CLARAC Jean-Pierre, chirurgie orthopédique
- DABAN Alain, oncologie radiothérapie (ex-émérite)
- DAGREGORIO Guy, chirurgie plastique et reconstructrice
- DESMAREST Marie-Cécile, hématologie
- DEMANGE Jean, cardiologie et maladies vasculaires

- DORE Bertrand, urologie (ex-émérite)
- EUGENE Michel, physiologie (ex-émérite)
- FAUCHERE Jean-Louis, bactériologie-virologie (ex-émérite)
- FONTANEL Jean-Pierre, Oto-Rhino Laryngologie (ex-émérite)
- GOMES DA CUNHA José, médecine générale (ex-émérite)
- GRIGNON Bernadette, bactériologie
- GUILLARD Olivier, biochimie et biologie moléculaire
- GUILLET Gérard, dermatologie
- JACQUEMIN Jean-Louis, parasitologie et mycologie médicale
- KAMINA Pierre, anatomie (ex-émérite)
- KITZIS Alain, biologie cellulaire (ex-émérite)
- KLOSSEK Jean-Michel, Oto-Rhino-Laryngologie
- LAPIERRE Françoise, neurochirurgie (ex-émérite)
- LARSEN Christian-Jacques, biochimie et biologie moléculaire
- LEVARD Guillaume, chirurgie infantile
- LEVILLAIN Pierre, anatomie et cytologie pathologiques
- MAIN de BOISSIERE Alain, pédiatrie
- MARCELLI Daniel, pédopsychiatrie (ex-émérite)
- MARILLAUD Albert, physiologie
- MAUCO Gérard, biochimie et biologie moléculaire (ex-émérite)
- MENU Paul, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire (ex-émérite)
- MORICHAU-BEAUCHANT Michel, hépato-gastro-entérologie
- MORIN Michel, radiologie, imagerie médicale
- PAQUEREAU Joël, physiologie
- POINTREAU Philippe, biochimie
- POURRAT Olivier, médecine interne (ex-émérite)
- REISS Daniel, biochimie
- RIDEAU Yves, anatomie
- RODIER Marie-Hélène, parasitologie et mycologie
- SULTAN Yvette, hématologie et transfusion
- TALLINEAU Claude, biochimie et biologie moléculaire
- TANZER Joseph, hématologie et transfusion (ex-émérite)
- TOURANI Jean-Marc, oncologie
- VANDERMARCO Guy, radiologie et imagerie médicale

REMERCIEMENTS

Monsieur le Professeur Olivier Mimos

Je vous remercie de me faire l'honneur de présider ce jury et de m'avoir accueillie au sein de la formation de médecine d'urgence. Soyez assuré de ma reconnaissance et de mon plus profond respect.

Monsieur le Docteur Jérémy Guenezan

Je vous remercie de me faire l'honneur de juger ce travail, de participer à ce jury. J'aimerais également vous remercier pour vos nombreux cours et notamment celui sur la communication qui fut d'une aide précieuse pour ce travail. Soyez assuré de mon profond respect et de ma gratitude.

Monsieur le Docteur Raphaël Couvreur

Je te remercie d'avoir accepté de participer à ce jury. J'aimerais te remercier également pour ton implication dans cette formation à l'échocardiographie au profit des internes du DES de médecine d'urgence et le temps que tu nous consacres au quotidien. Sois assuré de ma sincère reconnaissance.

Monsieur le Docteur Nicolas Chane Sone

Je te remercie de me faire l'honneur de participer à ce jury. Mais j'aimerais surtout te remercier pour le temps que tu m'as accordé pour l'apprentissage de l'échocardiographie, ta spontanéité et ta motivation à toute épreuve.

Monsieur le Docteur Nicolas Marjanovic

Je te remercie de m'avoir proposé ce sujet et d'avoir accepté d'encadrer mon travail en me guidant avec bienveillance. Merci pour ta disponibilité et ta réactivité dans le traitement des nombreux fichiers que j'ai pu t'envoyer. J'ai apprécié pouvoir bénéficier de ton expérience et de ton sens de l'organisation qui resteront pour moi un exemple pour la suite de ma carrière. Sois assuré de ma profonde reconnaissance et de mon plus grand respect.

Merci à l'ensemble des chefs de clinique de Poitiers, pour avoir contribué à mes études. En particulier Alexandre, Camille, Jennifer, Jérémy, Nicolas et Raphaël pour leurs enseignements de qualité et le temps qu'ils nous consacrent.

J'aimerais remercier le service de cardiologie du Docteur Véronique Lucke qui m'a permis de me former à l'échocardiographie. Ainsi que le service d'urgence du Docteur Delaire qui m'a donné le goût de devenir urgentiste et le service du Professeur Mimos qui m'a formé.

Je remercie particulièrement le Docteur Serez, médecin généraliste à Montbron, le Docteur Delarue, médecin généraliste à Angoulême, le docteur Jarry, chef du service de gériatrie d'Angoulême, le Docteur Nobili-Dubarry, chef du service de pédiatrie à Saintes et le Docteur Schnell, chef du service de réanimation à Angoulême. Je chercherai quotidiennement à appliquer leurs enseignements.

A mes amis,

Pauline et Simon, Margaux, Héloïse et Eudes, Adeline et Julien, Candou, Eloïse et Hugo, Hélène, de m'avoir soutenue durant ces années. Je veux que vous sachiez à quel point votre amitié m'est précieuse.

A ma paupiette, une personne de qualité, un réel bras droit pour moi avec une force incroyable et qui m'accompagne tous les jours malgré la distance. J'espère ne jamais décevoir cette amitié qui m'est si chère. Merci.

Un merci aussi tout particulier à Hélo, d'avoir été si présente dans ce droit au remord. Un souvenir qui ne s'effacera jamais.

Aude et Jonathan, pour votre accueil et votre écoute tout au long de mon internat qui m'ont tant apporté. J'aimerais vous dire un immense merci. Un merci tout particulier à toi, Aude, pour ta grande générosité dans la vie de tous les jours qui fait de toi une véritable grande sœur à mon égard.

Zabi, Collot et Angèle pour votre écoute et votre soutien et pour avoir su m'épauler dans les moments difficiles par votre écoute et ces merveilleux moments passés à vos côtés. Un remerciement tout particulier à toi, Marie, pour ta relecture et la patience dont tu as fait preuve pour comprendre mon travail.

Maud, qui m'a aidé dans le choix de la médecine d'urgence et avec qui j'ai plaisir d'échanger sur ce sujet au quotidien.

A mon fidèle compagnon,

Merci de m'avoir accompagné dans ces nombreuses années d'études, d'avoir été mon réveil, ma bouillotte, ma motivation, mon anti-stress et ma pelote de poils ronronnante.

A mes parents,

Merci de m'avoir soutenue, écoutée, hébergée, supportée et d'avoir tout fait pour que je ne manque de rien dans mes études. Sans vous je ne serais pas celle que je suis devenue, un immense merci, votre fille qui vous aime.

A mes frères,

Henri pour ta sagesse à nous garder unis et tes nombreuses crêperies qui m'ont apporté beaucoup de force dans ma première année de médecine. Hilaire pour ton côté travailleur et

passionné qui me pousse à aller plus loin dans ce que j'entreprends. Pierre Louis pour ta force dans la prise de décisions qui m'impressionnera toujours.

A ma belle-famille,

J'aimerais vous remercier pour votre accueil et votre gentillesse à mon égard, pour tous ces bons moments passés à Erquy où vous avez réussi à me faire mettre mon travail de côté. Et un merci tout particulier à Isabelle et Olivier pour toutes les qualités qu'ils ont su donner à Aubert et qui le rendent si exceptionnel à mes yeux.

A mon mari, Aubert,

Un homme merveilleux, plein de talents, sans égal et qui me rend si heureuse. J'aimerais te dire un immense merci pour ton soutien dans cette thèse mais surtout pour toutes ces années de médecine où tu as su comme personne m'aider à avancer. Merci pour cette vie à cent à l'heure, semée d'embûches, mais qui nous rend toujours plus fort. Je suis si fière d'être à tes côtés et avancer tous les jours avec toi est un vrai délice. Notre vie est une aventure et j'ai hâte d'en connaître la suite.

TABLE DES MATIÈRES

Abréviations	5
Introduction	6
Matériel et méthode	7
Schéma d'étude.....	7
Organisation de la formation et de son évaluation	9
Méthodologie statistique	10
Résultats	11
Description de la population	11
Résultat principal	12
Résultats secondaires	13
Discussion	16
Synthèse des résultats	16
Limites de l'étude.....	17
Conclusion	19
Bibliographie	20
Annexes	24
Résumé	44
Serment d'Hippocrate	45

ABRÉVIATIONS

- SAU : Service d'Accueil des Urgences
- SFMU : Société Française de Médecine d'Urgence
- PSGA : Para-Sternale Grand Axe
- PSPA : Para-Sternale Petit Axe
- A4C : Apicale quatre Cavités
- SX4C : Sous-Xiphoïdienne quatre Cavités
- VCI : Veine Cave Inférieure
- DES : Diplôme d'Enseignement Spécialisé
- FEVG : Fraction d'Éjection du Ventricule Gauche
- VD : Ventricule Droit
- VG : Ventricule Gauche
- ITV : Intégrale Temps Vitesse
- ETT : Echographie Transthoracique
- SMUR : Structure Mobile d'Urgence et de Réanimation
- OD : Oreillette Droite
- OG : Oreillette Gauche
- POD : Pression Oreillette Droite
- VSH : Veines Sus-Hépatiques

INTRODUCTION

Auparavant réservée aux cardiologues, la pratique de l'échographie cardiaque s'est étendue à la réanimation et aux urgences. L'échographie transthoracique est non-invasive et non-irradiante et participe à la prise en charge des patients, à l'établissement de diagnostics plus précis, et aide dans le choix de traitements plus adaptés.(1) Son utilisation de plus en plus courante a été associée à une simplification passant par des appareils plus petits, portables et portatifs dans un objectif de rentabilité et de facilité d'emploi. (2) Ce développement technologique a permis le développement de l'échographie clinique au lit du patient, faisant d'elle un examen de proximité, limitant le besoin de déplacer le patient. (2) (3) L'échocardiographie est devenue un examen incontournable de la médecine hospitalière impliquant une volonté des différentes spécialités de l'intégrer dans leur service, notamment en médecine d'urgence.

L'utilisation de l'échographie implique un accès des praticiens à une formation. Paradoxalement, moins de la moitié des médecins urgentistes sont formés en échocardiographie.(4) Cette absence d'apprentissage est probablement liée à une formation dispensée non obligatoire dans le cadre de diplômes universitaires. Créée par décret en 2017, la spécialité de médecine d'urgence a intégré l'échocardiographie dans son référentiel.(5) La Société Française de Médecine d'Urgence (SFMU), a alors établi des recommandations de compétences en échocardiographie pour les médecins urgentistes.(6)(7)(8)

L'apprentissage de l'échographie cardiaque pour les DES de médecine d'urgence à l'académie de Poitiers est bien intégré dans la formation obligatoire du cursus. Cependant, l'impact de cette formation sur la capacité des étudiants à réaliser une échocardiographie n'a jamais été évalué. L'objectif de notre travail a été d'apprécier l'impact d'une formation pratique à l'échocardiographie sur la capacité des étudiants de DESMU à réaliser une échocardiographie selon les compétences définies par la SFMU.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Schéma d'étude

1. Type d'étude

Nous avons réalisé une étude prospective interventionnelle, monocentrique, non randomisée en milieu ouvert au service des urgences du CHU de Poitiers. L'intervention était sur une journée de formation à l'échocardiographie évaluée à l'aide de questionnaires et de tests pré et post formation.

2. Population

Les participants à cette étude étaient des étudiants de 3ème année du DES de médecine d'urgence de la faculté de Poitiers. Cette formation était obligatoire dans le cadre de leur cursus.

Le consentement de chaque interne pour participer à l'étude a été recueilli oralement. Il n'y a eu aucun refus de participation. Les données et les questionnaires ont été exploités en préservant l'anonymat des étudiants.

3. Critères de jugement principal et secondaire

Le critère de jugement principal était l'évolution des compétences des participants lors du cours sur l'échocardiographie en comparant leurs résultats immédiatement avant et après la formation. (Niveau 2 de Kirkpatrick)

Les critères de jugement secondaires sont :

- (1) Evaluation de la satisfaction des participants (Niveau 1 de Kirkpatrick)
- (2) Evolution des compétences des participants lors du cours sur l'échocardiographie stratifiée sur la réalisation ou non d'un stage en cardiologie.
- (3) Le sentiment d'efficacité personnelle des participants, soit le fait de se sentir capable de pratiquer une échocardiographie en conditions réelles.

Nous nous sommes basés sur la méthode d'évaluation de Kirkpatrick(9) afin d'apprécier au mieux la formation. Pour cela nous avons analysé à quel point les participants trouvaient la formation satisfaisante, impliquante et pertinente, correspondant au niveau 1 d'évaluation de Kirkpatrick. Puis nous avons évalué l'apprentissage des étudiants à la suite de la formation, correspondant au niveau 2 de Kirkpatrick.

Le critère de jugement principal a été mesuré sur la base du référentiel SFMU pour l'échocardiographie.(6) Ces critères étaient les suivants :

- Premier niveau de compétences.(6)
 - Savoir détecter un épanchement péricardique de grande abondance ;
 - Evaluer la fraction d'éjection du ventricule gauche (FEVG) de façon empirique, c'est-à-dire normal, intermédiaire ou effondré ;
 - Détecter une dilatation du ventricule droit (VD) ;
 - Estimer la taille, la forme, la variabilité et mesurer le diamètre de la VCI.

- Deuxième niveau de compétences.(7)
 - Identifier une anomalie de la contractibilité segmentaire du ventricule gauche (VG) ;
 - Quantifier les pressions de remplissage du VG via l'analyse des ondes E et A ;
 - Identifier un trouble diastolique sévère de la fonction VG ;
 - Identifier de manière empirique un cœur pulmonaire aigu ;
 - Quantifier une pression artérielle pulmonaire ;
 - Identifier une pathologie valvulaire sévère ;
 - Quantifier un débit cardiaque par la mesure de l'intégrale temps vitesse (ITV) sous aortique ;
 - Quantifier la réponse à une expansion volémique par mesure répétée de l'ITV sous aortique ;
 - Capacité à exclure un épanchement péricardique et identifier des signes visuels d'une tamponnade ;
 - Réaliser une échographie pendant la réanimation cardio-pulmonaire.

Organisation de la formation et de l'évaluation

1. La formation

Au cours de leur scolarité, les étudiants de médecine d'urgence, assistent à deux formations sur l'échocardiographie à l'université de Poitiers. Cette formation est dispensée par des chefs de clinique et est obligatoire dans le cursus des étudiants en DES de médecine d'urgence. La première formation a lieu lors de la première année de DES de médecine d'urgence, elle porte sur le premier niveau d'échocardiographie recommandé par la SFMU. La deuxième formation a lieu en 3^{ème} année de DES de médecine d'urgence et porte sur le deuxième niveau de compétence recommandé par la SFMU.

L'objectif de ces deux formations est d'acquérir pour le DES 1 l'acquisition des cinq coupes ainsi que le premier niveau de compétence et pour le DES 3 le deuxième niveau de compétence recommandé par la SFMU en échocardiographie.

Ces formations d'une demi-journée chacune, se déroulent sous le même format. Les étudiants assistent tout d'abord à un cours présenté par un chef de clinique de médecine d'urgence.

A l'issue de ce cours, vient une phase d'entraînement où les étudiants réalisent des échocardiographies sur eux-mêmes.

2. L'évaluation

Questionnaires

Les étudiants participants à la formation ont dû répondre à des questionnaires pré et post formation. Les questionnaires pré-formation (Annexe 1) avaient pour objectif d'effectuer un état des lieux des différents parcours et connaissances préalables des étudiants.

Les questionnaires post-formation (Annexe 2) évaluaient quant à eux les critères secondaires.

Echocardiographies

Deux échocardiographies étaient réalisées par les participants : immédiatement avant et après la formation.

Deux échocardiographes différents ont été utilisés : le modèle MT3 de la marque MINDRAY et le modèle Vivid S5 de la marque GE HEALTHCARE. La répartition entre les deux était aléatoire que ce soit pour l'examen avant ou après la formation. Les étudiants n'avaient par ailleurs pas connaissance de ce qui allait leur être demandé. Chaque échocardiographie était réalisée de manière aléatoire par un étudiant sur un des volontaires participant à la formation.

Les évaluateurs contrôlaient les participants au moyen d'une grille d'évaluation (Annexe 4) reprenant les critères de la SFMU sur le deuxième niveau de compétence.

Pour ce deuxième niveau, seuls trois critères sur 10 ont pu être évalués : la quantification des pressions de remplissage du VG, de la pression artérielle pulmonaire et du débit cardiaque.

Les critères non-évalués s'expliquent par une absence de pathologie cardiaque chez les volontaires.

Pour chaque critère réalisé parfaitement l'interne obtient deux points. Pour chaque critère réalisé partiellement il obtient un point. Il n'obtient aucun point en cas de non-réalisation. Chaque interne obtient donc une note située entre 0 et 6 pour chaque échocardiographie.

Méthodologie statistique

L'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel IBM SPSS 28. Les variables quantitatives sont présentées sous forme de médiane et d'interquartile (M [Q1 ; Q3]). Les variables qualitatives sont présentées sous forme d'effectif et de proportion. La comparaison des compétences avant et après la formation a été réalisée par un test non-paramétrique de Wilcoxon. La comparaison des compétences avant et après la formation selon le stage en cardiologie, a été réalisée avec un test de Kruskal-Wallis. Les variables qualitatives ont été comparées avec un test du Chi-carré ou un test de Fisher en fonction des conditions d'application des tests. Une valeur de $p < 0.05$ a été considérée comme significative.

RÉSULTATS

Description de la population

Au total, 17 internes de DES 3 ont participé à l'étude. Les caractéristiques des participants sont présentées dans le tableau 1. L'âge moyen était de 27 ans. 11 (65%) ont déjà effectué un stage de cardiologie. Tous les participants ont déjà réalisé une échocardiographie principalement aux urgences ou lors d'un stage de cardiologie.

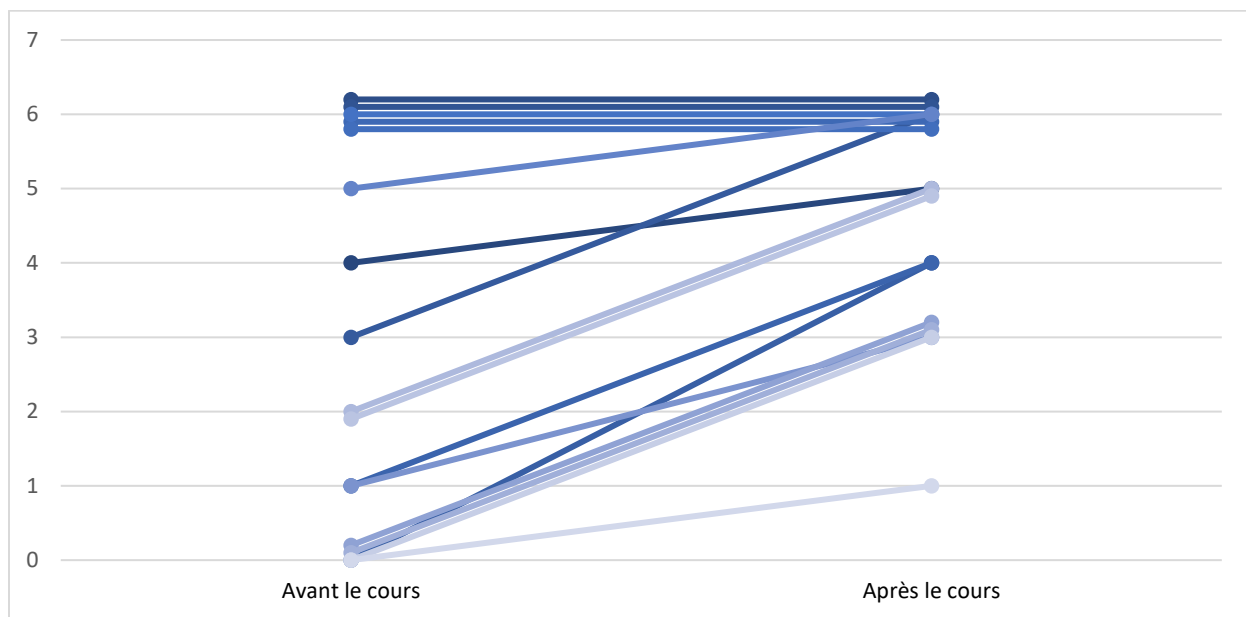
Tableau 1 : Caractéristiques des participants à la formation

Variable	Valeur
Participants N	17
Âge μ (ET)	27 (1)
Sexe Masculin N (%)	5 (29%)
Stage en cardiologie effectué N (%)	11 (64,7%)
Il y a moins de 6 mois N (%)	4 (23,5%)
Il y a plus de 6 mois N (%)	7 (41,2%)
Echocardiographies réalisées	
Plus de 100 N (%)	1 (5,9%)
Entre 50 et 100 N (%)	6 (35,3%)
Entre 10 et 50 N (%)	7 (41,2%)
Moins de 10 N (%)	3 (17,6%)
Cadre de réalisation des échocardiographies	
Aux urgences N (%)	11 (64,7%)
En stage de cardiologie N (%)	11 (64,7%)
En stage autre que cardiologie N (%)	8 (47,1%)
Lors d'une formation N (%)	9 (52,9%)
SMUR N (%)	1 (5,9%)
Réalisation antérieure d'une formation à l'échocardiographie N (%)	13 (76,5%)

SMUR : Structure Mobile d'Urgence et de Réanimation

Résultat principal

Figure 1 : Evolution individuelle des notes des internes



La moyenne des participants avant formation est de 3. Elle est de 5 après la formation. 5 participants obtiennent dès le départ la note maximale. Le reste des internes ont tous progressé au cours de la formation (figure 1). En moyenne les notes des participants ont augmenté de 2.5 points entre la première et la deuxième évaluation.

Lors de l'évaluation après la formation, tous les internes maîtrisent au moins en partie les compétences demandées à l'exception d'un seul qui obtient une note inférieure à 3.

Le critère ayant posé le plus de problèmes aux étudiants lors des deux évaluations est la quantification de la pression artérielle pulmonaire.

Les valeurs médianes et écarts interquartiles des notes des participants avant et après formation sont présentées dans le tableau 2. Une différence significative est retrouvée pour le score total et l'ensemble des trois critères. L'évaluation des apprenants était de 2 [0 ; 6] avant formation et de 5 [3 ; 6] après formation ; $p = 0,002$.

Tableau 2 : Comparaison des résultats avant et après la formation

Critères	Formation		p value
	Avant (n=17)	Après (n=17)	
Quantification du débit cardiaque via la mesure de l'ITV sous aortique	1 [0 ; 2]	2 [1 ; 2]	0,002
Quantification de la pression de remplissage du VG via l'analyse des ondes E et A	1 [0 ; 2]	2 [1 ; 2]	0,005
Quantification de la pression artérielle pulmonaire	0 [0 ; 2]	1[1 ; 2]	0,003
Score total	2 [0 ; 6]	5 [3 ; 6]	0,002

ITV : Intégrale Temps Vitesse

Résultats secondaires

1. Critères du niveau 2 de Kirkpatrick

Tableau 3 : Evaluation des critères du niveau 2 de Kirkpatrick.

Variable	Valeur
Participants N	17
Satisfaction de la formation	
Totalelement satisfaisante N (%)	7 (41,2%)
En partie satisfaisante N (%)	10 (58,8%)
Pas satisfaisante N (%)	0 (0%)
Pertinence de la formation	
Totalelement pertinente N (%)	15 (88,2%)
En partie pertinente N (%)	2 (11,8%)
Pas pertinente N (%)	0 (0%)
Implication de la formation	
Totalelement impliquante N (%)	10 (58,8%)
En partie impliquante N (%)	7 (41,2%)
Pas impliquante N (%)	0 (0%)

Aucun interne n'a trouvé que la formation n'était pas satisfaisante, pas pertinente et pas implicante.

Il n'y a aucune différence significative sur la satisfaction, la pertinence et l'implication selon le fait d'avoir réalisé ou non un stage en cardiologie ou selon le sexe des participants.

2. Comparaison des résultats des internes selon qu'ils ont réalisé ou non un stage en cardiologie

Les valeurs médianes et écarts interquartiles des notes des participants avant et après formation selon leur passage en stage de cardiologie ou non, sont présentées dans le tableau 4. Une différence significative est retrouvée pour le score total avant comme après formation. L'évaluation avant formation des apprenants passés en stage de cardiologie est de 5 [1 ; 6], elle est de 0 [0 ; 2] pour ceux n'ayant pas effectué ce stage ; $p=0,01$.

L'évaluation après formation des apprenants passés en stage de cardiologie est de 6 [4 ; 6], elle est de 3 [2,5 ; 5] pour ceux n'ayant pas effectué ce stage ; $p=0,01$.

Avant et après formation, les internes ayant déjà réalisé un stage en cardiologie ont des notes significativement plus élevées que ceux qui n'ont pas fait ce stage.

Tableau 4 : Notes avant et après formation des internes selon le passage en stage de cardiologie

	Note avant formation			Note après formation		
	Pas de stage en cardiologie (n=6)	Stage en cardiologie (n=11)	p value	Pas de stage en cardiologie (n=6)	Stage en cardiologie (n=11)	p value
Quantification du débit cardiaque via la mesure de l'ITV sous aortique	0,00 [0,00 ; 1,00]	2,00 [1,00 ; 2,00]	0,02	1,00 [1,00 ; 2,00]	2,00 [2,00 ; 2,00]	0,122
Quantification de la pression de remplissage du VG via l'analyse des ondes E et A	0,00 [0,00 ; 1,00]	2,00 [1,00 ; 2,00]	0,02	1,00 [0,75 ; 2,00]	2,00 [1,00 ; 2,00]	0,149
Quantification de la pression artérielle pulmonaire	0,00 [0,00 ; 0,00]	2,00 [0,00 ; 2,00]	0,078	1,00 [0,75 ; 1,00]	2,00 [1,00 ; 2,00]	0,007
Evaluation globale	0,00 [0,00 ; 2,00]	5,00 [1,00 ; 6,00]	0,01	3,00 [2,50 ; 5,00]	6,00 [4,00 ; 6,00]	0,01

ITV : Intégrale Temps Vitesse
VG : Ventricule Gauche

3. Sentiment d'efficacité personnelle

Tableau 6 : Evaluation du sentiment d'efficacité personnelle par les participants

Variable	Valeur
Participants N	17
Sentiment d'efficacité personnelle	
Tout à fait capable de pratiquer en condition réelle N (%)	5 (29,4%)
En partie capable de pratiquer en condition réelle N (%)	11 (64,7%)
Pas du tout capable de pratiquer en condition réelle N (%)	1 (5,9%)
Fréquence d'utilisation de l'échocardiographie dans le futur	
Tous les jours N (%)	4 (23,5%)
Plus d'une fois par semaine N (%)	12 (70,6%)
Une fois par mois N (%)	1 (5,9%)
Contexte d'utilisation dans le futur	
En milieu hospitalier N (%)	14 (82,4%)
En milieu pré-hospitalier N (%)	3 (17,6%)
Besoin de revoir l'échocardiographie au cours d'une formation dans le futur N (%)	15 (88,2%)
Intérêt pour une mise à jour des connaissances dans les années à venir N (%)	17 (100%)
Souhait d'une fiche protocole sur l'échocardiographie aux urgences N (%)	14 (82,4%)

94% des étudiants se sentent au moins en partie voire totalement capables de pratiquer l'échocardiographie en condition réelle à l'issue de la formation. 94% estiment avoir recours à l'échocardiographie plus d'une fois par semaine. Les participants pensent avoir recours à l'échocardiographie majoritairement en milieu hospitalier. Plus de 80% d'entre eux souhaitent consolider leurs connaissances au moyen d'une fiche protocole ou par de nouvelles formations.

DISCUSSION

Résultats

Notre étude est la première à réaliser l'évaluation d'un cours sur l'échocardiographie pour les internes en DES de médecine d'urgence à l'académie de Poitiers.

Elle montre que la formation dispensée est efficace et apporte une réelle plus-value aux internes. Elle s'inscrit dans le cadre des formations courtes à l'échocardiographie. Ces formations étant particulièrement efficaces pour un public non cardiologue, comme l'ont montré de nombreuses études (10), (11), (12), (13), (14). Particulièrement participatif et ayant recours aux ateliers pratiques, ce modèle de formation a totalement plu aux étudiants. L'efficacité de ce format a été démontrée dans de nombreuses études comme celle de Bentzinger P et al. (15). La participation à cette formation renforce par ailleurs la motivation et encourage l'utilisation de l'échographie transthoracique (ETT) dans la pratique quotidienne (16) (17).

Martin P-V et al. dans son étude, suggère qu'il est nécessaire d'avoir des connaissances théoriques et pratiques avant d'effectuer un apprentissage spécialisé à l'ETT afin de faciliter l'acquisition des connaissances(18). On note que c'est le cas pour l'ensemble des internes ayant participé à l'étude.

Dans celle-ci, on remarque que tous les participants ont progressé de façon significative. Les trois critères demandés aux étudiants nécessitent une coupe quatre cavités. Celle-ci est réputée être la plus difficile à obtenir(19). Il est satisfaisant d'observer que tous les internes savent la réaliser. Parmi nos critères, la quantification de la pression artérielle pulmonaire a été le plus difficile à réaliser.

A l'issue de la formation, on observe une corrélation entre le fait de réaliser les critères et le sentiment d'efficacité personnelle. En effet les 94% des participants réalisant totalement ou en partie les critères de la SFMU, pensent se sentir à l'aise en conditions réelles. On observe à l'inverse la même chose pour les 6% restants.

Cette formation a été estimée comme majoritairement pertinente et impliquante et en partie satisfaisante, les étudiants demandant un temps de pratique plus long pour l'ETT soit en

augmentant le nombre d'échographes, soit en réduisant le nombre de participants et tout en se focalisant davantage sur les pathologies les plus fréquemment rencontrées aux urgences (20).

Cette étude met également en évidence l'intérêt de la réalisation d'un stage en cardiologie dans le cursus du DES de médecine d'urgence, confirmant l'étude de Bustam A et al. (21). En effet on remarque que les étudiants ayant effectué un tel stage sont totalement formés et réalisent parfaitement l'ensemble des critères de la SFMU. Ce n'est pas le cas de leurs homologues qui ne sont pas passés en cardiologie et qui à la fin de la formation ne savent réaliser que partiellement les critères requis. Ces derniers, qui ont initialement moins de connaissances, montrent une meilleure progression au cours de la formation. Il faut noter qu'il s'agit pour ces étudiants de leur dernier cours sur l'échocardiographie et donc qu'à moins d'un investissement personnel leurs compétences n'évolueront pas davantage. Cela suggère donc un entraînement pratique individuel a posteriori. Cet entraînement à la suite de la formation consoliderait voire renforcerait l'apprentissage comme le montre Martin P-V et al.(18)

Limites de l'étude

Notre étude manque de puissance car un faible nombre d'interne a pu être inclus, limitant ainsi son impact.

Le nombre d'ETT par étudiant au cours de la formation n'a pas pu être quantifié. Ces derniers s'entraînant librement au cours des ateliers, soit pendant deux heures. La question se pose sur un nombre minimum d'ETT nécessaire pour l'acquisition des connaissances. Il n'existe pas de recommandations actuelles sur le sujet. La littérature américaine recommande un minimum de 150 ETT et trois mois de pratique (22). La littérature française recommande quant à elle de 20 à 50 examens pour être compétent (23). La SFMU recommande, elle, de compléter une formation de base avec la réalisation de 20 à 50 examens supervisés sur une période de 12 mois (6).

Au cours des deux échocardiographies d'évaluation, le temps de réalisation des ETT n'a pas été pris en compte. Il pourrait être intéressant de le prendre en compte dans une prochaine étude comme Neelankavil et al. (24). Trois autres biais sont également à prendre en compte. Les ETT d'évaluation étaient réalisés au moyen de deux échographes différents. Les évaluations s'effectuaient sur un volontaire sain qui n'était pas forcément le même. Enfin il pourrait être

intéressant comme Hempel et al. de mettre en place des critères de qualité pour les évaluateurs afin d'harmoniser leurs évaluations (25).

Le délai d'évaluation avant et après formation est court. Il serait pertinent d'effectuer une nouvelle évaluation à distance. Cela permettrait de définir les points à approfondir et les périodes après lesquelles un rappel est nécessaire.

Notre étude a été réalisée sur des volontaires sains et donc sans recours à un simulateur cardiaque. Deux études montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre l'apprentissage de l'ETT sur un mannequin haute-fidélité comparativement à un volontaire sain (26) (27). Cependant les ETT réalisés sur des volontaires sains ne permettent pas d'évaluer toutes les compétences recommandées par la SFMU. La simulation permettrait de modéliser des pathologies cardiaques (28). Enfin certains simulateurs facilitent également l'apprentissage de l'ETT grâce à une visualisation 3D du cœur concomitante aux images 2D de l'échographie (17).

D'autres études statuent sur le fait que le recours à un simulateur permet d'augmenter la confiance en soi en s'exerçant en toute sécurité, dans un temps adéquat hors formation, sans stress et sans mise en danger du patient (29) (30). Enfin dans le cadre de l'évaluation des compétences, la simulation permet un examen plus juste par son caractère reproductible (30).

L'accès à la simulation peut s'avérer coûteux. Pour autant, certaines études montrent qu'en terme de coût global, celle-ci pourrait être moins onéreuse et plus avantageuse que la formation sur modèle humain (31). A court terme, l'acquisition d'un simulateur dépend des moyens financiers disponibles des facultés et des hôpitaux universitaires.

-

CONCLUSION

Cette étude montre que la formation à l'échocardiographie dans le cadre du DES de médecine d'urgence est efficace. Les internes ayant assisté à la formation sont aptes à mesurer une ITV sous aortique, les pressions de remplissage du VG et la pression artérielle pulmonaire. Ceux étant passés en stage de cardiologie durant leur cursus montrent des résultats supérieurs avant comme après la formation.

D'autres études sont nécessaires afin de conforter nos conclusions. Notamment avec une évaluation plus à distance de la formation et sur plusieurs promotions d'internes. L'accès à un simulateur permettrait également l'apprentissage et l'évaluation de l'ensemble des critères de la SFMU.

BIBLIOGRAPHIE

1. Neskovic AN, Hagendorff A, Lancellotti P, Guarracino F, Varga A, Cosyns B, et al. Recommendations emergency echocardiography: the European Association of Cardiovascular Imaging. 2012.
2. Frederiksen CA, Juhl-Olsen P, Larsen UT, Nielsen DG, Eika B, Sloth E. New pocket echocardiography device is interchangeable with high-end portable system when performed by experienced examiners. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2010;54(10):1217-23.
3. Labovitz AJ, Noble VE, Bierig M, Goldstein SA, Jones R, Kort S, et al. Focused Cardiac Ultrasound in the Emergent Setting: A Consensus Statement of the American Society of Echocardiography and American College of Emergency Physicians. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2010;23(12):1225-30.
4. Bobbia X, Abou-Badra M, Hansel N, Pes P, Petrovic T, Claret PG, et al. Changes in the availability of bedside ultrasound practice in emergency rooms and prehospital settings in France. *Anaesthesia Critical Care & Pain Medicine*. 2018;37(3):201-5.
5. Laursen CB, Sloth E, Lassen AT, Christensen R dePont, Lambrechtsen J, Madsen PH, et al. Point-of-care ultrasonography in patients admitted with respiratory symptoms: a single-blind, randomised controlled trial. *The Lancet Respiratory Medicine*. 2014;2(8):638-46.
6. Membres de la commission des référentiels de la SFMU, Duchenne J, Martinez M, Rothmann C, Claret P-G, Desclefs J-P, et al. Premier niveau de compétence pour l'échographie clinique en médecine d'urgence. Recommandations de la Société Française de Médecine d'Urgence par consensus formalisé. *Ann Fr Med Urgence*. 2016;6(4):284-95.
7. Martinez M, Duchenne J, Bobbia X, Brunet S, Fournier P, Miroux P, et al. Deuxième niveau de compétence pour l'échographie clinique en médecine d'urgence. Recommandations de la Société Française de Médecine d'Urgence par consensus formalisé. *Ann Fr Med Urgence*. 2018;8(3):193-202.
8. Michels G, Zinke H, Möckel M, Hempel D, Busche C, Janssens U, et al. Recommendations for education in ultrasound in medical intensive care and emergency medicine: position paper of DGIIN, DEGUM and DGK. *Med Klin Intensivmed Notfmed*. 2017;112(4):314-9.
9. Kirkpatrick_Four_Levels_-_Audio_Recordings_Study_Guide-with-cover-page-v2.pdf [Internet]. [cité 22 janv 2022]. Disponible sur:

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/39262447/Kirkpatrick_Four_Levels_-_Audio_Recordings_Study_Guide-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1642857491&Signature=MY1HkY6wloxT9fFwNZnuntLtUIFw1Yn5C55wre29bAOp8au6oC7UwBww~0jTxmVZCkflw7Hf1r6B34P5M~W0cvLJiBoGily3FAHHEHUuLoYAeV1mKHykvx1KvAd3FE5TEw069T54ZCKSmwtWOBM7DCTK8l1aSr zY2gBRH4ZS-iTcWwqHuo8yy0kfpwjXXAm6o-4l2x5UvCHKIRJDn-4CpqZbwUikRhgSsmNdHBGLjKa8P0qixuQ4VGx1wB7o3geoYEW53lrk-fYHPqMdLhiBCrGYpa9EDi3xz03CXzTHdRag7~vYaqtpYNU1pcVppxlRM0IPOREplb UN8tqclgrcZw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

10. Manasia AR, Nagaraj HM, Kodali RB, Croft LB, Oropello JM, Kohli-Seth R, et al. Feasibility and potential clinical utility of goal-directed transthoracic echocardiography performed by noncardiologist intensivists using a small hand-carried device (SonoHeart) in critically ill patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2005;19(2):155-9.
11. Vignon P, Dugard A, Abraham J, Belcour D, Gondran G, Pepino F, et al. Focused training for goal-oriented hand-held echocardiography performed by noncardiologist residents in the intensive care unit. *Intensive Care Med*. 2007;33(10):1795-9.
12. 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*. *Critical Care Medicine*. 2011;39(4):636-42.
13. Preston HM, Collins AST, Reed MJ, Connolly J. A description of echocardiography in life support use during cardiac arrest in an Emergency Department before and after a training programme. *European Journal of Emergency Medicine*. 2015;22(6):426-9.
14. Price S, Ilper H, Uddin S, Steiger HV, Seeger FH, Schellhaas S, et al. Peri-resuscitation echocardiography: Training the novice practitioner. *Resuscitation*. 2010;81(11):1534-9.
15. Bentzinger P, Mahoudeau G, Alezrah M, Pottecher T. Enquête sur l'apprentissage de l'échographie par les internes d'anesthésie-réanimation de l'inter-région Est. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation*. 2013;32(4):246-50.
16. Kuza CM, Hanifi MT, Koç M, Stopfkuchen-Evans M. Providing Transthoracic Echocardiography Training for Intensive Care Unit Trainees: An Educational Improvement Initiative. *Journal of Surgical Education*. 2018;75(5):1342-50.
17. Hammoudi N, Arangalage D, Boubrit L, Renaud MC, Isnard R, Collet J-P, et al. Ultrasound-based teaching of cardiac anatomy and physiology to undergraduate medical students. *Arch Cardiovasc Dis*. 2013;106(10):487-91.

18. Martin P-V, Fogelman J, Travers S, Martin A-C. Méthode adaptée d'évaluation échographique de la fonction cardiaque à l'usage de l'urgentiste. *Journal Européen des Urgences et de Réanimation*. 2021;33(1):12-20.
19. Vignon P, Pegot B, Dalmay F, Jean-Michel V, Bocher S, L'her E, et al. Acceleration of the learning curve for mastering basic critical care echocardiography using computerized simulation. *Intensive Care Med*. 2018;44(7):1097-105.
20. Boisguérin B, Toutlemonde F, Vuagnat A. Caractéristiques de la prise en charge des patients aux urgences. [//www.em-premium.com/data/revues/00380814/v63i825/S0038081418300811/](https://www.em-premium.com/data/revues/00380814/v63i825/S0038081418300811/) [Internet]. 15 mai 2018 [cité 10 janv 2022]; Disponible sur: [https://www-em-premium-com.ressources.univ-poitiers.fr/article/1214490/resultatrecherche/1](https://www.em-premium-com.ressources.univ-poitiers.fr/article/1214490/resultatrecherche/1)
21. Bustam A, Azhar MN, Veriah RS, Arumugam K, Loch A. Performance of emergency physicians in point-of-care echocardiography following limited training. *Emerg Med J*. 2014;31(5):369-73.
22. 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. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 1999;12(1):82-4.
23. Emergency Ultrasound Guidelines. *Annals of Emergency Medicine*. 2009;53(4):550-70.
24. Neelankavil J, Howard-Quijano K, Hsieh TC, Ramsingh D, Scovotti JC, Chua JH, et al. Transthoracic Echocardiography Simulation Is an Efficient Method to Train Anesthesiologists in Basic Transthoracic Echocardiography Skills. *Anesthesia & Analgesia*. 2012;115(5):1042-51.
25. Hempel C, Turton E, Hasheminejad E, Bevilacqua C, Hempel G, Ender J, et al. Impact of Simulator-based Training on Acquisition of Transthoracic Echocardiography Skills in Medical Students. *Ann Card Anaesth*. 2020;23(3):293-7.
26. Desbrest P. Formation des internes de médecine de première année aux coupes de bases de l'échocardiographie: mannequin vivant versus simulateur haute-fidélité. 2020.
27. Edrich T, Seethala RR, Olenchok BA, Mizuguchi AK, Rivero JM, Beutler SS, et al. Providing Initial Transthoracic Echocardiography Training for Anesthesiologists: Simulator Training Is Not Inferior to Live Training. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2014;28(1):49-53.
28. Via G, Hussain A, Wells M, Reardon R, ElBarbary M, Noble VE, et al. International Evidence-Based Recommendations for Focused Cardiac Ultrasound. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2014;27(7):683.e1-683.e33.

29. Dieden A, Carlson E, Gudmundsson P. Learning echocardiography- what are the challenges and what may favour learning? A qualitative study. BMC Med Educ. 2019;19(1):212.
30. Shakil O, Mahmood F, Matyal R. Simulation in echocardiography: an ever-expanding frontier. J Cardiothorac Vasc Anesth. 2012;26(3):476-85.
31. Canty D, Barth J, Yang Y, Peters N, Palmer A, Royse A, et al. Comparison of learning outcomes for teaching focused cardiac ultrasound to physicians: A supervised human model course versus an eLearning guided self- directed simulator course. Journal of Critical Care. 2019;49:38-44.
32. Cohen A, Soulat-Dufour L. Echocardiographie en pratique. Lavoisier, médecine Science; 2017.
33. Lapostolle F. Médecine d'urgence. Lavoisier, médecine Science. 2019.
34. Kurtz B, BAUER F. Evaluation de la fonction ventriculaire droite. Revues Générales Echocardiographie [Internet]. [cité 11 janv 2022]; Disponible sur: <https://studylibfr.com/doc/878492/evaluation-de-la-fonction-ventriculaire-droite>
35. Klimczak C. Chapitre 1 - Échocardiographie transthoracique (ETT). In: Klimczak C, éditeur. Techniques d'échographie cardiaque [Internet]. Paris: Elsevier Masson; 2013 [cité 1 mai 2021]. p. 3-25. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9782294706066000010>
36. Klimczak C. Chapitre 22 - Échocardiographie de simulation. In: Klimczak C, éditeur. Techniques d'échographie cardiaque [Internet]. Paris: Elsevier Masson; 2013 [cité 1 mai 2021]. p. 309-12. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B97822947060660000228>

ANNEXES

Annexe 1 : Questionnaires pré et post formation

Enquête pré-cours ECHO-COEUR

Cours du 23 novembre 2021

***Obligatoire**

Adresse e-mail *

Votre adresse e-mail

Avez-vous déjà réalisé une échocardiographie ?

☐ Jamais

☐ Moins de 10

☐ Entre 10 et 50

☐ Entre 50 et 100

☐ Plus de 100

Si oui dans quels cadres ?

☐ En Stage de cardiologie

☐ Urgences

☐ Sortie smur

☐ Dans un autre stage que celui de cardiologie

☐ Lors d'une formation

Avez-vous déjà suivi une ou plusieurs formations en échocardiographie ?

☐ Oui

☐ Non

Si oui combien et dans quel cadre ?

Votre réponse

A quelle fréquence pensez-vous utiliser l'échocardiographie à la fin de vos études ?

☐ Tous les jours

☐ Plus d'une fois par semaine

☐ Une fois par semaine

☐ Une fois par mois

☐ Jamais

Dans quels milieux pensez-vous le plus utiliser l'échocardiographie ?

☐ Uniquement en hospitalier

☐ Uniquement en pré-hospitalier

☐ Plus en hospitalier qu'en pré-hospitalier

☐ Plus en pré-hospitalier qu'en hospitalier

☐ Autant en hospitalier qu'en pré-hospitalier

Aimeriez-vous avoir une fiche protocole sur l'échocardiographie aux urgences ?

☐ Oui

☐ Non

Enquête post-cours ECHO-COEUR

Cours du 23 novembre 2021

adele.these@gmail.com [Changer de compte](#)



*Obligatoire

Adresse e-mail *

Votre adresse e-mail

À quel point avez-vous trouvé cette formation satisfaisante dans le cadre de votre formation de DES de médecine d'urgences ?

- ☐ Totalelement satisfaisante
- ☐ En partie satisfaisante
- ☐ Pas du tout satisfaisante

À quel point avez-vous trouvé cette formation impliquante dans le cadre de votre formation de DES de médecine d'urgences ?

- ☐ Totalelement impliquante
- ☐ En partie impliquante
- ☐ Pas du tout impliquante

À quel point avez-vous trouvé cette formation pertinente dans le cadre de votre formation de DES de médecine d'urgences ?

- ☐ Totalelement pertinente
- ☐ En partie pertinente
- ☐ Pas du tout pertinente

Vous sentez-vous plus à même de pratiquer l'échocardiographie en condition réelle ?

- ☐ Tout à fait
- ☐ En partie
- ☐ Pas du tout

Estimez-vous avoir besoin dans le futur de revoir l'échographie cardiaque au cours d'une formation ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

Seriez-vous intéressé par une formation de mise à jour des connaissances en échocardiographie dans les années à venir ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

Comment amélioreriez-vous cette formation ?

Votre réponse

Annexe 2 : Fiches d'évaluation DES 2 pré et post formation

NOM : _____ Prénom : _____ Semestre : _____

EVALUATION N°1 – DES 3 – AVANT LE COURS

2ème niveau de compétence de la SFMU en échocardiographie

Critères SFMU	fait entièrement	fait en partie	non fait	non faisable
Trouble de la cinétique segmentaire du Ventricule gauche (Vg)				X
Quantifier pression de remplissage du Vg via l'analyse des ondes E et A				
Identifier trouble diastolique sévère de la fonction VG				X
Identifier de manière empirique un cœur pulmonaire aigu				X
Quantifier une pression artérielle pulmonaire				
Identifier une pathologie valvulaire sévère				X
Quantifier un débit cardiaque par mesure de l'intégrale temps vitesse sous aortique : ITV sous aortique				
Quantifier la réponse à une expansion volémique par mesures répétées de l'Itv sous Ao				X
Capacité à exclure un épanchement péricardique et identifier les signes visuels d'une tamponnade				X
Réaliser une échographie pendant la réanimation pulmonaire				X

EVALUATION N°2 – DES 3 – APRÈS LE COURS

2ème niveau de compétence de la SFMU en échocardiographie

Critères SFMU	fait entièrement	fait en partie	non fait	non faisable
Trouble de la cinétique segmentaire du Ventricule gauche (Vg)				X
Quantifier pression de remplissage du Vg via l'analyse des ondes E et A				
Identifier trouble diastolique sévère de la fonction VG				X
Identifier de manière empirique un cœur pulmonaire aigu				X
Quantifier une pression artérielle pulmonaire				
Identifier une pathologie valvulaire sévère				X
Quantifier un débit cardiaque par mesure de l'intégrale temps vitesse sous aortique : ITV sous aortique				
Quantifier la réponse à une expansion volémique par mesures répétées de l'ltv sous Ao				X
Capacité à exclure un épanchement péricardique et identifier les signes visuels d'une tamponnade				X
Réaliser une échographie pendant la réanimation pulmonaire				X

Annexe 3 : Synthèse des résultats aux évaluations

ECHOCARDIOGRAPHIE AVANT LE COURS					ECHOCARDIOGRAPHIE APRES LE COURS			
	Quantifier la pression de remplissage du VG via l'analyse des ondes E et A	Quantifier une pression artérielle pulmonaire	Quantifier un débit cardiaque par mesure de l'intégrale temps vitesse sous-aortique	NOTE TOTALE	Quantifier la pression de remplissage du VG via l'analyse des ondes E et A	Quantifier une pression artérielle pulmonaire	Quantifier un débit cardiaque par mesure de l'intégrale temps vitesse sous-aortique	NOTE TOTALE
Etudiant 1	0	0	0	0	0	0	1	1
Etudiant 2	0	0	0	0	1	1	1	3
Etudiant 3	1	0	1	2	2	1	2	5
Etudiant 4	1	0	1	2	2	1	2	5
Etudiant 5	0	0	0	0	1	1	1	3
Etudiant 6	0	0	0	0	1	1	1	3
Etudiant 7	2	2	2	6	2	2	2	6
Etudiant 8	2	2	2	6	2	2	2	6
Etudiant 9	2	2	1	5	2	2	2	6
Etudiant 10	1	0	0	1	1	1	1	3
Etudiant 11	2	0	2	4	2	1	2	5
Etudiant 12	2	2	2	6	2	2	2	6
Etudiant 13	2	2	2	6	2	2	2	6
Etudiant 14	1	0	2	3	2	2	2	6
Etudiant 15	0	0	0	0	1	2	1	4
Etudiant 16	0	0	1	1	1	1	2	4
Etudiant 17	2	2	2	6	2	2	2	6
	MOYENNE			3	MOYENNE			5

Annexe 4 : Résultats par critères

Figure 1 : Evaluation de la quantification du débit cardiaque via la mesure de l'intégrale temps vitesse sous aortique

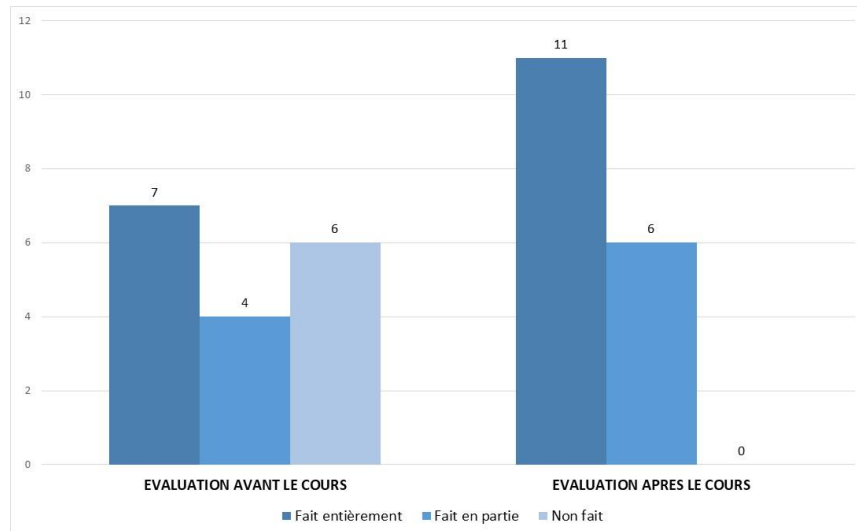


Figure 2 : Evaluation de la quantification de la pression de remplissage du VG via l'analyse des ondes E et A avant et après le cours

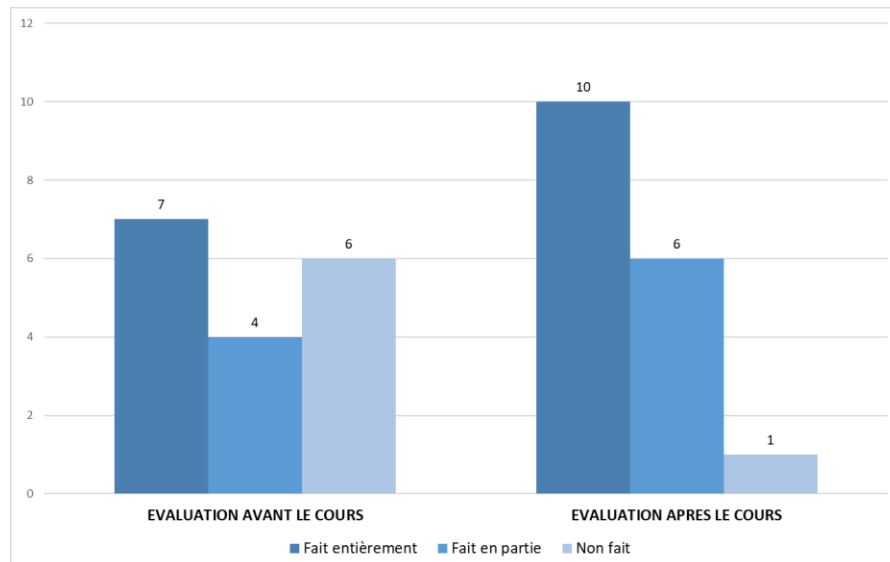
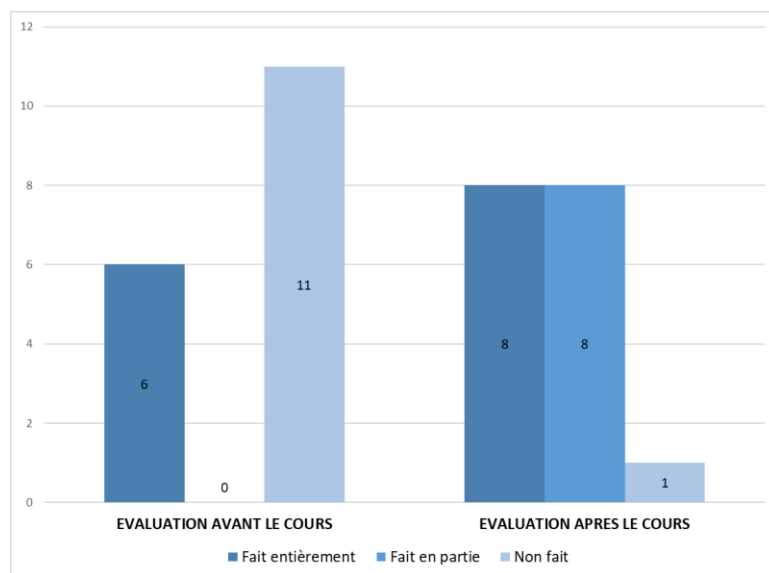


Figure 3 : Evaluation de la quantification de la pression artérielle pulmonaire avant et après le cours



Annexe 5 : Analyse en sous-groupes

Il n'y a pas de différence significative entre les notes des internes, qu'ils aient effectué un stage en cardiologie il y a plus ou moins de 6 mois (tableaux 1 et 2).

	Note avant formation			p value
	Pas de stage en cardiologie (n=6)	Stage en cardiologie datant de plus de 6 mois (n=7)	Stage en cardiologie datant de moins de 6 mois (n=4)	
Quantification du débit cardiaque via la mesure de l'intégrale temps vitesse sous aortique	0,00 [0,00 ; 1,00]	2,00 [1,00 ; 2,00]	1,50 [0,25 ; 2,00]	0,04
Quantification de la pression de remplissage du VG via l'analyse des ondes E et A	0,00 [0,00 ; 1,00]	2,00 [0,00 ; 2,00]	2,00 [1,24 ; 2,00]	0,034
Quantification de la pression artérielle pulmonaire	0,00 [0,00 ; 0,00]	0,00 [0,00 ; 2,00]	2,00 [0,50 ; 2,00]	0,054
Evaluation globale	0,00 [0,00 ; 2,00]	4,00 [1,00 ; 6,00]	5,50 [2,00 ; 6,00]	0,033

Tableau 1 : Comparaison des notes avant la formation entre les internes ayant déjà fait un stage en cardiologie, ceux qui en ont fait un il y a moins de 6 mois et ceux qui en ont fait un il y a plus de 6 mois

	Note après formation			p value
	Pas de stage en cardiologie (n=6)	Stage en cardiologie datant de plus de 6 mois (n=7)	Stage en cardiologie datant de moins de 6 mois (n=4)	
Quantification du débit cardiaque via la mesure de l'intégrale temps vitesse sous aortique	1,00 [1,00 ; 2,00]	2,00 [2,00 ; 2,00]	2,00 [1,25 ; 2,00]	0,133
Quantification de la pression de remplissage du VG via l'analyse des ondes E et A	1,00 [0,75 ; 2,00]	2,00 [1,00 ; 2,00]	2,00 [1,25 ; 2,00]	0,244
Quantification de la pression artérielle pulmonaire	1,00 [0,75 ; 1,00]	2,00 [1,00 ; 2,00]	2,00 [1,25 ; 2,00]	0,016
Evaluation globale	3,00 [2,50 ; 5,00]	6,00 [4,00 ; 6,00]	6,00 [3,75 ; 6,00]	0,036

Tableau 2 : Comparaison des notes après la formation entre les internes ayant déjà fait un stage en cardiologie, ceux qui en ont fait un il y a moins de 6 mois et ceux qui en ont fait un il y a plus de 6 mois

Annexe 6 : Modalités d'exécution des critères de la SFMU

La SFMU émet 14 recommandations, réparties en deux niveaux de compétence, pour la pratique de l'échocardiographie par les médecins urgentistes. Cette annexe a pour but de détailler ces recommandations et d'éclairer sur les modalités d'exécution de ces dernières.

Cette annexe se fonde sur le livre d'Ariel Cohen et Laurie (32), celui de Frédéric Lapostolle(33), l'article de Martin P.V. et al.(18), les revues générales d'échocardiographie de B. Kurtz et F. Bauer(34) ainsi que les chapitres 1 et 22 du livre de C. Klimczak(35), (36).

PREMIER ET DEUXIEME NIVEAUX DE COMPETENCE EN ECHOGRAPHIE CARDIAQUE CHEZ LE MEDECIN URGENTISTE SELON LA SFMU

En 2016, des recommandations sur un premier niveau de compétence en échocardiographie clinique pour les médecins urgentistes, ont été établies par la Société Française de Médecine d'Urgence (SFMU). Puis en 2018 sont parues des recommandations sur un deuxième niveau de compétence sur ce même sujet.

Concernant le premier niveau de compétence, la SFMU recommande que les médecins urgentistes sachent :

- **Détecter un épanchement péricardique de grande abondance.**

L'échographie cardiaque est l'examen de choix en cas de suspicion d'épanchement péricardique. Il montre que pour détecter un épanchement péricardique, le médecin urgentiste fait aussi bien qu'un cardiologue au cours d'une échographie cardiaque.

Il est important d'apporter pour cette recommandation les précisions suivantes :

Afin d'améliorer la prise des mesures, il convient d'augmenter la profondeur et de diminuer les gains.

La tolérance du patient face à un épanchement péricardique est liée à l'importance et à la rapidité de formation de l'épanchement. Donc, l'aspect de swinging heart sera un signe d'abondance mais pas forcément de mauvaise tolérance. Les signes de mauvaise tolérance seront quant à eux : la compression des cavités cardiaques (OD, VD puis Cœur gauche plus tardivement) et/ou la dilatation de la veine cave inférieure de plus de 21mm non respirante.

La mesure de l'épanchement se fait en télédiastole, en coupe parasternale grand axe. On mesure l'espace vide entre le feuillet pariétal et le feuillet viscéral. Cette mesure en cm permet d'estimer un volume :

- Un décollement de moins de 10mm correspond à un épanchement de faible abondance, soit 300cm³ environ ;
- Un décollement entre 10mm et 20mm correspond à un épanchement de moyenne abondance, soit de 300 à 500cm³ ;
- Un décollement de plus de 20mm correspond à un épanchement de grande abondance, soit supérieur à 1000cm³.

De plus, un épanchement de faible abondance ne sera visible qu'au niveau de la paroi postérieure, alors qu'un épanchement de moyenne ou de grande abondance sera circonférentiel (figure1).

Figure 1 : ETT, incidence sous-costale. Présence d'un épanchement péricardique de grande abondance.



Figure 2 : ETT, incidence parasternale gauche grand axe. Présence d'un épanchement péricardique (1) associé à un épanchement pleural gauche (2), délimité par l'aorte descendante (3).



Enfin il ne faudra pas confondre un épanchement pleural d'un épanchement péricardique, pour cela on se place en coupe parasternale grand axe en visualisant l'aorte thoracique descendante qui se situe en arrière de la paroi postérieure du péricarde. Si l'épanchement se situe en avant de l'aorte thoracique c'est un épanchement péricardique, dans le cas contraire c'est un épanchement pleural (figure 2).

- **Evaluer la fraction d'éjection du ventricule gauche (FEVG) de façon empirique : normale, intermédiaire ou effondrée.**

Il existe une bonne corrélation entre le calcul précis d'une FEVG et la méthode empirique qui guide la prise en charge du patient.

Cette mesure visuelle se fait sur la coupe apicale 4 cavités. Une FEVG normale correspond à une norme supérieure à 50%, entre 35 et 50% il s'agit d'une FEVG intermédiaire et en étant inférieure à 35% on estime que la FEVG est effondrée.

Pour effectuer une mesure précise, il est recommandé d'utiliser la méthode Simpson biplan qui consiste à contourner l'endocarde en télédiastole puis télésystole en coupe 4 cavités puis 2 cavités. La norme chez l'homme est de 52 à 72% et chez la femme de 54 à 74%.

Cependant, selon l'article, paru en janvier 2021 dans le journal européen des urgences en réanimation, il n'y a pas lieu d'utiliser la méthode Simpson biplan pour calculer la FEVG.

En effet, des études rapportent qu'après une courte formation, il existe une bonne corrélation entre l'évaluation visuelle et l'évaluation quantitative en utilisant les méthodes de mesure ou l'évaluation visuelle par des cardiologues.

- **Détecter une dilatation du ventricule droit.**

Le calcul du rapport VD/VG est quelque chose de facilement reproductible et il existe une corrélation avec la gravité du patient.

On parlera de dilation du ventricule droit dès lors que le rapport VD/VG est supérieur à 0,6.

- **Estimer la taille, la forme, la variabilité et mesurer le diamètre de la veine cave inférieure (VCI).**

L'évaluation de la volémie chez un patient et la surcharge cardiaque par la mesure du diamètre de la veine cave inférieure a une bonne corrélation. L'estimation visuelle de la taille, forme et variabilité de la veine cave inférieure a une bonne corrélation inter individuelle.

Pour ce faire, la coupe demandée est la voie sous costale centrée sur la veine cave inférieure à deux cm de l'abouchement de cette dernière dans l'oreillette droite. On parlera de vidange inspiratoire de la VCI normale, soit une VCI dite respirante ou compliant, dès lors qu'elle dépasse 50%. La mesure pourra être effectuée en mode échocardiographie en mesurant du bord supérieur au bord inférieur de la veine cave inférieure, avec estimation visuelle de la compliance de la VCI.

Sinon, cette mesure pourra être effectuée avec le mode TM, en mesurant le diamètre maximal expiratoire et le diamètre minimal inspiratoire.

Concernant le deuxième niveau de compétence la SFMU recommande que les médecins urgentistes sachent :

- Identifier une anomalie de la contractibilité segmentaire du ventricule gauche (VG).

La SFMU a émis un accord fort et affirme aussi que son acquisition semble possible mais difficile et finalement peu adaptée à la médecine d'urgence. Une analyse focalisée sur certaines parties du cœur serait peut-être plus pertinente après évaluation au cours d'une étude.

- Quantifier les pressions de remplissage du VG via l'analyse des ondes E et A (accord fort).

Selon la SFMU cela semble faisable et pertinent dans la pratique du médecin urgentiste. Pour ce faire, il faudra rassembler plusieurs paramètres. Devant une fibrillation atriale ces mesures ne pourront pas être effectuées.

Le premier paramètre à recueillir est le calcul du E sur A qui consiste à l'analyse du flux mitral en doppler pulsé (figure 3). Cette mesure s'effectue en coupe apicale quatre cavités, le curseur placé au sommet des feuillets mitraux (figure 4).

Le deuxième paramètre est l'analyse du flux à l'anneau mitral avec le calcul du E'. Cette mesure s'effectue en coupe apicale 4 cavités en doppler tissulaire. Le curseur sera placé successivement à l'anneau mitral latéral puis septal au niveau de l'insertion des feuillets mitraux. Les normes sont, un E' septal ≥ 7 cm/sec, un E' latéral ≥ 10 cm/sec et un E' moyenné ≤ 14 (figure 4).

Le troisième paramètre à recueillir est celui de la vitesse maximale de l'insuffisance tricuspide (Vmax de l'IT). Il est recommandé d'effectuer cela en coupe apical 4 cavités, d'activer le doppler tissulaire afin de visualiser le flux de l'insuffisance tricuspide physiologique et d'ainsi aligner le curseur sur ce flux en activant le doppler continu. On enregistre ainsi un flux systolique négatif. La norme est un Vmax de l'IT inférieur ou égal à 2,8m/s.

Enfin le quatrième paramètre est la mesure du volume de l'oreillette gauche. On mesure ce volume en télésystole en contournant l'oreillette gauche en coupe apicale 4 cavités puis 2 cavités. Un volume inférieur à 34ml/m² est considéré normal.

Figure 3 : ETT, incidence apicale 4 cavités, flux transmitral en Doppler pulsé. Mesure du pic de vélocité de l'onde E, du temps de décélération de l'onde E mitrale (en alignant la mesure à la pente du signal de l'onde E), du pic de vélocité de l'onde A et de la durée de l'onde A.

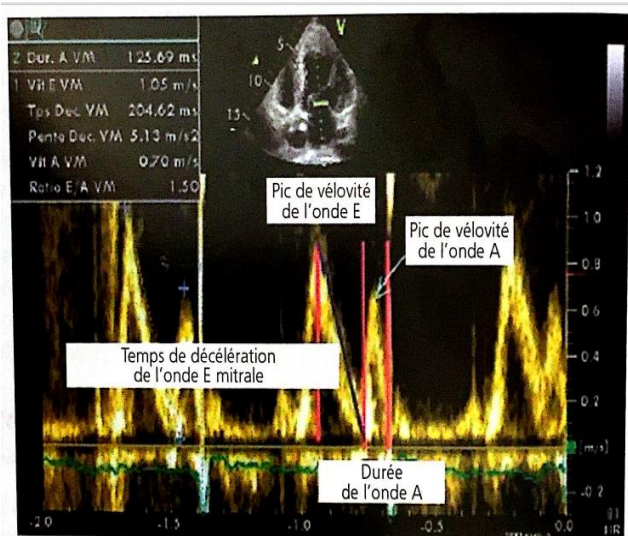
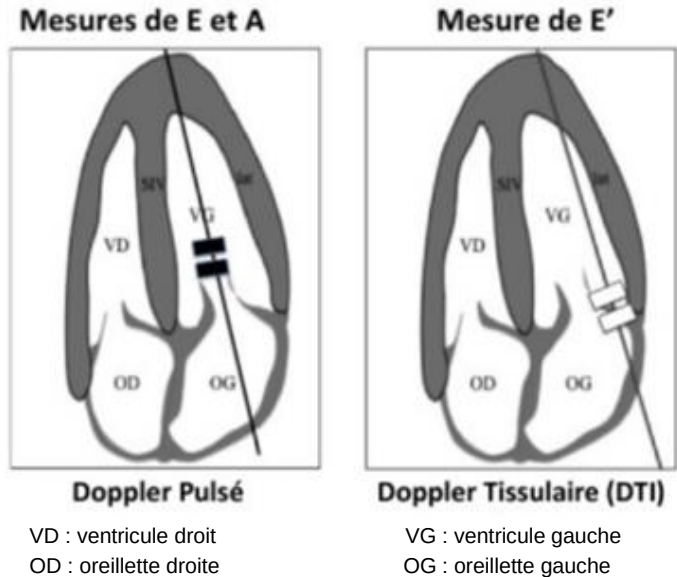
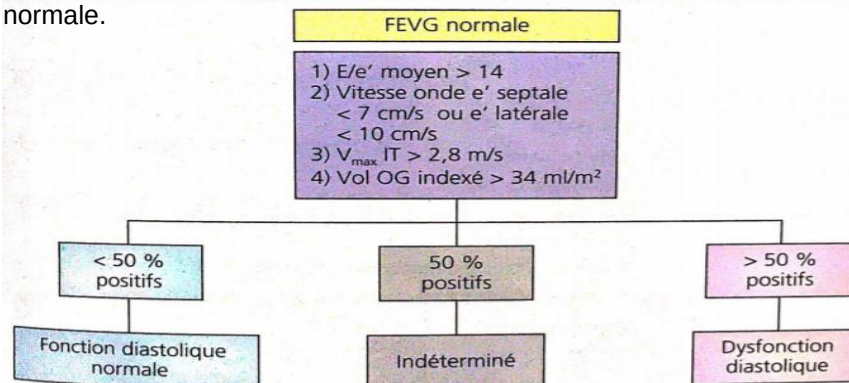


Figure 4 : coupe apicale 4 cavités, recueil des ondes E et A par Doppler pulsé, et l'onde E' par Doppler tissulaire.



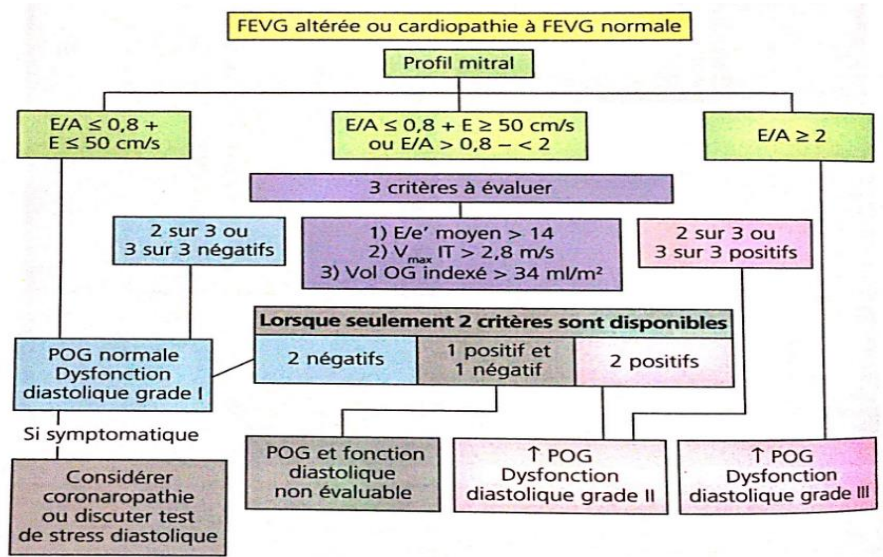
Ainsi grâce à ces quatre paramètres, pour déterminer les pressions de remplissage, on utilisera la figure 5 si on se trouve dans le cas d'un cœur sain et la figure 6 si on se trouve devant une FEVG altérée ou une cardiopathie à FEVG normale.

Figure 5 : Détermination de la pression de remplissage du ventricule gauche dans le cas d'une FEVG altérée ou une cardiopathie à FEVG normale.



FEVG : fonction d'éjection du ventricule gauche
 V_{max} de l'IT : vitesse maximale de l'insuffisance tricuspidale
 Vol OG : volume de l'oreillette gauche

Figure 6 : Détermination de la pression de remplissage du ventricule gauche dans le cas d'un cœur sain.

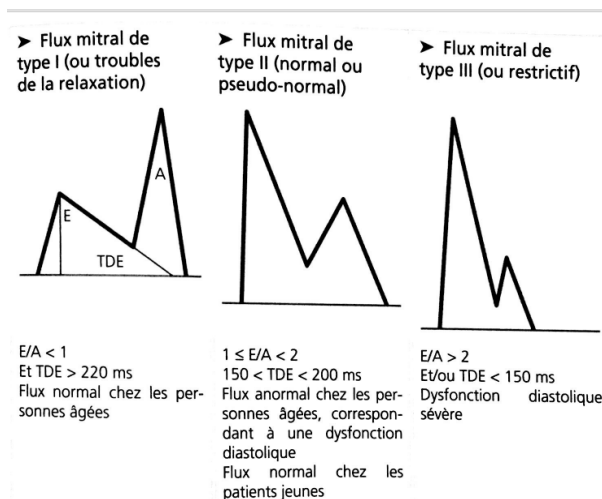


FEVG : fonction d'éjection du ventricule gauche POG : pression oreillette gauche
 Vmax de l'IT : vitesse maximale de l'insuffisance tricuspide

- **Identifier un trouble diastolique sévère de la fonction VG** (accord fort) (figure 7).

Cela se fera par l'évaluation des pressions de remplissage du VG. Ces indices sont mesurables et interprétables par des médecins urgentistes formés dans leur pratique clinique. Voir ci-dessus (figure 3 et 4) les explications pour effectuer ces mesures.

Figure 7 : Fonction diastolique du VG



TDE : temps de décélération de l'onde E mitrale

- **Identifier de manière empirique un cœur pulmonaire aigu** (accord fort).

Cela se fera par la visualisation d'un VD, d'une oreillette droite et de la veine cave inférieure dilatée, par le calcul du rapport des diamètres télédiastoliques VD/VG qui seront augmentés dans ce contexte et par la visualisation d'un septum paradoxal.

On définit un cœur pulmonaire aigu par :

- La dilatation du ventricule droit, en mesurant le rapport des diamètres télédiastoliques du ventricule droit et du ventricule gauche soit STVD/STVG supérieur à 0,6 ;
- L'absence d'hypertrophie ventriculaire droite c'est-à-dire une paroi libre du VD inférieur 6-7mm ;
- La visualisation en fin de systole d'un septum paradoxal ;
- La mesure d'une hypertension pulmonaire (HTP) en mesurant soit la pression artérielle pulmonaire systolique (PAPS), soit la pression artérielle pulmonaire moyenne, soit la pression artérielle pulmonaire diastolique (PAPd). On considère être dans une situation d'HTP dès lors que :
 - PAPS > 35mmHg et <60mmHg (cf critère sfmu quantifier une pression artérielle pulmonaire), on privilégiera cette mesure au deux mesures suivantes, qu'on ne détaillera pas dans ce document ;
 - Et/ou PAPm > 25mmHg ;
 - Et/ou PAPd > 20mmHg.
- Un temps d'accélération du flux pulmonaire antérograde inférieur à 100ms ;
- Un trouble de la relaxation du ventricule gauche : $E < A$;
- Une dilatation de la veine cave inférieure donc supérieure à 21mm et non respirante ;
- Signe du D en coupe parasternale petit axe.

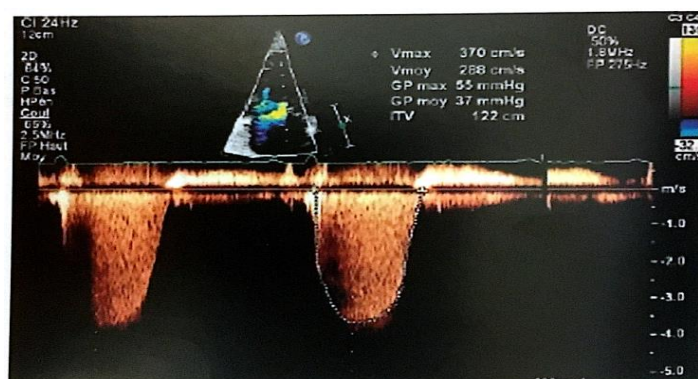
- **Quantifier une pression artérielle pulmonaire** (accord relatif).

Pour réaliser cela, plusieurs critères existent :

La première mesure pour suspecter une hypertension pulmonaire est l'analyse du flux d'insuffisance tricuspide (IT).

On affirme que l'on est face à une hypertension pulmonaire lorsque la pression artérielle pulmonaire systolique (PAPs) est supérieure à 35 mmHg, au repos avec des pressions de remplissage VG basses. Pour effectuer cela il faut effectuer une coupe apicale quatre cavités, repérer via le doppler couleur l'insuffisance tricuspide physiologique et utiliser le doppler continu pour calculer la vitesse maximale de l'IT (figure 8).

Figure 8 : Mesure de la PAPS sur l'IT. ETT, incidence apicale 4 cavités, flux d'insuffisance tricuspide en Doppler continu. Le gradient maximal est calculé à 55mmHg, si on estime la pression atriale a 8mmHg (en fonction de la VCI), la PAPs est égale à 55 + 8 = 63mmHG.



On estime la PAPs grâce à l'équation simplifiée de Bernoulli ($\Delta P = 4 V_{\max} IT^2$) à partir du pic du flux d'IT (équation non valide pour les IT laminaires). La PAPs est égale au gradient de pression de l'oreillette droite par rapport à celui du ventricule droit additionné à la pression de l'oreillette droite estimée sur la taille de la veine cave inférieure et de sa compliance (figure 9).

Figure 9 : Critères échographiques de dépistage de l'hypertension pulmonaire.

VCI	Variations respiratoires	Estimation de la POD
Petite < 15 mm	Vidange complète en inspiration	5 mmHg
Normale 15 – 25 mm	Vidange > 50 %	10 mmHg
Normale 15 – 25 mm	Vidange < 50 %	15 mmHg
Dilatée > 25 mm	Vidange < 50 %	20 mmHg
VCI et VSH dilatées (> 10 mm)	Pas de variation	> 20 mmHg

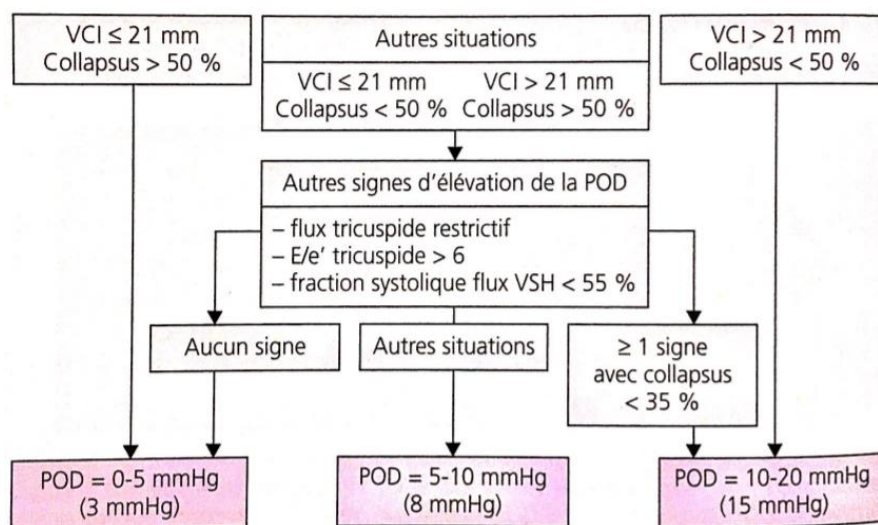
VCI: veine cave inférieure, VSH: veine sus hépatique, POD: pression auriculaire droite.

TABLEAU III: Estimation de la pression auriculaire droite à partir de la veine cave inférieure.

Vmax IT (m/s)	PAPs estimée* (mmHg)	Autres signes** d'HTP	Probabilité d'HTP	Niveau de recommandation/ niveau de preuve
≤ 2,8	≤ 36	Non	Peu probable	I – B
≤ 2,8	≤ 36	Oui	Possible	Ila – C
2,9 – 3,4	37 – 50	Oui/Non	Possible	Ila – C
> 3,4	> 50	Oui/Non	Probable	I – B

PAP: pression artérielle pulmonaire, HTP: hypertension pulmonaire.
 *Hypothèse d'une POD normale de 5 mmHg.
 **Autres signes échographiques évocateurs d'HTP: augmentation de la vitesse de l'IP, TAP court, dilatation des cavités droites, forme anormale et mouvement paradoxal du SIV, hypertrophie pariétale du VD, dilatation de l'AP.

Figure 10 : Algorithme d'évaluation de la POD.



POD : pression oreillette droite
VSH : veines sus-hépatiques

VCI : veine cave inférieure

Le deuxième paramètre est le flux de l'insuffisance pulmonaire. Son analyse permet de déduire la PAPm (pic télédiastolique) et la PAPd (pic protodiastolique) ainsi la PAPs est égale à trois fois la PAPm moins deux fois la PAPd.

Le troisième paramètre est le flux éjectionnel pulmonaire. On calcule grâce à ce flux le temps d'accélération pulmonaire (TAP). Lorsque le TAP est inférieur à 90ms il est fort probable qu'il existe une hypertension pulmonaire, lorsqu'il est supérieur à 130ms on peut réfuter cette hypothèse, et quand le TAP est entre 90ms et 130ms il n'est pas possible de conclure, il faudra donc dans ce dernier cas s'aider des autres paramètres.

Enfin le dernier paramètre est l'évaluation des résistances vasculaires pulmonaires (RVP). On l'évalue grâce à la formule d'Abbas ($RVP = V_{max} IT \text{ (m/s)} / \text{intégrale temps vitesse sous pulmonaire (cm)}$). Si le résultat est supérieur à 0,2 on estime que les RVP sont élevées et donc être dans une situation d'hypertension pulmonaire.

- Identifier une pathologie valvulaire sévère.

Bien que la SFMU émette un accord fort elle fait remarquer qu'il n'existe pas pour le moment d'étude ayant évalué la pertinence du médecin urgentiste pour dépister une pathologie valvulaire.

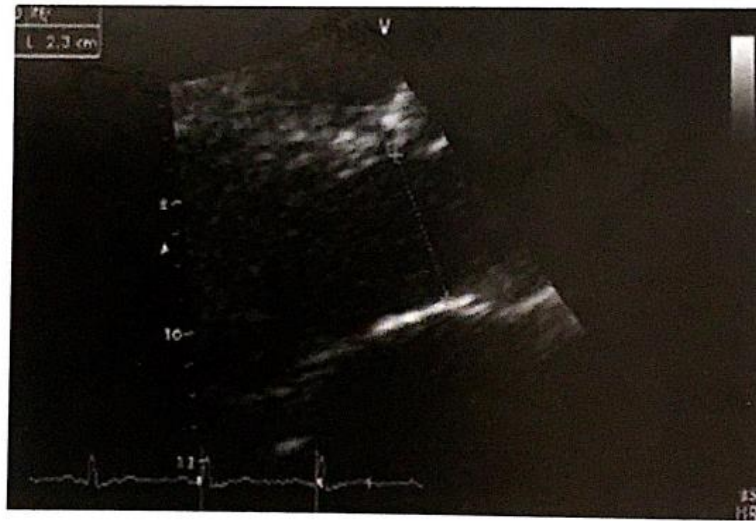
- Quantifier un débit cardiaque par mesure de l'intégrale temps vitesse sous aortique : ITV sous Ao (accord fort).

Les variations de la mesure de l'ITV sous-aortique suivent celles du débit cardiaque et sont suffisantes pour l'évaluation du débit cardiaque chez les patients hémodynamiquement instables. Sa mesure par le médecin urgentiste est fiable, comparativement à celle réalisée par le cardiologue .

La quantification de l'ITV nécessite plusieurs mesures.

La première mesure est celle du diamètre en centimètre de la chambre de chasse ventriculaire gauche (CCVG). Il faudra réaliser une coupe parasternale grand axe et zoomer sur la CCVG pour effectuer la mesure au pied du QRS, en systole, valve aortique ouverte. On obtient entre les deux points d'insertion des sigmoïdes aortiques le diamètre de la chambre de chasse du VG soit « D » et ainsi la surface aortique soit $\pi D^2/4$ (cm²) (figure 11).

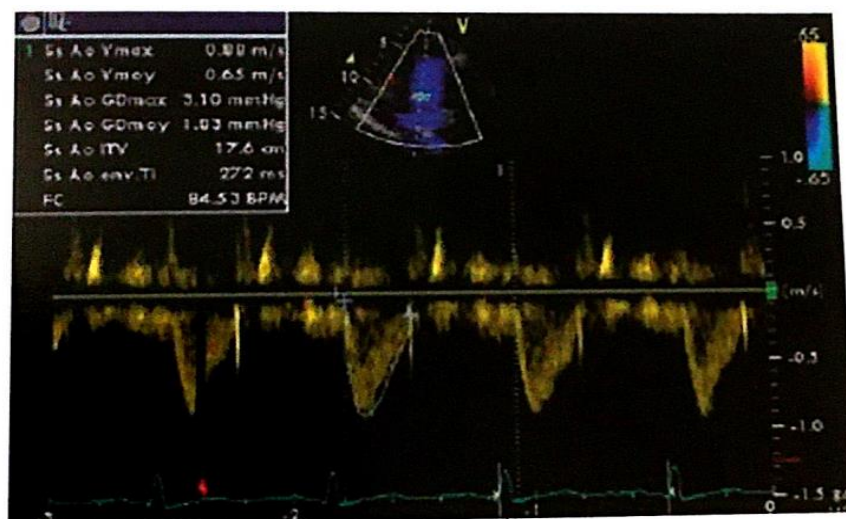
Figure 11 : ETT, incidence parasternale grand axe zoomée sur la chambre de chasse ventriculaire gauche. Mesure de la chambre de chasse ventriculaire gauche en systole, valves ouvertes entre les deux points d'insertion des sigmoïdes aortiques. Dans cet exemple, D = 2,3cm.



La deuxième mesure est celle de l'ITV sous-aortique « ITVAo ».

Il faudra réaliser une coupe apicale 5 cavités, placer le curseur dans la CCVG et actionner le doppler pulsé pour mesurer l'ITVAo en contournant son tracé. La vitesse de défilement devra être préalablement réglée sur 100mm/s (figure 12).

Figure 12 : ETT, incidence apicale 5 cavités. Obtention d'un flux intégrale temps-vitesse sous-aortique en Doppler pulsé. Une ITV sous-aortique de qualité doit comporter une enveloppe correcte et un clic de fermeture aortique. Dans cet exemple, ITV sous-aortique = 17,6 et fréquence cardiaque à 85bpm.



Ainsi grâce à ses deux premières mesures on obtient le débit cardiaque qui correspond à la surface aortique multipliée par l'ITVao et la fréquence cardiaque :

Débit (ml/min) : $Q = S_{ao} \text{ (cm}^2\text{)} \times \text{ITV}_{ao} \text{ (cm)} \times \text{fréquence cardiaque (/min)}$.

- **Quantifier la réponse à une expansion volémique par mesures répétées de l'ITV sous-aortique** (accord fort).

L'optimisation précoce du débit cardiaque et de l'intensité de l'expansion volémique chez les patients en état de choc permet de réduire la mortalité. La mesure répétée de l'ITV sous-Ao est un indice dynamique et fiable dans l'évaluation d'une expansion volémique, que ce soit chez le patient ventilé ou en respiration spontanée, associée ou non à un test de lever de jambes passif.

On estime une réponse positive au remplissage dès lors que le débit cardiaque augmente de plus de 15%.

- **Capacité à exclure un épanchement péricardique et identifier les signes visuels d'une tamponnade** (accord fort).

La tamponnade est un événement aigu, en lien avec l'apparition d'un épanchement péricardique qui vient comprimer les cavités cardiaques. Visuellement à l'échocardiographie on

aperçoit un épanchement péricardique qui vient comprimer l'oreillette droite (OD) en premier puis de façon plus tardive le ventricule droit (VD), on parle d'encoche OD, d'encoche VD. Cela témoigne donc d'une élévation des pressions intra péricardiques (figure 13).

Figure 13 : ETT, incidence apicale 4 cavités. Compression de la paroi libre de l'OD (flèche).



OD : oreillette droite

Figure 14 : ETT, incidence parasternale gauche grand axe. Compression de la paroi infundibulaire du VD (flèche).



VD : ventricule droit

Les autres signes en faveur d'une tamponnade sont :

- Le mouvement paradoxal septum ventriculaire ;
- La veine cave inférieure est dilatée et moins COMPLIANTE.

La tamponnade nécessite un drainage péricardique en milieu chirurgical, hormis en cas d'intolérance hémodynamique où l'épanchement devra être ponctionné en urgence sous guidage échographique.

- **Réaliser une échographie pendant la réanimation cardiopulmonaire** (accord relatif).

RÉSUMÉ

Introduction : Auparavant réservée aux cardiologues, la pratique de l'échographie cardiaque s'est étendue à la réanimation et aux urgences. Son utilisation de plus en plus courante et son développement technologique ont permis le développement de l'échographie clinique au lit du patient. L'échocardiographie est devenue un examen incontournable de la médecine hospitalière impliquant une volonté des différentes spécialités de l'intégrer dans leur service et cursus de formation. C'est notamment le cas en médecine d'urgence qui a intégré l'échocardiographie dans son référentiel. La Société Française de Médecine d'Urgence (SFMU), a alors établi des recommandations de compétences en échocardiographie pour les médecins urgentistes. L'apprentissage de l'échographie cardiaque pour les DES de médecine d'urgence à l'académie de Poitiers est bien intégré dans la formation obligatoire du cursus. Cependant, l'impact de cette formation sur la capacité des étudiants à réaliser une échocardiographie n'a jamais été évalué. Nous avons cherché à apprécier l'impact de cette formation pratique à l'échocardiographie.

Matériel et méthode : Nous avons réalisé une étude prospective interventionnelle, monocentrique, non randomisée en milieu ouvert au service des urgences du CHU de Poitiers sur une formation à l'échocardiographie évaluée à l'aide de questionnaires et de tests pré et post formation. Les participants à cette étude étaient des étudiants de 3ème année du DES de médecine d'urgence. L'objectif principal était d'apprécier l'évolution des compétences des participants. Les objectifs secondaires étaient la satisfaction des participants, la mesure de l'impact du passage en stage de cardiologie au cours de leur cursus ainsi que leur sentiment d'efficacité personnelle.

Résultats : Nous avons relevé que les participants à la formation progressent de manière significative ($p = 0,002$). Ceux étant passés en stage de cardiologie ont des notes significativement supérieures (avant comme après formation, $p=0,01$). Les internes sont totalement satisfaits à 41%, en partie à 59%. Ils ont trouvé la formation totalement pertinente à 88%, en partie à 12%. Ils ont jugé la formation totalement impliquante à 59%, en partie à 41%. Enfin, 94% des étudiants se sentent au moins en partie voir totalement capable de pratiquer l'échocardiographie en condition réelle à l'issue de la formation.

Conclusion : Cette étude montre que l'apprentissage de la mesure de l'ITV sous aortique, des pressions de remplissage du VG et de la pression artérielle pulmonaire, dans le cadre d'une formation à l'échocardiographie à l'académie de Poitiers pour les internes en DES de médecine d'urgence, est efficace.

Mots clés : Médecine d'urgence ; Echocardiographie ; Formation ; ITV sous aortique ; pression de remplissage du VG ; pression artérielle pulmonaire.



UNIVERSITE DE POITIERS

Faculté de Médecine et de
Pharmacie



SERMENT D'HIPPOCRATE



En présence des Maîtres de cette école, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine. Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans 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 le crime. Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses !
Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque !

