

Université de Montréal

Le délirium postopératoire en chirurgie cardiaque chez l'adulte en lien avec la pulsatilité des
vélocités Doppler de la veine fémorale

Par

Ali Hammoud

Faculté de médecine

Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de maîtrise ès sciences
en sciences biomédicales, option médecine expérimentale

Aout 2023

© Ali Hammoud, 2023

Université de Montréal

Université de Montréal, Faculté de médecine

Ce mémoire intitulé

**Le délirium postopératoire en chirurgie cardiaque chez l'adulte en lien avec la pulsatilité des
vélocités Doppler de la veine fémorale**

Présenté par

Ali Hammoud

A été évalué par un jury composé des personnes suivantes

Catherine Duclos

Présidente-rapporteuse

André Denault

Directeur de recherche

Tanya Mailhot

Codirectrice

Dominique Lafrance

Membre du jury

Résumé

Les troubles cognitifs postopératoires sont fréquents après une chirurgie cardiaque, variant entre 26 % à 70 %. Bien que diverses hypothèses expliquent leur pathogenèse, la congestion veineuse représente une hypothèse prometteuse. Des études ont associé le délirium à des signes échographiques de congestion veineuse tels que la pulsatilité du Doppler de la veine porte et rénale. Détecter la congestion veineuse pourrait potentiellement prédire le trouble cognitif, facilitant ainsi sa gestion. Une technique prometteuse, mais peu explorée, est l'évaluation de la congestion veineuse par le Doppler de la veine fémorale.

Les objectifs de ce mémoire sont : (1) synthétiser les évidences sur la relation entre le Doppler de la veine fémorale et la congestion veineuse chez les adultes ; et (2) caractériser l'existence d'une association entre les troubles cognitifs et le Doppler pulsatile de la veine fémorale après une chirurgie cardiaque. Afin d'atteindre ces objectifs, nous avons effectué une revue rapide de littérature portant sur la corrélation entre le Doppler de la veine fémorale et la congestion veineuse. De plus, nous avons complété une étude (NCT05038267) dont l'objectif secondaire était de déterminer la corrélation entre un Doppler anormal de la veine fémorale et le délirium.

Les résultats ont montré une association entre la congestion veineuse et Doppler pulsatile de la veine fémorale, ainsi qu'entre les troubles cognitifs et le Doppler anormal de la veine fémorale. Toutefois, des études approfondies sont nécessaires.

En conclusion, un lien entre le Doppler de la veine fémorale, la congestion veineuse, et les troubles cognitifs après une chirurgie cardiaque a été démontré. Ces observations ouvrent la voie à des recherches approfondies sur ce lien et à de potentielles applications cliniques et thérapeutiques.

Mots clés : Délirium, troubles cognitifs, congestion veineuse, surcharge liquidienne, chirurgie cardiaque, échographie, Doppler veine fémorale, pulsatile, soins intensifs.

Abstract

Postoperative cognitive disorders are common after cardiac surgery, ranging from 26% to 70%. While various hypotheses explain their pathogenesis, venous congestion emerges as a promising hypothesis. Studies have linked delirium to ultrasound signs of venous congestion, such as pulsatility in the Doppler of the portal and renal veins. Detecting venous congestion could potentially predict cognitive disorders, thus facilitating their management. A promising yet underexplored technique is the assessment of venous congestion using the Doppler of the femoral vein.

The objectives of this thesis are: (1) to synthesize evidence on the relationship between FV Doppler characteristics and venous congestion in adults; and (2) to characterize the existence of an association between cognitive disorders and pulsatility in femoral vein Doppler after cardiac surgery. To achieve these objectives, we conducted a rapid literature review focusing on the correlation between femoral vein Doppler and venous congestion. Additionally, we completed a study (NCT05038267) with the secondary objective of determining the correlation between abnormal femoral vein Doppler and delirium.

The results showed an association between venous congestion and pulsatility in the FV Doppler, as well as between cognitive disorders and abnormal FV Doppler. However, in-depth studies are needed.

In conclusion a connection has been demonstrated between femoral vein Doppler, venous congestion, and cognitive disorders after cardiac surgery. These findings open the way for in-depth research on this link and potential clinical and therapeutic applications.

Keywords: *Delirium, cognitive impairment, Venous congestion, fluid overload, cardiac surgery, echography, femoral vein Doppler, pulsatility, intensive care unit.*

Table des matières

Résumé.....	3
Abstract.....	4
Table des matières.....	5
Liste des tableaux.....	8
Liste des sigles et abréviations	9
Remerciements.....	10
Introduction	11
1.1 <i>Mise en contexte</i>	13
1.2 <i>Objectifs de ce mémoire</i>	14
1.3 <i>Composition de ce mémoire</i>	14
Chapitre 1.....	15
2 Article 1 - Revue rapide sur la pulsatilité de la veine fémorale et la congestion veineuse chez les patients adultes	15
2.1 RÉSUMÉ.....	16
2.2 INTRODUCTION.....	18
2.3 OBJECTIFS DE LA SYNTHÈSE ET QUESTION DE RECHERCHE	21
2.4 MÉTHODOLOGIE	21
2.4.1 Concept.....	21
2.4.2 Stratégie de recherche.....	22
2.4.3 Critères d'Inclusion et d'exclusion	23
2.5 Processus de sélection	24

2.5.1	Extraction des données.....	25
2.6	ANALYSES	25
2.7	RÉSULTATS	28
2.7.1	Caractéristiques échographiques du Doppler de la VF étudiée	29
2.7.2	Réponses aux questions de l'objectif secondaire de la revue	31
2.8	DISCUSSION.....	42
2.8.1	Les études qui appuient l'hypothèse de l'association entre le Doppler pulsatile anormal et les pathologies cardiaques.....	42
2.8.2	Les études qui ne soutiennent pas l'hypothèse de l'association entre le Doppler pulsatile anormal et les pathologies cardiaques	44
2.8.3	La pulsatilité fémorale est-elle cardiaque ou non ?	45
2.8.4	Suggestions	48
2.8.5	Conclusion.....	48
2.9	DIVULGATIONS.....	49
Chapitre 2.....		52
3	Article 2 - Pulsatilité de la veine fémorale et trouble cognitif chez les patients en chirurgie cardiaque : analyse secondaire de cohortes rétrospective et prospective.....	52
3.1	ABRÉGÉ	53
3.2	CONTEXTE	55
3.3	MÉTHODOLOGIE	56
3.3.1	Participants	56
3.3.2	Évaluation du Doppler de la VF.....	57
3.3.3	Évaluation de la présence de complications cognitives	57
3.3.4	Autres données cliniques.....	58
3.4	ANALYSES STATISTIQUES	59

3.5	RÉSULTATS	59
3.6	DISCUSSION.....	66
	Cette étude présente un certain nombre de limitations.....	67
3.6.1	Conclusion.....	69
3.7	DIVULGATIONS.....	70
	Chapitre 3.....	72
4	Discussion.....	72
4.1.1	Conclusion.....	76
	Références bibliographiques	77
	ANNEXES	95
	Annexe 1	96
	Annexe 2	99
	Annexe 3	100
	Annexe 4	101
	Annexe 5	102
	Annexe 6	103
	Annexe 7	106
	Annexe 8	106
	Annexe 9	109
	Annexe 10	109
	Annexe 11	111
	Annexe 12	113

Liste des tableaux

Tableau 1 : Sommaire des études sur le Doppler veineux de la VF.....	38
Tableau 2 : Données sociodémographiques et caractéristiques cliniques préopératoires des patients en relation avec le Doppler de la VF pulsatile	62
Tableau 3 : Résultats échographiques du Doppler de la VF et les complications postopératoires	65
Tableau 4 : Répartition des patients selon les données échographiques (descriptive et proportion) et les troubles cognitifs	66
Tableau 5 : Modèle de régression logistique.....	66
Liste des figures	
Figure 1. – Représentation du Doppler de la veine VF et de la veine porte normale et pathologique	20
Figure 2. – Doppler de la veine fémorale en coupe transversale et longitudinale.	24
Figure 3. – Représentation de l’aspect de courbe d’un Doppler de la veine fémorale comparé à la courbe de la veine hépatique.....	24

Liste des sigles et abréviations

a :	pression veineuse centrale correspondant à la contraction auriculaire
AVC :	accident vasculaire cérébral
CEC :	circulation extracorporelle
D :	diastole
DcHb :	changement relatif de l'hémoglobine totale
DHHb :	changement relatif de la désoxyhémoglobine
DO ₂ Hb :	changement relatif de l'oxyhémoglobine
DSM-V :	<i>Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders</i>
DVD :	dysfonction ventriculaire droite
EuroScore II :	<i>European System for Cardiac Operative Risk Evaluation</i>
HHb :	désoxyhémoglobine
ICDSC :	<i>Intensive Care Delirium Score Checklist</i>
IMC :	indice de masse corporelle
IP :	index de pulsatilité
IQR :	<i>interquartile range</i> = écart interquartile
IRA :	insuffisance rénale aiguë
NIRS :	<i>near-infrared spectroscopy</i>
OR :	<i>Odds ratio</i> (ratio de cotes)
O ₂ Hb :	oxyhémoglobine
POD :	pression de l'oreillette droite
PVC :	pression veineuse centrale
RHS :	<i>Right Heart Score</i>
RT :	régurgitation tricuspide
S :	Systole
SI :	soins intensifs
SSD :	sous-syndrome du délirium
Tpod :	<i>time of persistent organ dysfunction</i>
v :	pression veineuse centrale auriculaire en fin de systole
VF :	veine fémorale
VFC :	veine fémorale commune

Remerciements

Tout d'abord, je souhaite exprimer ma profonde gratitude envers le Dr André Denault, mon mentor et directeur de recherche, dont l'orientation a été précieuse pour le développement de ma carrière en tant qu'infirmier chercheur. La réalisation de ce mémoire aurait été impossible sans sa vision globale du projet. Sa précision et ses normes exigeantes m'ont poussé à me perfectionner en tant que chercheur, une opportunité pour laquelle je suis profondément reconnaissant.

Ensuite, je tiens à adresser mes remerciements les plus chaleureux à Mme Tanya Mailhot, mentore et co-directrice de recherche, qui m'a accompagné tout au long de l'élaboration de ce travail. Ses remarques minutieuses sur les moindres détails m'ont permis de produire un travail de grande qualité.

Par la suite, j'aimerais exprimer ma reconnaissance envers un groupe de personnes dont l'aide et les conseils précieux ont été déterminants tout au long de mon parcours de maîtrise. Je tiens tout d'abord à remercier chaleureusement Mme Monique Clar, bibliothécaire médicale à l'Université de Montréal, pour son accompagnement dans l'élaboration et l'achèvement de la revue rapide. Mes remerciements vont également au Dr Karel Huard, mon collègue chercheur à l'Institut de Cardiologie de Montréal, pour son assistance dans la révision de la revue. Je tiens à reconnaître l'aide précieuse de M. Denis Babin, assistant de recherche à l'Université de Montréal, qui m'a aidé à me familiariser sur tous les aspects techniques. Enfin, je souhaite exprimer ma reconnaissance envers l'équipe soignante composée d'infirmiers et infirmières et de médecins de l'unité de soins intensifs (SI) à l'institut de cardiologie de Montréal, pour leur encouragement et leur soutien d'une grande valeur.

À la fin, je n'oublie pas de rendre hommage à ma famille et à mes enfants, qui m'ont soutenu inconditionnellement durant cette période exigeante. Je conclus ainsi cette étape académique de mon parcours avec une profonde gratitude, prêt à décoller la prochaine phase de ma carrière d'infirmier, poussé par la volonté d'inspirer les autres en tant qu'infirmier chercheur, de la même façon que le Dr Denault l'a fait pour moi.

Introduction

Le délirium postopératoire de chirurgie cardiaque est une complication fréquente. C'est un trouble cognitif caractérisé par une atteinte aiguë de l'attention et de la conscience¹. En chirurgie cardiaque, son incidence varie selon la littérature entre 26 % et 70 %, en fonction de la méthodologie utilisée.²⁻⁴

Le délirium peut se manifester par des symptômes cognitifs, non cognitifs ou psychomoteurs. Les signes cognitifs et non cognitifs impliquent des troubles de l'attention et de la vigilance, hallucination, désorientation, confusion, trouble de la mémoire et de la parole, trouble de la perception, fluctuation du cycle veille-sommeil et du cycle activité-repos, etc. Les troubles psychomoteurs peuvent se présenter sous forme d'hyperactivité, d'hypoactivité ou les deux (mixte).⁵ Les troubles cognitifs, en postchirurgie cardiaque, compliquent le rétablissement et augmentent la durée d'hospitalisation et le risque de mortalité.⁵⁻⁷ Le délirium a également été fortement associé à un déclin continu de la fonction physique, entraînant une perte d'une activité de la vie quotidienne pendant la période de délirium.⁸

Il existe également une autre forme de trouble cognitif moins sévère nommé sous-syndrome du délirium (SSD), qui est utilisé pour décrire certains, mais pas tous, les critères du délirium.^{9,10} Dans le « *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 5th Edition (DSM-V), Neurocognitive Disorders*, le terme de délirium atténué est utilisé plutôt que le sous-syndrome délirium pour décrire ce groupe de patient.

Pour détecter le délirium, plusieurs outils sont utilisés. Parmi ces outils, on cite l'*Intensive Care Delirium Screening Checklist (ICDSC)* et le *Confusion Assessment Method for the Intensive Care Unit (CAM-ICU)* qui sont utilisés dans les unités de soins pour dépister et surveiller le délirium sur une journée. Les données disponibles suggèrent que l'un ou l'autre de ces outils peuvent être utilisés avec un taux d'accord élevé, tant pour le dépistage que pour le diagnostic du délirium chez les patients en état critique.^{11,12} Nous avons choisi l'outil ICDSC qui est utilisé dans les unités des soins dans notre institution.

La physiopathologie du délirium et des troubles cognitifs résulte d'une interaction entre de multiples facteurs précipitants, prédisposants et protecteurs qui augmentent le risque au délirium.¹³ En chirurgie cardiaque, parmi les facteurs prédisposants, on note l'âge avancé et la chirurgie urgente. D'autre part, on mentionne parmi les facteurs précipitants une chirurgie prolongée, une circulation extracorporelle (CEC) prolongée, un faible débit cardiaque et un bilan liquidien excessif.¹⁴

Les hypothèses qui expliquent la pathogenèse du délirium et des troubles cognitifs sont multiples (annexe 1). Les troubles cognitifs et le délirium postopératoire sont souvent attribués à une augmentation de l'inflammation et de la réponse immunohormonale en réaction au stress chirurgical. Cette réaction perturbe le fonctionnement des neurones. En chirurgie cardiaque impliquant une CEC, l'activation de la réaction inflammatoire génère des neurotoxines. Ces neurotoxines entraînent des perturbations neuronales, se manifestant sous la forme de délirium (annexe 2).^{15,16}

Cependant, malgré ces hypothèses, notre compréhension actuelle des mécanismes qui sous-tendent le délirium reste limitée. Une hypothèse probable, bien que peu explorée, est la congestion veineuse comme un facteur prédisposant au délirium. La défaillance ventriculaire droite (DVD) et la surcharge liquidienne peuvent entraîner de la congestion veineuse.^{17,18} La congestion veineuse peut entraver la microcirculation cérébrale, entraîner un œdème cérébral et provoquer des troubles cognitifs, notamment en post chirurgie cardiaque.¹⁹⁻²⁵(annexe 2)

S'il était confirmé que la congestion veineuse est associée à des troubles cognitifs, il deviendrait alors essentiel de la détecter afin de mieux prédire l'apparition de tels troubles, tels que le délirium ou le SSD d'origine congestif. Or l'utilisation de l'échographie permet de quantifier la gravité de la congestion veineuse. Cet outil pourrait donc aider à prédire la congestion veineuse et ainsi faciliter la prise en charge rapide du délirium d'origine congestif.^{23,26-28}

Une association entre le délirium et la congestion veineuse détectée par la présence d'une mesure Doppler anormale au niveau de la veine porte a été rapportée.²⁹ Cette mesure anormale consiste en une pulsatilité veineuse pathologique. Plus récemment, les données de la littérature supportent ce type d'association avec une mesure échographique obtenue à un site alternatif a

la veine porte qui est la veine fémorale (VF).³⁰⁻³³ Le Doppler de la VF est normalement non pulsatile et fluctue avec la respiration. En présence de pulsatilités, l'onde Doppler de la VF adopte une configuration similaire à celle des veines hépatiques avec des ondes S (systole) et D (diastole), ainsi qu'une onde a et une onde v. (Figures 1 et 3). Cette pulsatilité de la veine fémorale est pathologique, car normalement le signal est non-pulsatile.

Plusieurs auteurs ont signalé une association entre des signes de dysfonction ventriculaire droite et un Doppler pulsatile ou à modulation cardiaque de la VF.³⁴⁻³⁶ Ce lien a également été observé entre le Doppler fémoral et d'autres signaux Doppler, tels que celui de la veine porte.³⁴⁻³⁷ (annexe 3) Ces observations de la pulsatilité de la VF, de sa signification et de ses associations nous ont déjà été rapportées dans trois manuscrits publiés antérieurement.^{33,38,39}

En résumé, la compréhension actuelle des mécanismes sous-jacents demeure limitée. Il nous semble nécessaire d'approfondir les investigations pour établir des liens conclusifs entre la congestion veineuse et le Doppler pulsatile de la VF et de guider une détection précoce potentielle via l'échographie.

1.1 Mise en contexte

On vise dans ce mémoire à mieux caractériser la présence d'une association entre le Doppler anormal de la VF et le risque de délirium et SSD après la chirurgie cardiaque en se basant sur les résultats des deux études rétrospective et prospective : Projet Paceport (NCT04092855) et Projet Femous (NCT05038267).

En nous appuyant sur des études antérieures qui ont suggéré une corrélation entre le Doppler pulsatile de la veine porte, la congestion veineuse et le délirium, ainsi qu'en prenant en compte nos observations préliminaires (données provenant de l'étude Paceport (NCT04092855) et d'un rapport de cas), ce mémoire se propose de décrire l'existence d'une association entre le Doppler anormal de la VF, la congestion veineuse et les troubles cognitifs après une chirurgie cardiaque. Les risques de troubles cognitifs rétrospectivement dans la cohorte Paceport (NCT04092855) et prospectivement dans la cohorte Femous (NCT05038267). À notre connaissance, aucune étude antérieure n'avait pas mis en évidence cette association.

L'importance de notre étude réside dans le fait que le délirium lié à la congestion veineuse pourrait être traité en adressant la cause sous-jacente. Ainsi, un meilleur contrôle de la congestion veineuse pourrait résoudre le délirium postopératoire.

1.2 Objectifs de ce mémoire

Les objectifs primaires de ce mémoire sont :

1. Faire la synthèse des connaissances sur les évidences disponibles de la relation entre les caractéristiques échographiques de la VF mesurées par Doppler et la congestion veineuse. (Chapitre 1, revue rapide de la littérature).
2. Évaluer la présence d'une association entre les troubles cognitifs postopératoires de chirurgie cardiaque et le résultat échographique anormal du Doppler de la VF. Ainsi, de décrire, en tant qu'objectif secondaire, l'association entre les complications postopératoires et la pulsatilité de la VF. (Chapitre 2, article d'analyse secondaire)

1.3 Composition de ce mémoire

Afin de tester la validité de notre hypothèse, nous avons procédé en deux étapes. Tout d'abord, nous avons réalisé une revue rapide de la littérature afin d'explorer la corrélation entre la congestion veineuse et le Doppler anormal de la VF.

Ensuite, nous avons mené une étude de recherche rétrospective et prospective sous forme d'une analyse secondaire dans le but de vérifier s'il existe une corrélation entre les troubles cognitifs et le Doppler pulsatile de la VF.

Il convient de noter que dans ce mémoire, les expressions « pression veineuse centrale » (PVC) et « pression de l'oreillette droite » (POD) sont employées de manière interchangeable pour décrire la même notion. De même, les expressions « veine fémorale » (VF) et « veine fémorale commune » (VFC) sont utilisées de façon équivalente pour se référer à la même notion.

Chapitre 1

2 Article 1 - Revue rapide sur la pulsatilité de la veine fémorale et la congestion veineuse chez les patients adultes

Ali Hammoud, infirmier clinicien, Tanya Maillot, inf. PhD, Karel Huard, MD, Stéphanie Jarry, inf. MS, William Beaubien-Souligny, MD, PhD, Etienne Couture, MD, André Y. Denault, MD, PhD

La congestion veineuse est caractérisée par une augmentation de la pression dans le réseau veineux et une diminution de sa compliance. Dans les conditions normales, les veines périphériques telles que la VF, la veine porte et les veines rénales ne manifestent pas de pulsatilité en raison de leurs distances éloignées par rapport au cœur.^{30,31} Lorsque ces veines deviennent congestionnées, elles transmettent facilement les battements et deviennent pulsatiles. Généralement, l'évaluation de la congestion veineuse et la détection de ces pulsatilités s'effectuent avec l'examen Doppler de la veine porte, de la veine hépatique et de la veine rénale. Plusieurs études précédentes ont signalé que la VF présente des corrélations avec des signes de congestion veineuse.^{33,40,41} Malgré ces études, les conclusions de la plupart d'entre elles demeurent légèrement ambiguës et présentent des lacunes concernant les méthodes utilisées et ainsi que la définition des caractéristiques du Doppler de la VF et sa corrélation avec la congestion veineuse. À la lumière de ces données incomplètes, nos connaissances à ce sujet restent imparfaites. De plus, aucune synthèse des connaissances sur la relation entre la pulsatilité de l'échographie Doppler de la VF et la congestion veineuse n'a été repérée. C'est dans ce contexte que nous avons réalisé une revue rapide visant à synthétiser les évidences disponibles de la relation entre les caractéristiques échographiques de la VF mesurées par Doppler et la congestion veineuse. Les résultats obtenus de cette synthèse sont présentés dans l'article ci-dessous, préparé en vue de sa publication dans le journal « *American Journal of Critical Care* ».

2.1 RÉSUMÉ

Objectif : Faire la synthèse des connaissances sur les caractéristiques échographiques du Doppler de la VF qui sont associées à la congestion veineuse chez les patients adultes hospitalisés ou en cliniques.

Méthode : Les étapes d'une revue rapide suggérées par Dobbins⁴² ont été suivies. Chaque étape de la recherche a été effectuée par l'auteur (AH), et la stratégie de recherche a été élaborée en collaboration avec une bibliothécaire biomédicale de l'Université de Montréal. Les mots clés suivants : échographie, Doppler, pulsatile, vélocité du Flux veineux, veine fémorale, insuffisance cardiaque droite, pression veineuse et congestion veineuse, ont été cherchés dans les bases de données *Medline* et *Embase*, *Google Scholar* et *Web of Science*. Les critères d'inclusion des articles étaient : études cliniques, publication en français ou en anglais, populations adultes, se concentrant sur les caractéristiques du Doppler de la VF et sa corrélation avec des situations cliniques telles que la congestion veineuse, la pression veineuse centrale élevée (PVC) et l'insuffisance cardiaque droite. Les études effectuées sur des animaux ont été exclues.

Résultats : Parmi les 607 articles récupérés en texte intégral, 11 ont été retenus pour l'analyse finale. Les 11 études retenues sont monocentriques, 7 prospectives et 4 rétrospectives, comprenant un total de 1381 sujets, principalement adultes. Les échantillons variaient de petit (12) à un grand (331) échantillon. Des paramètres du Doppler tels que la pulsatilité, la forme d'onde et la vélocité et des signes de congestion veineuse comme les signes radiologiques pulmonaires ou cliniques tels que la turgescence jugulaire ont été étudiés. Les études ont indiqué une corrélation entre la pulsatilité du Doppler de la VF, la pression veineuse centrale élevée (4 études) et la dysfonction cardiaque droite (3 études). Deux études avaient attribué la pulsatilité du Doppler fémorale à l'hémodynamie du système veineux et à des variations respiratoires normales. Une seule étude a attribué la forme d'onde du Doppler à une obstruction veineuse proximale.

Conclusion : Cette revue rapide a mis en évidence un lien potentiel entre les caractéristiques de l'échographie Doppler de la VF (telles que la pulsatilité, les variations respiratoires et cardiaques et la forme d'onde) et la congestion veineuse. Cependant, quelques études avaient mis en

question cette corrélation. Afin de décortiquer les divers aspects cliniques, des études plus approfondies sont nécessaires pour clarifier la relation entre les caractéristiques du Doppler de la VF et la congestion veineuse.

2.2 INTRODUCTION

La réanimation liquidienne chez les patients en état critique aux soins intensifs (SI) et pendant la période peropératoire et péri-opératoire d'une chirurgie cardiaque est une pratique courante.^{43,44} Elle vise à maintenir un bon débit cardiaque, à assurer une perfusion des organes pendant un état de choc pour maintenir la stabilité hémodynamique.^{45,46} Dans certaine situation comme dans un état de choc ou après une chirurgie cardiaque, les patients reçoivent une importante quantité de liquide sur une courte période afin de rétablir une hypovolémie ou en réponse à une vasodilatation pathologique ou bien, pour maintenir une stabilité hémodynamique.^{45,47,48} Cependant, une réanimation liquidienne inadéquate ou inappropriée peut entraîner des complications graves, en particulier chez les patients en état critique, dû à la surcharge liquidienne qui y est associée. La surcharge liquidienne est une complication fréquente en chirurgie cardiaque et chez les patients en état critique et est associée à une augmentation de la mortalité ainsi qu'à plusieurs complications, telles que l'œdème pulmonaire, la défaillance cardiaque, un besoin augmenté de support vasoactif, un ralentissement de la cicatrisation des plaies, une destruction des tissus et une altération de la fonction intestinale.⁴⁹⁻⁵¹ (annexe 4) Cette surcharge liquidienne entraine également une congestion veineuse pouvant altérer la perfusion tissulaire.⁵² En effet, la surcharge liquidienne augmente les pressions de remplissage ce qui entraine un ralentissement de la circulation dans les vaisseaux, soit de la congestion veineuse qui se manifeste par des signes et symptômes tels que la turgescence jugulaire, l'œdème périphérique et les râles bronchiques⁵³. En plus de la surcharge liquidienne, d'autres facteurs, dont la dysfonction ventriculaire droite (DVD) peut contribuer à la congestion veineuse.⁵⁴ La DVD résulte d'une diminution de la contractilité ou d'une augmentation de la postcharge.⁵⁵ Elle est caractérisée par l'incapacité du ventricule droit à éjecter le sang désoxygéné vers les poumons ce qui entraine une augmentation de la pression des cavités cardiaques droites et la régurgitation du sang en aval provoquant de la congestion veineuse systémique.⁵⁶⁻⁵⁸ Une DVD peut également être observé après une surcharge liquidienne excessive chez les patients en état critique.¹⁸ Cette complication survient chez 0,1% à 14% des patients après une cardiectomie, 2 à 3 % des patients après une transplantation cardiaque et chez 20 à 30 % des patients après une implantation d'une

assistance ventriculaire gauche.⁵⁹⁻⁶³ La mortalité intra-hospitalière associée à cette dysfonction est estimée entre 22 à 75 %.^{64,65}

La surveillance et le diagnostic précoces de la DVD et de ses conséquences en termes de congestion veineuse chez les patients en état critique représentent un défi pour les cliniciens en soins intensifs.⁶⁶ Les outils de référence actuellement disponibles sont notamment les cathéters de l'artère pulmonaire (*Swan Ganz*) et l'échocardiographie bidimensionnelle.^{67,68} Le cathéter de *Swan-Ganz* peut entraîner des problèmes potentiels liés notamment à une mauvaise position du cathéter, des risques d'arythmies cardiaques graves, de lésions vasculaires et d'infections.⁶⁹ De plus, son installation et son utilisation nécessitent des professionnels expérimentés, et l'interprétation des courbes obtenues exige une expertise spécifique.⁷⁰ D'autre part, l'échographie cardiaque exige une formation et une expertise spécifique pour poser un diagnostic précis. Cependant, dans les dernières décennies, le Doppler veineux de surface commence à montrer un potentiel prometteur pour l'évaluation de la congestion veineuse surtout lorsqu'il est combiné à un examen physique complet.^{30,71}

Le Doppler au niveau de la veine VF a également été rapporté dans la littérature comme un site potentiel pour détecter la congestion veineuse chez la clientèle de soins critiques. C'est une technique non invasive et prometteuse, car elle est simple et facile à pratiquer. Elle permet d'évaluer la congestion veineuse de manière plus intéressante dans le milieu clinique. Normalement, le Doppler de la veine fémorale VF est continu et non pulsatile. Il présente une modulation respiratoire normale. La présence d'une forme d'onde pulsatile dans la VF est anormale en raison de leur distance par rapport au cœur et aussi de la compliance élevée du système veineux.^{72,73} (Figure 1) En effet, plusieurs études ont observé une association entre la pulsatilité veineuse fémorale et diverses pathologies cardiaques qui sont souvent associées à la surcharge liquidienne ou à une congestion veineuse, notamment l'insuffisance cardiaque droite⁷⁴⁻⁷⁶, une pression auriculaire élevée,⁷⁷⁻⁸⁰ une insuffisance tricuspидienne,^{74,75} ou d'autres pathologies cardiaques congestives.⁸¹⁻⁸³

En conséquence, l'évaluation de la congestion veineuse par l'échographie Doppler de la VF représente potentiellement une méthode simple et pratique pour détecter la congestion

veineuse causée par une surcharge liquidienne ou une DVD. De plus, on observe une augmentation de son utilisation tant dans les milieux cliniques que dans les contextes de recherche. Cependant, malgré cette croissance, la relation entre les caractéristiques échographiques de la VF mesurées par Doppler et la congestion veineuse demeure ambiguë. À la lumière de ces données, il devient nécessaire de rassembler les preuves sur le sujet afin de développer une base de connaissances actualisées, capable d'éclairer les futures études et la pratique clinique.

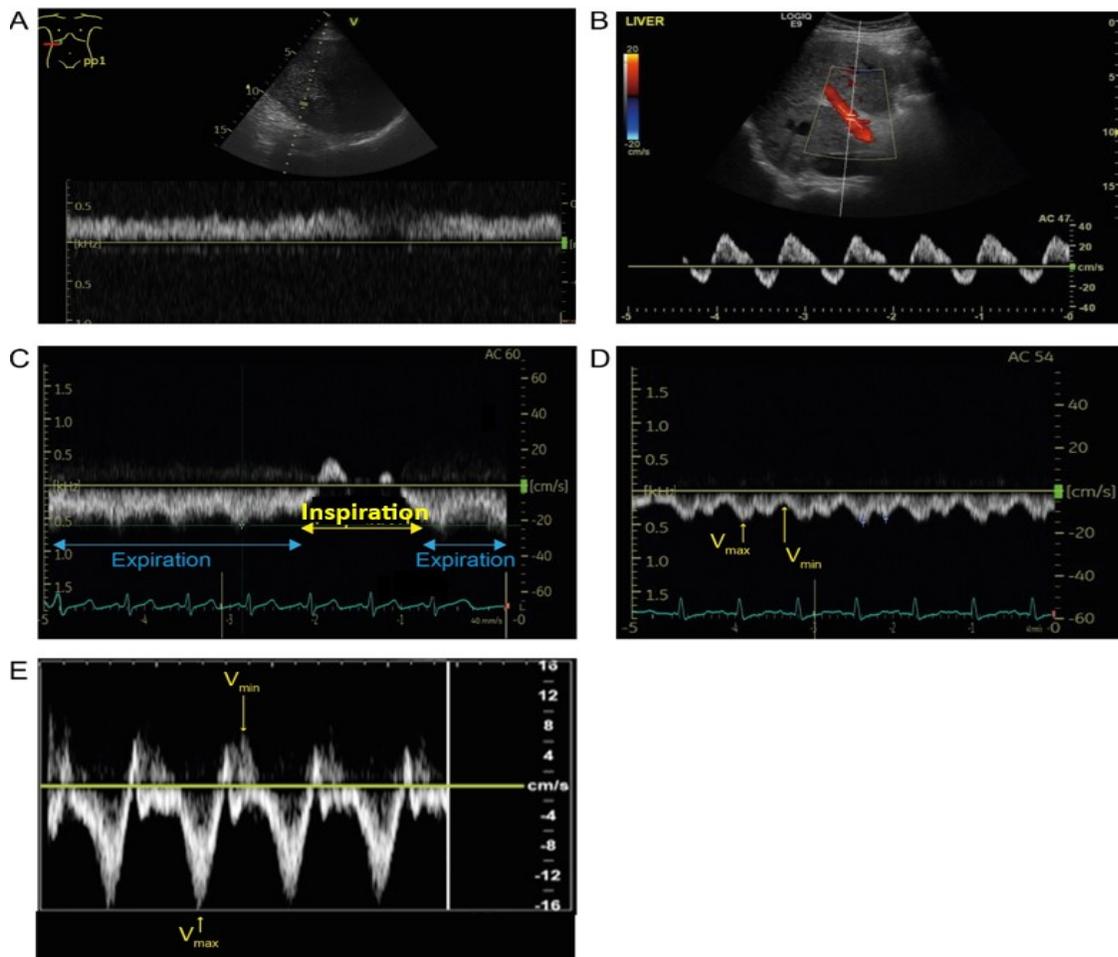


Figure 1. – Représentation du Doppler de la veine VF et de la veine porte normale et pathologique

(A) Veine porte monophasique non pulsatile ; (B) Veine Porte Pulsatile et biphasique ; (C) VF, disparition du signal Doppler à la respiration (phasicité respiratoire) ; (D) VF, signal Doppler pulsatile alterné avec les battements cardiaques (modulation cardiaque) ; (E) VF, Signale du Doppler inversé (rétrograde) compatible avec un flux opposé au sens normal du flux veineux.
 VF : veine fémorale ; V max : vélocité maximale et minimale ; V min : vélocité minimale

2.3 OBJECTIFS DE LA SYNTHÈSE ET QUESTION DE RECHERCHE

L'objectif de cette synthèse des connaissances est de décrire les évidences disponibles de la relation entre les caractéristiques échographiques de la VF mesurées par Doppler et la congestion veineuse.

La question de recherche est : Quelles sont les caractéristiques échographiques du Doppler de la VF qui sont associées à la congestion veineuse chez les patients adultes hospitalisés par rapport aux patients sans congestion veineuse ?

Les objectifs secondaires de cette revue rapide sont les suivants :

1. Décrire les caractéristiques méthodologiques des études sur l'échographie Doppler de la VF dans un contexte de congestion veineuse, notamment en identifiant les types d'études et les tailles d'échantillon.
2. Décrire les critères utilisés par les auteurs pour diagnostiquer la congestion veineuse chez les patients adultes hospitalisés.
3. Décrire les méthodes utilisées dans les études pour effectuer les mesures échographiques de la VF.

2.4 MÉTHODOLOGIE

2.4.1 Concept

Les étapes d'une revue rapide proposées par Dobbins,⁴² ont été utilisées pour réaliser cette synthèse des connaissances. Ces étapes comprennent la formulation de la question de recherche, la recherche préliminaire d'une façon individuelle et en collaboration avec une bibliothécaire de l'Université de Montréal, la sélection des études pertinentes et des données probantes, l'extraction des données, la synthèse des résultats, leur interprétation, et enfin la rédaction du rapport final. Chacune de ces étapes sera détaillée dans les sections suivantes.

Toutes les étapes du processus ont été effectuées par un auteur (AH), avec la collaboration d'un deuxième et d'un troisième auteur (TM ou AD) en cas de questionnement.

2.4.2 Stratégie de recherche

Une stratégie de recherche a été élaborée en collaboration avec une bibliothécaire de l'Université de Montréal spécialisé dans les sciences biomédicales. Nous avons procédé à l'identification des documents en effectuant des recherches dans deux bases de données bibliographiques avec leurs annexes indexées, à savoir : *EMBASE (Ovid)*, *MEDLINE ALL (Ovid)*, *MESH* et *Emtree*.

Notre stratégie de recherche est divisée en trois phases :

- 1- D'abord nous avons assuré l'identification des mots clés initiaux qui étaient utilisés dans de bases de données (*PubMed* et *Embase*). Ensuite, nous avons effectué une analyse des mots présents dans le titre, le résumé et les termes de l'index utilisés pour décrire les articles pertinents.
- 2- Nous avons effectué des recherches spécifiques propres à chaque base de données spécifiée dans notre protocole *Medline* et *Embase*.
- 3- Nous avons examiné dans *Google Scholar* et *le Web of science* la liste de référence de toutes les études déjà récupérées dans le but de sélectionner ce qui était pertinent pour notre recherche.

Les termes recherchés dans *Medline* et *EMBASE* (avec leurs index *MeSH* et *EMTREE*) sont disponibles dans l'annexe (annexe 5). Les principaux termes recherchés sont : Ultrasonographie, Doppler, VF, pulsatilité, surcharge liquidienne.

Nous avons retenu uniquement les études primaires, cliniques que ce soient des études rétrospectives, prospectives, des essais contrôlés, observationnelles ou autres. Aucune restriction n'a été appliquée quant à la date de publication, au lieu de publication ou à la taille de la population étudiée. En raison des ressources disponibles, seules les études rédigées en français ou en anglais ont été prises en compte. Cependant, une liste des articles exclus uniquement en raison de la langue lors de l'évaluation complète des textes a été établie.

2.4.3 Critères d'Inclusion et d'exclusion

Les critères d'inclusions ont été défini selon la méthode du PCC, Population, Concept, Contexte recommandé par Dobbins.⁴²

En termes de **population**, les études réalisées auprès d'une clientèle adulte de soins hospitaliers aigus ou critiques ou encore on contexte de clinique externe étaient considérées.

En ce qui concerne le **contexte**, les études traitant de la congestion veineuse ou la surcharge liquidienne étaient considérées. Nous avons retenu des études avec différents outils et méthodes pour diagnostiquer la congestion veineuse. Dès qu'un article nommait un diagnostic de congestion veineuse, celui-ci était considéré dans la synthèse. Dans notre revue, nous avons tenu en compte tout ce qui était établi à chaque époque pour évaluer la congestion veineuse. Traditionnellement, l'évaluation de la congestion veineuse pouvait être réalisée indirectement en examinant cliniquement la turgescence jugulaire, les signes d'œdème hépatique et des membres inférieurs.⁸⁴ Une évaluation directe peut également être réalisée en mesurant par échographie le cœur droit, la veine cave inférieure ou les signes de congestion des veines abdominales.⁸⁵

Le **concept** concerne la mesure échographique de la VF par Doppler. Dans cette revue rapide, nous avons examiné les résultats d'échographie Doppler de la VF tels qu'ils sont rapportés dans les articles retenus. En pratique, l'échographie de la VF peut être réalisée par Doppler dans son court axe (vue transversale) ou dans son long axe (vue longitudinale), en utilisant une sonde linéaire à haute fréquence. En court axe, l'image est facile à acquérir et permet une évaluation qualitative rapide de la forme de l'onde produite (figure 2). La vue en long axe a l'avantage de permettre une quantification fiable des vitesses du flux veineux observé, en corrigeant l'angle du curseur à moins de 60° afin d'être dans le même axe que le vaisseau (au-delà de 60°, la vitesse diminue de 50 %). Le Doppler de la VF est normalement non pulsatile et fluctue avec la respiration. Lorsqu'elle est pulsatile, l'onde Doppler de la VF adopte une configuration similaire à celle des veines hépatiques (figure 3 B), avec des ondes **S** (systole) et **D** (diastole), ainsi qu'une onde « **a** » et une onde « **v** » (figure 3 A). Les termes « antérograde » et « rétrograde » sont utilisés pour décrire la direction d'une onde, selon qu'elle est dans le sens ou en opposition avec

le flux sanguin. Les ondes **S** et **D** sont antérogrades, l'onde « **a** » peut-être rétrograde et l'onde « **v** » peut être soit neutre, soit antérograde, soit rétrograde. Certaines études indiquent la présence d'une potentielle relation entre cette pulsatilité de la VF et les signes de la congestion veineuse.^{35,73,74,77,86-88}

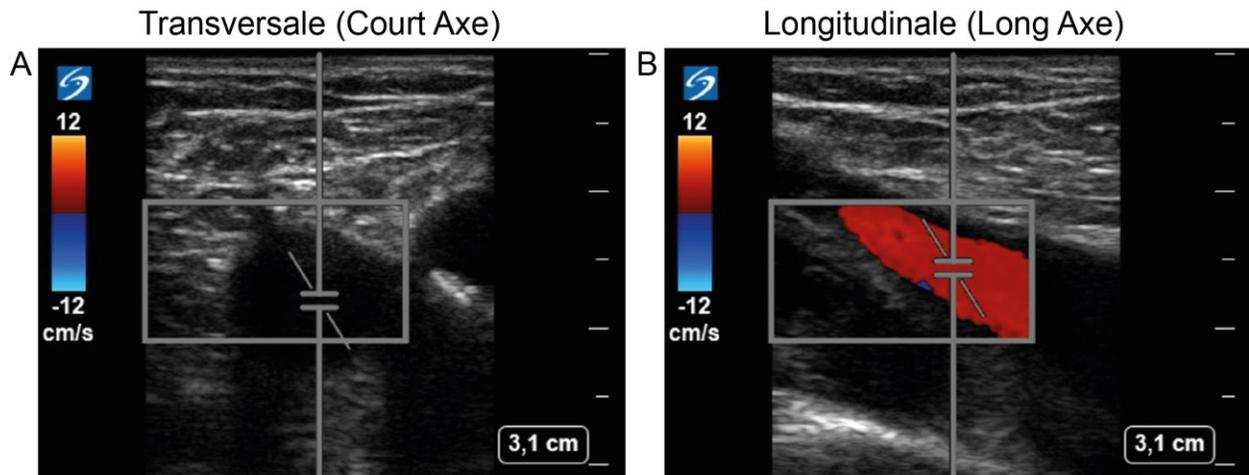


Figure 2. – Doppler de la veine fémorale en coupe transversale et longitudinale.

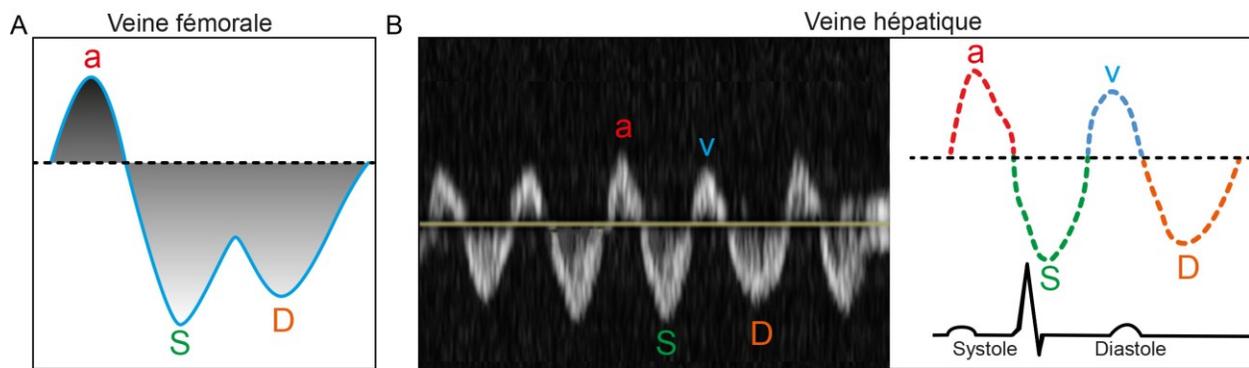


Figure 3. – Représentation de l'aspect de courbe d'un Doppler de la veine fémorale comparé à la courbe de la veine hépatique.

a : pression veineuse centrale correspondant à la contraction ; **S** : vélocité systolique ; **D** : vélocité diastolique ; **v** : pression veineuse centrale auriculaire en fin de systole.

2.5 Processus de sélection

Les manuscrits récupérés ont été importés dans *EndNote 20 (Clarivate)*. Les doublons ont été éliminés grâce à une fonction automatique disponible dans ce logiciel et par une inspection

manuelle des dossiers. Ensuite, tous les dossiers ont été exportés vers la plateforme en ligne Covidence (*Veritas eHealth Innovation Ltd*, Australie). Les doublons restants ont été automatiquement supprimés par cette plateforme à l'aide d'une fonction intégrée et manuellement par les évaluateurs. Chaque dossier a été évalué en fonction de son titre et de son résumé par AH ainsi que des critères d'éligibilité. En cas de questionnement concernant l'inclusion d'un dossier, AH a consulté TM et AD. Le texte intégral des dossiers restants a ensuite été importé dans cette plateforme. L'éligibilité des dossiers a été ensuite basée sur leur texte intégral en utilisant le même processus de sélection.

2.5.1 Extraction des données

Nous avons extrait des données qui comprenaient des informations spécifiques sur l'échographie Doppler des veines des membres inférieures telles que l'appareil utilisé, la technique utilisée, les paramètres d'échographie évalués tels que la vitesse et l'unité de mesure, les détails concernant les ondes et l'aspect du Doppler, les formules de calculs des index de pulsatilité, etc. De plus, nous avons extrait des informations de la population sur laquelle la recherche a été effectuée, l'objectif de cette étude, la question initiale de recherche, le contexte, les résultats rapportés, la conception, les méthodes statistiques, la conclusion, la qualité des preuves rapportées et les limites.

2.6 ANALYSES

L'analyse des données collectées dans ces études a été présentée telle qu'elle est rapportée dans les articles. Les données statistiques suivantes ont été rapportées :

1 -Statistiques descriptives : les variables catégorielles ont été exprimées en fréquences et pourcentages dans les études de Cozcolluela et al.,³⁵ Abu-Yousef et al. 1996,⁷³ Kakish et al.,⁷⁴ Taute et al.,⁷⁶ Krahenbuhl et al.,⁷⁷ McClure et al.,⁸⁸ Abu-Yousef et al. 1997,⁸⁹ Lin et al.⁹⁰ et Schroedter et al. 2011 ;⁹¹ tandis que les variables continues ont été résumées par des médianes et quartiles ou des moyennes avec écart-type dans les études de Cozcolluela et al.,³⁵ Alimoglu et al.,⁸⁷ McClure et al.,⁸⁸ et Lin et al.⁹⁰

2- Tests d'hypothèses : les tests d'hypothèse ont été utilisés pour comparer la corrélation entre les variables des différents groupes dans chaque étude en utilisant le test t de student dans les études d'Alimoglu et al.⁸⁷ et Schroedter et al. 2011.⁹¹

3 -Mesures des corrélations : les coefficients de corrélation ont été calculés dans les études de Cozcolluela et al.,³⁵ Alimoglu et al.⁸⁷ et McClure et al.⁸⁸

4- Test non paramétrique : des tests non paramétriques tels que le test de Mann Whitney dans l'étude de McClure et al.⁸⁸ et le test de Wilcoxon dans l'étude de Schroedter et al. 2011.⁹¹

5 -La courbe ROC (Receiver Operating Characteristic) : a été utilisé pour valider la performance dans les études de Cozcolluela et al.,³⁵ et Taute et al.⁷⁶

6 -Des tests de spécificité et de sensibilité ont été également validés pour chacune de ses études.

Un tableau résumant ces analyses se trouve dans l'annexe (annexe 6).

Tous les articles retenus sont des études primaires monocentrique, comprenant sept études prospectives (64 %) et quatre études rétrospectives (36 %). Les populations étudiées sont constituées d'adultes âgés de 18 ans et plus (à l'exception de l'étude d'Alimoglu et al.,⁸⁷ et Kakish et al.,⁷⁴ où l'on a inclus quelques patients âgés de moins de 18 ans). Ces études ont inclus également des hommes et des femmes avec des pourcentages différents dans chaque étude. Toutes les études retenues de cette revue étaient constituées de patients atteints de pathologies cardiaques ou veineuses des membres inférieurs, à l'exception des études d'Abu-Yousef et al. 1997,⁸⁹ et Schroedter et al. 2014.⁹² qui étaient constituées des volontaires sains.

Les critères d'inclusion et d'exclusion des sujets ont été établis pour chaque étude en fonction de leurs objectifs spécifiques. Certaines études ont appliqué des restrictions d'âge comme dans l'étude de Lin et al. ;⁹⁰ tandis que d'autres n'ont pas eu de limites (toutes les autres études).

Parmi les analyses cliniques étudiées, cette revue mentionne l'examen clinique et paraclinique des sujets des études retenues qui englobait des mesures telles que la PVC mesurée soit au moyen d'un cathéter veineux central, soit à l'aide d'un cathéter de l'artère pulmonaire, l'étude des signes de congestion veineuse qui ont été étudiés cliniquement (turgescence jugulaire,

œdème périphérique, etc.) ou à partir de données radiologiques pulmonaires et de mesures de la PVC, et le diagnostic de la défaillance cardiaque droite qui a été détectée par examen échographique cardiaque ou la radiographie pulmonaire.

Les objectifs variaient d'une étude à l'autre et comprenaient notamment :

- la détermination de la relation entre le flux veineux périphérique pulsatile et la DVD (étude de Krahenbuhl et al.⁷⁷)
- l'évaluation de la fréquence et de la signification des formes d'ondes Doppler pulsatiles dans les veines des membres inférieurs (étude de Kakish et al.⁷⁴),
- la détermination si le flux pulsatile dans les membres inférieurs, observés sur les formes d'ondes Doppler veineux, est corrélé avec une pression accrue dans l'oreillette droite (étude d'Abu-Yousef et al. 1996⁷³),
- la détermination de l'origine et la nature de la phasicité du flux Doppler veineux normal dans les membres inférieurs, ainsi que d'évaluer les variations normales et respiratoires (étude d'Abu-Yousef et al. 1997⁸⁹),
- la détection des anomalies cardiaques droites avec le Doppler des veines des membres inférieurs et ainsi la quantification du degré de la régurgitation tricuspидienne par l'analyse de la forme d'onde du Doppler de la VF (étude de McClure et al. 2000⁸⁸),
- la détermination de la nature du flux dans la VF droite et de corrélérer la vitesse du flux veineux avec la PVC (étude de Cozcolluela et al. ³⁵),
- la détermination de la corrélation entre la pression auriculaire droite avec les valeurs de la vitesse du flux sanguin et de l'index de pulsatilité (IP) obtenues par échographie Doppler de la VFC (étude d'Alimoglu et al.⁸⁷),
- L'évaluation de l'importance des formes d'ondes monophasiques au niveau de la VFC lors de l'évaluation de la thrombose veineuse profonde par une revue rétrospective de l'échographie Doppler veineuse des membres inférieurs (étude de l'étude de Lin et al.⁹⁰),
- la détermination si l'ablation de veines pathologique pourrait résoudre l'hypertension veineuse et potentiellement influencer le schéma de flux pulsatile (étude de Schroedter et al. 2011⁹¹),

- la détermination que la pulsativité veineuse dans un système à faible compliance serait transmise dans tout le système et sa présence reflète l'état hémodynamique du système veineux des membres inférieurs (étude de Schroedter et al. 2014⁹²),
- l'évaluation de la possibilité de diagnostic indirecte de la DVD chez les patients atteints d'embolie pulmonaire aiguë, par la détection de la modulation cardiaque au niveau de la VFC (étude de Taute et al.⁷⁶).

Les critères de diagnostics de la congestion veineuse étaient identifiés à partir des critères décrits dans les guides de pratique reconnus, soit le *American Heart Association, American College of Cardiology, and Society for Vascular Surgery*.

Les résultats des études primaires incluses dans la synthèse sont présentés dans le tableau 1.

2.7 RÉSULTATS

La recherche sur *Medline* et *EMBASE* a permis d'identifier 607 articles en texte intégral dont 11 ont été retenus pour l'analyse finale (Annexe 7). La majorité des études ont été exclues, car l'examen du Doppler a été réalisé dans un but de diagnostic des pathologies veineuses ou artérielles des membres inférieurs, ou bien dans le but d'examiner des varices des membres inférieurs, les rapports de cas ont également été rejetés (13 rapports). Ces études incluaient un total de 1381 sujets. Parmi ces 11 études, 7 sont des études prospectives (études de Cozcolluela et al.,³⁵ Taute et al.,⁷⁶ Krahenbuhl et al.,⁷⁷ Alimoglu et al.,⁸⁷ Abu-Yousef et al. 1997,⁸⁹ Schroedter et al. 2011,⁹¹ et Schroedter et al. 2014,⁹²) (n=599 patients) et 4 sont des études rétrospectives (études d'Abu-Yousef et al. 1996,⁷³ Kakish et al.,⁷⁴ McClure et al.,⁸⁸ et Lin et al.,⁹⁰ (n= 782 patients). La plus ancienne étude avait été réalisée en 1984 par Krahenbuhl et al.⁷⁷ et la plus récente en 2015 par Taute et al.⁷⁶ Un résumé de ces articles avec leurs détails se trouve dans le tableau 1.

Plusieurs catégories de relation ont été identifiées :

1- La PVC élevée avec un Doppler fémoral à flux pulsatile (onde rétrograde cyclique qui suit le cycle cardiaque), à vitesse élevée (onde antérograde avec un seuil de plus de 5 cm/sec) ou un

indexe de pulsatilité (IP) élevée dans les études de Cozcolluela et al.,³⁵ Abu-Yousef et al. 1996,⁷³ Krahenbuhl et al.⁷⁷ et Alimoglu et al.⁸⁷

2-la défaillance cardiaque droite ou la RT avec un Doppler fémoral à modulation cardiaque ou à flux pulsatile dans les études de Kakish et al.,⁷⁴ Taute et al.,⁷⁶ et McClure et al.⁸⁸

3- Les variations physiologiques de la pulsatilité du Doppler de la VFC dû à l'hémodynamie du système veineux ou aux variations respiratoires normale dans les études d'Abu-Yousef et al. 1997,⁸⁹ Schroedter et al. 2011,⁹¹ et Schroedter et al. 2014.⁹²

4 -L'aspect monophasique de la courbe du Doppler de la VFC en cas d'occlusion en amont dans l'étude de Lin et al..⁹⁰

2.7.1 Caractéristiques échographiques du Doppler de la VF étudiée

En tant qu'objectif primaire, les caractéristiques échographiques du Doppler de la VF décrites dans les études et leur corrélation avec la congestion veineuse. Les résultats de ces études ont été classés en catégories selon la corrélation entre le Doppler de la VF avec les divers paramètres. Les résultats obtenus ont été les suivants :

2.7.1.1 1 -Doppler de la VF et la PVC élevée

Dans cette première catégorie, 4 parmi les 11 études ont conclu en une relation entre les caractéristiques échographiques du Doppler de la VF et la PVC élevée (études de Cozcolluela et al.,³⁵ Abu-Yousef et al. 1996,⁷³ Krahenbuhl et al.,⁷⁷ et alimoglu et al.⁸⁷). Le Doppler de la VFC a été considéré comme pulsatile s'il présentait une onde rétrograde cyclique dans l'étude d'Abu-Yousef et al. 1996.⁷³ Tandis que dans l'étude d'Alimoglu et al.⁸⁷ incluant 30 patients, les valeurs de la vitesse du flux sanguin maximale et minimale, la présence de flux antérograde et rétrograde, et de l'IP du Doppler de la VFC avaient été mesurés de manière standard avec les paramètres appropriés pour l'examen veineux tout en ajustant l'angle Doppler inférieur à 60°. La pulsatilité était définie lorsqu'un flux antérograde (flux dirigé vers le cœur) et rétrograde (flux éloigné du cœur) était présent (Figure 1). La vitesse maximale du flux était définie comme la vitesse maximale du flux antérograde sur le tracé Doppler veineux. La vitesse minimale du flux était spécifiée comme étant soit la valeur la plus basse du flux antérograde pour les formes d'onde non pulsatile, soit la vitesse de flux inverse maximale pour les formes d'onde pulsatile. Alors dans

l'étude de Cozcolluela et al.,³⁵ les valeurs moyennes des ondes « S, v, D et a » de la courbe du Doppler veineux ont été obtenues, ainsi la relation entre S et D (Figure 1) ; le ratio de pulsatilité (RP=Vélocité min/Vélocité max) et l'IP (IP= Vélocité max – Vélocité min/Vélocité moyenne). Dans cette étude, trois formes de morphologie d'onde Doppler ont été identifiées : spontanée, considéré comme physiologique, phasique puis rétrograde. Les deux dernières ont été attribuées à des variations liées à l'augmentation de la POD. Krahenbuhl et al., avait rapporté une corrélation entre le signal Doppler de la FVC, l'électrocardiogramme (ECG) et la PVC.⁷⁷ Le seuil de PVC utilisé dans des études similaires est fixé à 6 mmHg (8 cmH₂O),³⁵ 7mmHg⁷⁷ ou 8 mmHg.^{73,87}

2.7.1.2 2-la pulsatilité de VF, la régurgitation tricuspидienne et/ou la dysfonction ventriculaire droite

Dans cette 2^{ème} catégorie, une association entre la pulsatilité de la VF avec la régurgitation tricuspидienne et avec la dysfonction ventriculaire droite a été observée dans les études de Kakish et al.,⁷⁴ Taute et al.,⁷⁶ et McClure et al.⁸⁸ Dans l'étude Kakish et al.,⁷⁴ le paramètre échographique mesuré était le rapport entre le flux rétrograde et le flux antérograde, utilisé pour définir le caractère pulsatile du Doppler dans la VF. Le Doppler veineux est considéré anormal ou pulsatile s'il présentait une forme cyclique rétrograde qui coïncidait avec les battements cardiaques. Dans l'étude de McClure et al.,⁸⁸ l'examen échographique a été réalisé avec un angle Doppler ajusté à 60°. Les paramètres de vitesse et de forme de la courbe Doppler de la VF ont été enregistrés. L'aspect d'onde avec phasicité respiratoire était considéré comme la référence de base pour le comparer avec l'onde à phasicité cardiaque. Les formes anormales avec pic de vélocité antérograde et rétrograde ont été observées. Un pic de vélocité rétrograde >10 cm/s était considéré anormal. Dans la dernière de cette catégorie, dans l'étude de Taute et al.,⁷⁶ la courbe Doppler de la VFC a été standardisée en coupe longitudinale. Une dérivée du spectre de vitesse-temps immédiatement distale à la jonction de la veine saphène a été analysée pour déterminer la présence de modulation respiratoire ou de modulation cardiaque au niveau du Doppler de la VFC.

2.7.1.3 3- Doppler fémoral et la dynamique du système veineuse ou la physiologie respiratoire

Dans cette 3^{ème} catégorie, les variations de la courbe du Doppler fémoral ont été attribuées à la dynamique du système veineux ou à la physiologie respiratoire dans les études d'Abu-Yousef et al. 1997,⁸⁹ Schroedter et al. 2011,⁹¹ et Schroedter et al. 2014.⁹² Dans la première étude de cette catégorie d'Abu-Yousef et al. 1997,⁸⁹ l'examen Doppler était effectué simultanément avec enregistrement de l'ECG et de la respiration. Les enregistrements Doppler ont été analysés pour la phasicité (cardiaque ou respiratoire), la fréquence de la courbe, les composantes, les vitesses, les rapports de vitesses et la présence de flux rétrograde. Un flux rétrograde qui suit le cycle cardiaque est considéré anormal. Tandis que dans l'étude de Schroedter et al. 2014,⁹² les auteurs ont mesuré la forme d'onde du Doppler de la VFC et les composantes de cette onde (les ondes a, S, v et D), et ils ont noté la présence de phasicité respiratoire et cardiaque. Dans la dernière étude de cette catégorie de Schroedter et al. 2011,⁹¹ l'étude de la présence de pulsativité cardiaque au niveau du Doppler de la VFC a été effectuée après l'ablation des veines superficielle des membres inférieurs. Dans ces trois études, les auteurs ont cherché à démontrer que la présence d'onde pulsatile au niveau de la VFC est fonction de la dynamique du système veineux et ne peut pas toujours être attribuée aux maladies cardiaques.

2.7.1.4 4- Aspect monophasique du Doppler de la VF

Dans cette dernière catégorie, un aspect monophasique de la courbe du Doppler de la VFC a été identifié par Lin et al.⁹⁰ Dans cette étude, l'onde Doppler monophasique de la VFC, sans aucune variation cardiaque ou respiratoire, a été attribuée à la présence d'une obstruction veineuse proximale.

Il est important de noter qu'une seule étude utilisait le Doppler vasculaire sans l'imagerie échographique (étude de Krahenbuhl et al.).⁷⁷

2.7.2 Réponses aux questions de l'objectif secondaire de la revue

2.7.2.1 Caractéristiques méthodologiques des études

Tous les articles retenus sont des études primaires monocentriques, comprenant sept études prospectives (64 %) et quatre études rétrospectives (36 %).

En ce qui concerne les types des études, 5 étaient de nature observationnelle (études d'Abu-Yousef et al. 1996,⁷³ Kakish et al.,⁷⁴ Abu-Yousef et al. 1997,⁸⁹ Lin et al.⁹⁰ et Schroedter et al. 2014,⁹²). Ces études avaient examiné les caractéristiques de la VFC en utilisant l'échographie Doppler chez des patients présentant une congestion veineuse, sans intervention ou manipulation des différentes variables par les chercheurs. Tandis les études interventionnelles de Cozcolluela et al.,³⁵ Taute et al.,⁷⁶ Krahenbuhl et al.,⁷⁷ Alimoglu et al.,⁸⁷ McClure et al.,⁸⁸ et finalement de Schroedter et al. 2011,⁹¹ des manipulations spécifiques ont été mises en œuvre pour évaluer leur impact sur le flux veineux fémoral. Ces interventions incluent, des gestes chirurgicaux, des examens de diagnostic, ou d'autres méthodes visant à évaluer la congestion veineuse, la PVC ou la DVD.

Les populations étudiées sont constituées des adultes âgés de 18 ans et plus, à l'exception des études de Kakish et al.,⁷⁴ et d'Alimoglu et al.,⁸⁷ où l'on a inclus des patients âgés de moins de 18 ans. Ces études ont également inclus des hommes et des femmes avec des pourcentages différents dans chaque étude. Certaines cohortes étaient constituées des patients déjà hospitalisés pour des raisons diverses, alors que les études d'Abu-Yousef et al. 1997,⁸⁹ et Schroedter et al. 2014,⁹² comprenaient des volontaires sains (42 sujets). La sélection des sujets dans chaque étude varie selon le protocole choisi et l'objectif de l'étude était variable. Certains sujets ont été recrutés pour des maladies cardiaques (étude de Krahenbuhl et al.⁷⁷), alors que d'autres ont été sélectionnés pour des pathologies veineuses des membres inférieurs comme dans les études d'Abu-Yousef et al. 1996,⁷³ McClure et al.,⁸⁸ et Schroedter et al. 2011⁹¹. En revanche, Cozcolluela et al.,³⁵ et Alimoglu et al.,⁸⁷ ont choisi des sujets hospitalisés en soins intensifs pour diverses raisons. Par ailleurs, les sujets de l'étude de Taute et al.,⁷⁶ étaient atteints d'embolie pulmonaire et ceux de l'étude de Lin et al.,⁹⁰ ont été sélectionnés en raison de la présence de thrombose veineuse proximale. La taille des échantillons était variable, avec 12 sujets pour la plus petite (étude d'Abu-Yousef et al. 1997⁸⁹) et 331 pour la plus étendue (étude de Kakish et al.⁷⁴). Le (Tableau 1) présente les caractéristiques relatives aux tailles d'échantillon, l'année de l'étude et de la publication, le contexte et la méthodologie, les mesures étudiées, les définitions utilisées pour la pulsativité du Doppler et enfin les principaux résultats et conclusion.

L'étendue des études était variable et fonction de l'objectif et du protocole établi pour chacune. La durée varie de quelques mois pour certaines études (étude d'Abu-Yousef et al. 1997⁸⁹) à 5 ans pour d'autres (étude de Lin et al.⁹⁰).

Les analyses statistiques descriptives ont été utilisées dans 6 études pour calculer les fréquences et les proportions :

- Dans l'étude de Krahenbuhl et al.,⁷⁷ pour évaluer la fréquence des patients qui présentent un Doppler veineux pulsatile parmi ceux qui ont une PVC normale ou élevée.
- Dans l'étude d'Abu-Yousef et al., 1996,⁷³ afin de comparer la présence ou l'absence de DVD détectée par une PVC élevée avec le Doppler pulsatile de la VFC. Des tests de sensibilité et de spécificité ont été réalisés.
- Dans l'étude d'Abu-Yousef et al., 1997,⁸⁹ pour déterminer l'origine et la nature de la phasicité cardiaque et respiratoire normale des formes d'ondes du Doppler des membres inférieurs, ainsi que d'évaluer les variations des vitesses selon la respiration.
- Dans l'étude de Kakish et al.,⁷⁴ pour évaluer la fréquence et la signification des ondes pulsées détectées par le Doppler dans les veines des membres inférieurs. Des tests de sensibilité et de spécificité ont été effectués en calculant les valeurs prédictives positives et négatives (VPP et VPN).
- Dans l'étude de Lin et al.,⁹⁰ afin d'évaluer la présence de courbes monophasiques et les corréler avec les résultats de la tomodensitométrie (CT scan) de l'abdomen et du pelvis.
- Dans l'étude de Taute et al.,⁷⁶ pour comparer les proportions de patients présentant une modulation cardiaque de la VFC parmi ceux qui présentaient une DVD.

Des tests de corrélation ont été utilisés dans les trois études suivantes :

- Dans l'étude de Cozcolluela et al.,³⁵ pour tester la relation entre la valeur des ondes « a et v » (systole auriculaire et diastole auriculaire) de la pression veineuse centrale (PVC), la valeur de la pression PVC avec le rapport de pulsativité et l'IP du Doppler de la VF.

- Dans l'étude de McClure et al.,⁸⁸ pour détecter la corrélation entre les anomalies cardiaques et la pulsatilité du Doppler des veines des membres inférieurs, et de quantifier également le degré de régurgitation tricuspide grâce à l'analyse de la courbe Doppler de la VF.
- Dans l'étude d'Alimoglu et al.,⁸⁷ pour déterminer la corrélation entre la vitesse minimale du Doppler fémoral et la PVC.

Des tests paramétriques (test t de Student) et non paramétriques (test de Mann Whitney, Wilcoxon) ont été utilisés dans 2 études suivantes :

- Dans l'étude d'Alimoglu et al.,⁸⁷ pour comparer les moyennes et les médianes de l'IP de la VFC entre les groupes de PVC normal et élevé.
- Dans l'étude de Schroedter et al.,⁹¹ pour comparer la pulsatilité des veines des membres inférieurs avant et après l'ablation des veines réfléchissantes.

Dans l'étude de Schroedter et al.,⁹² le test statistique utilisé n'a pas été mentionné dans l'étude.

2.7.2.2 Critères utilisés par les auteurs pour diagnostiquer la congestion veineuse

(Un résumé de ces critères se trouve dans le tableau 1.)

Dans ces études, les signes de la congestion veineuse ont été détectés par la présence de pression auriculaire droite élevée, comme observée dans les études de Cozcolluela et al.,³⁵ Abu-Yousef et al. 1996,⁷³ Krahenbuhl,⁷⁷ et d'Alimoglu et al.,⁸⁷. Ils ont également été identifiés par des signes radiographiques dans les études de Kakish et al.,⁷⁴ et McClure et al.,⁸⁸ ou par la présence des signes d'insuffisance cardiaque droite dans les études de Kakish et al.,⁷⁴ Tautz et al.,⁷⁶ et McClure et al.⁸⁸ La mesure de la pression veineuse centrale était effectuée par un cathéter veineux central dans les études de Cozcolluela et al.,³⁵ Abu-Yousef et al. 1996,⁷³ et d'Alimoglu et al.,⁸⁷ ainsi que par un cathéter de l'artère pulmonaire dans l'étude de Krahenbuhl et al.⁷⁷

La PVC a été obtenu par la mesure de la valeur moyenne de la pression au moyen d'un cathéter veineux central. la valeur limite supérieure de la normale avait été fixée à 7 mmHg dans l'étude de Krahenbuhl et al.,⁷⁷ à 8 mmHg dans les études Abu-Yousef et al. 1996,⁷³ et d'Alimoglu et al.,⁸⁷ ou à 8 cmH₂O dans l'étude de Cozcolluela et al.³⁵ Au-delà de ces valeurs, la PVC était considérée

comme élevé. Dans toutes les études, la PVC a été enregistré simultanément au moment de la mesure de l'échographie Doppler, à l'exception de l'étude d'Abu-Yousef et al. 1996,⁷³ où les PVC avaient été enregistrées sur une période allant jusqu'à 4 semaines avant l'examen d'écho Doppler.

Les marqueurs d'insuffisance cardiaque droite en relation avec la pulsatilité de la VF avaient été traités dans les études de Kakish et al.,⁷⁴ Taute et al.,⁷⁶ Alimoglu et al.,⁸⁷ et McClure et al..⁸⁸ Dans l'étude d'Alimoglu et al.,⁸⁷ le diagnostic de la DVD avait été performé par les signes à l'examen physique, par l'ECG, par l'échographie cardiaque et par cathétérisme cardiaque. Dans l'étude de McClure et al.,⁸⁸ la maladie cardiaque avait été détectée par la présence d'un élargissement de la silhouette cardiaque à partir de la radiographie pulmonaire. Dans l'étude de Taute et al.,⁷⁶ le diagnostic de la DVD avait été réalisé à l'aide d'une échographie cardiaque en utilisant le « *right heart score* » (RHS) (considéré comme indicateur de DVD si ≥ 2.25), en présence d'une embolie pulmonaire qui avait été confirmée par tomодensitométrie thoracique. Dans l'étude de Kakish et al.,⁷⁴ l'insuffisance cardiaque décompensée avait été détectée par la radiographie pulmonaire (considéré anormale si présence de cardiomégalie, congestion veineuse pulmonaire ou œdème pulmonaire).

Les marqueurs de régurgitation tricuspide avaient été traités dans les études de de Kakish et al.,⁷⁴ et de McClure et al..⁸⁸ Dans l'étude de McClure et al.,⁸⁸ la régurgitation tricuspидienne avait été mesurée par échographie cardiaque, transthoracique et trans-œsophagienne. Dans l'étude de Kakish et al.,⁷⁴ elle avait été mesurée par une échographie cardiaque transthoracique.

Dans les études portant sur la relation entre la PVC élevée et la pulsatilité de la VF, plusieurs auteurs avaient rapporté des conclusions intéressantes. Krahenbuhl et al.,⁷⁷ ont conclu que lorsque la pression de l'oreillette droite (POD) dépasse 7 mmHg, une pulsatilité est observée dans la VF, précédant les autres signes cliniques de congestion. Abu-Youssef et al. 1996,⁷³ ont également constaté une corrélation entre la modulation cardiaque dans la VF et la pulsatilité avec une amplitude rétrograde, et une POD élevée. Cozcolluela et al.,³⁵ ont trouvé des résultats similaires, bien que leur étude manque de sensibilité pour détecter une POD élevée.

Dans l'étude d'Abu-Youssef et al., 1997,⁸⁹ menée sur 12 sujets sains, les auteurs ont observé la présence d'un flux rétrograde chez 9 des 12 sujets, avec une vitesse minimale ≤ 5 cm/s.

2.7.2.3 Les méthodes utilisées pour effectuer les mesures échographiques de la VF

L'examen d'écho était réalisé et interprété par des spécialistes en échographie.

Les mesures ont été effectuées principalement sur des patients en position allongée dans les études de Cozcolluela et al.,³⁵ Abu-Yousef et al. 1996,⁷³ Kakish et al.,⁷⁴ Taute et al.,⁷⁶ Alimoglu et al.,⁸⁷ McClure et al.,⁸⁸ Lin et al.,⁹⁰ et Schroedter et al. 2014,⁹² tandis que ces mesures ont été effectuées en position allongée et debout dans les études d'Abu-Youssef et al., 1997,⁸⁹ et Schroedter et al. 2014,⁹² ou en position de Trendelenburg inversé dans l'étude de Schroedter et al. 2011.⁹¹ L'examen avait été effectué au milieu de la respiration et à la fin d'expiration dans les études Cozcolluela et al.,³⁵ McClure et al.,⁸⁸ et Abu-Youssef et al., 1997,⁸⁹ ou en apnée dans les études de Cozcolluela et al.,³⁵ Kakish et al.,⁷⁴ Alimoglu et al.,⁸⁷ McClure et al.,⁸⁸ et Abu-Youssef et al., 1997.⁸⁹ Le calcul de la vitesse a été pris en phase d'apnée et était considéré comme la ligne de base. Des manœuvres de Valsalva et de compression avec brassard du mollet ont été effectuées pour enregistrer les variations respiratoires dans les études de Cozcolluela et al.,³⁵ Kakish et al.,⁷⁴ McClure et al.,⁸⁸ et Lin et al..⁹⁰ Un enregistrement d'ECG était simultanément réalisé pour synchroniser les mesures du Doppler avec les battements cardiaques. Dans l'étude d'Abu-Youssef et al., 1997,⁸⁹, un enregistrement de la respiration avait été ajouté aux appareils d'échographie pour avoir plus de précision.

Le repérage de la VFC bilatérale et ainsi que les veines ipsilatérales a été effectué. Elle était identifiée par sa compressibilité et par le flux en couleur. La VFC est facilement accessible, et a été choisie également en raison de sa proximité avec le cœur et de sa reproductibilité par rapport aux autres veines. De plus, elle est moins sujette aux thromboses veineuses profondes. La VFC a été utilisée pour l'examen Doppler dans les études de Cozcolluela et al.,³⁵ Abu-Yousef et al. 1996,⁷³ Kakish et al.,⁷⁴ Taute et al.,⁷⁶ Alimoglu et al.,⁸⁷ McClure et al.,⁸⁸ Abu-Youssef et al., 1997,⁸⁹ et Lin et al..⁹⁰

Les autres veines telles que la VF superficielle et la veine poplitaine ont été utilisées dans les études d'Abu-Yousef et al. 1996,⁷³ Kakish et al.,⁷⁴ McClure et al.,⁸⁸ Lin et al.⁹⁰ et Schroedter et al 2014.⁹²

Un examen de la VF controlatéral a été effectué afin de comparer les résultats à l'autre veine, dans les études d'Abu-Yousef et al. 1996,⁷³ Kakish et al.,⁷⁴ Tautz et al.,⁷⁶ Krahenbuhl et al.,⁷⁷ Alimoglu et al.,⁸⁷ McClure et al.,⁸⁸ et Schroedter et al. 2011.⁹¹ Un examen a été effectué uniquement de la VF droite dans les études de Cozcolluela et al.,³⁵ Abu-Youssef et al., 1997,⁸⁹ et Schroedter et al. 2014.⁹² Dans l'étude de Lin et al.,⁹⁰ les auteurs n'avaient pas mentionné le site de l'examen.

Un angle de correction du curseur de la sonde d'écho a été ajusté à moins de 60° dans les études de Cozcolluela et al.,³⁵ Alimoglu et al.,⁸⁷ McClure et al.,⁸⁸ et Lin et al..⁹⁰ L'angle de la mesure échographique n'a pas été mentionné dans la majorité de ces études.

Une sonde linéaire a été utilisée, avec une fréquence variant dans chaque étude de 5 MHz dans l'étude d'Abu-Youssef et al., 1997,⁸⁹ à 10 MHz dans l'étude de McClure et al..⁸⁸

Le type des appareils utilisés a été mentionné dans chaque étude.

Un résumé de ces articles avec leurs détails se trouve dans le tableau 1.

Tableau 1 : Sommaire des études sur le Doppler veineux de la VF

Auteur Année de publication	Population de contexte année de l'étude	Conception/ méthodologie	Nombre de patients	Mesures étudiées	Définition utilisée pour la pulsatilité	Critères de diagnostic de la congestion veineuse	Résultats principaux/Conclusion
Krahenbuhl et al., 1984⁷⁷	Patients hospitalisés avec cathéter veineux central. Durant l'année 1984	Prospective,	46	Doppler vasculaire portatif (pas de machine d'échographie utilisée)	Son Pulsatile (à l'oreille)	POD > 7 mmHg	La pulsatilité fémorale est présente lorsque la PVC dépasse 7 mmHg et précède les autres signes cliniques de congestion.
Abu-Youssef et al., 1996⁷³	Patients référés pour un examen Doppler des jambes sur une période de 14 mois.	Rétrospective, descriptive,	51	1) POD 2) VFC : Pulsatilité (oui ou non)	Présence de composante de flux rétrograde	POD > 8 mmHg	La pulsatilité à modulation cardiaque dans la VFC est corrélée avec la POD.
Abu-Youssef et al., 1997⁸⁹	Volontaires sains. Durant l'année 1996	Prospective, comparative,	12	Aspect de la pulsatilité dans la VF	Non applicable	Non applicable	La présence d'un composant de flux rétrograde a été observée chez 9 des 12 sujets sains (≤ 5 cm/s).
Kakish et al., 1996⁷⁴	Patients référés pour un examen Doppler des membres inférieurs entre 1994 et 1995	Rétrospective, comparative	331	1) Échocardiographie et radiographie du thorax 2) VFC : Pulsatilité (oui ou non)	Présence de composante de flux rétrograde	-Signes radiographiques pulmonaires (cardiomégalie, congestion veineuse pulmonaire ou œdème pulmonaire) -Signes de DVD -RT mesurée par échographie cardiaque	Une VF pulsatile est fréquemment présente chez les patients atteints d'insuffisance cardiaque décompensée et/ou d'une régurgitation tricuspide

Auteur Année de publication	Population de contexte année de l'étude	Conception/ méthodologie	Nombre de patients	Mesures étudiées	Définition utilisée pour la pulsatilité	Critères de diagnostic de la congestion veineuse	Résultats principaux/Conclusion
Cozcolluela et al., 2000³⁵	Patients hospitalisés avec cathéter veineux central entre 1997 et 1998	Prospective, descriptive,	141	1) POD 2) VFC : Index de Pulsatilité ^a , ratio de pulsatilité ^b , et les ondes veineuses a, S, v, D	Présence de composante de flux rétrograde	POD > 8cmH ₂ O	La pulsatilité dans la VF est associée à la POD, mais manque de sensibilité pour détecter une POD élevée.
McClure et al., 2000⁸⁸	Patients référés pour un Doppler des jambes. Pendant l'année 1999	Rétrospective, descriptive comparative,	276	1) Échocardiographie et radiographie du thorax 2) VFC : Pic de vitesse Rétrograde	Pic de vitesse rétrograde > 10 cm/s	Signes radiographiques pulmonaires - Signes de DVD - RT mesurée par échographie cardiaque	Un flux fémoral pulsatile est associé à une maladie cardiaque et la valeur du pic de vitesse rétrograde est corrélée à la sévérité de la RT
Alimoglu et al., 2001⁸⁷	Patients admis pour suspicion d'insuffisance cardiaque droite. Pendant l'année 2000.	Prospective, descriptive, comparative entre deux groupes	30	1) POD 2) VFC : Index de Pulsatilité* et la vitesse du flux sanguin	Présence des composantes de flux rétrograde	POD > 8 mmHg - Signes de DVD	La pulsatilité dans la VF et l'amplitude de l'onde rétrograde sont plus élevées chez les patients ayant une POD élevée
Lin et al., 2007⁹⁰	Revue des examens des patients ayant eu un Doppler de la VF monophasique. De 2000 à 2005.	Rétrospective, descriptive,	124	Formes d'ondes monophasiques de la VF	Présence d'onde monophasique du Doppler de la VF	Non applicable	Les formes d'ondes monophasiques de la VFC sont des indicateurs fiables d'une obstruction veineuse proximale, en particulier la thrombose de la veine iliaque
William B. Schroedter et al., 2011⁹¹	Patients subissant une échographie Doppler pour l'évaluation de	Prospective, descriptive, Interventionnelle	293	Patients subissant une ablation thermique endoveineuse d'une veine	- Doppler considéré anormal en cas de présence de	Non applicable	- L'ablation des veines tronculaires superficielles en reflux ne semblait pas influencer la présence de

Auteur Année de publication	Population de contexte année de l'étude	Conception/ méthodologie	Nombre de patients	Mesures étudiées	Définition utilisée pour la pulsatilité	Critères de diagnostic de la congestion veineuse	Résultats principaux/Conclusion
	l'insuffisance veineuse chronique. durant l'année 2011			tronculaire superficielle -Doppler de la veine des membres inférieurs effectué avant et après approximativement 3 jours (2 à 7 jours) à la recherche de pulsatilité	pulsatilité à phasicité cardiaque - Doppler normal en cas de phasicité respiratoire		pulsatilité veineuse dans les membres inférieurs. L'étiologie sous-jacente de la pulsatilité veineuse des membres inférieurs est complexe et probablement multifactorielle
William B. Schroedte r et al., 2014⁹¹	Volontaires adultes normaux sans antécédents de maladie cardiaque et présentant une maladie veineuse minimale Pendant l'année 2014	Prospective, descriptive, quantitative	30	Trois formes d'ondes spectrales ont été obtenues de la manière suivante (1) en position allongée latérale gauche, (2) après s'être tenu debout pendant plus de 3 secondes, et (3) après 10 secondes de flexion plantaire/dorsale vigoureuse	-En position couchée : le Doppler présente une phasicité respiratoire -en position debout : le flux veineux est légèrement pulsatile -après la dorsiflexion de la jambe ; flux veineux fortement pulsatile	Non applicable	Un total de 100 % des patients ont montré un flux très pulsatile lorsque le système veineux des membres inférieurs était rempli à la pression hydrostatique au repos. La présence d'un flux veineux pulsatile dans les membres inférieurs dépend de l'hémodynamique veineuse.

Auteur Année de publication	Population de contexte année de l'étude	Conception/ méthodologie	Nombre de patients	Mesures étudiées	Définition utilisée pour la pulsatilité	Critères de diagnostic de la congestion veineuse	Résultats principaux/Conclusion
Taute et al., 2015 ⁷⁶	Patients ayant une embolie pulmonaire aiguë. Durant l'année 2015.	Prospective, quantitative descriptive	47	1) Score écho cardiographique du cœur droit basé sur la taille du VD, la cinétique du VD, le mouvement du septum interventriculaire et la taille de l'oreillette droite. VFC : modulation cardiaque (oui/non)	Durée du flux dirigé vers le cœur dans le spectre temps- vitesse : -Modulation cardiaque si > 2 secondes -Modulation respiratoire si < 2 secondes	-Signes de DVD	La présence de modulation cardiaque dans le VFC est significativement corrélée avec le niveau de sévérité de la DVD

Abréviations : DVD, défaillance ventriculaire droite ; POD, pression de l'oreillette droite ; PVC, pression veineuse centrale ; RT, régurgitation tricuspide ; VD, ventricule droit ; VF, veine fémorale ; VFC, veine fémorale commune ; RT, régurgitation tricuspide.

^a Index de pulsatilité = vitesse maximale – vitesse minimale/vitesse moyenne ^b Ratio de pulsatilité = vitesse minimale/vitesse maximale

2.8 DISCUSSION

Après la révision de 11 études primaires, totalisant 1381 patients, diverses catégories de résultats des études du Doppler de la VFC ont été observées. Ces résultats étaient en accord avec notre objectif primaire qui était d'explorer dans la littérature des études ayant examiné les caractéristiques échographiques du Doppler de la VFC et leur corrélation avec la congestion veineuse.

Plusieurs observations ont été notées : D'abord, une relation a été observée entre une PVC élevée et une pulsatilité anormale du Doppler fémoral.^{35,73,77,87} Ensuite, une relation a été identifiée entre la DVD et la régurgitation tricuspидienne avec un Doppler fémoral à modulation cardiaque et à flux pulsatile.^{74,76,88} De plus, les variations physiologiques de la pulsatilité du Doppler de la VFC dû à l'hémodynamie du système veineux ou aux variations respiratoires normales ont été observé.^{89,91,92} Finalement, l'observation de la courbe monophasique sans variations respiratoires du Doppler de la VFC qui était corrélée à une obstruction veineuse proximale.⁹⁰

Certaines de ces études appuient l'hypothèse qui suggère la présence d'une corrélation entre la pulsatilité du Doppler de VFC et les pathologies cardiaques droites et la congestion veineuse.^{74,76,88} En effet, la présence de congestion, accompagnée d'une pression veineuse périphérique et une POD élevée, représentent une caractéristique courante de la défaillance ventriculaire droite.⁹³ Cependant, d'autres études avaient observé que la pulsatilité de la VFC représente simplement une forme bénigne de l'hémodynamie veineuse qui s'adapte au remplissage hydrostatique et elle ne signifie pas nécessairement la présence de pathologies cardiaques.^{89,91}

2.8.1 Les études qui appuient l'hypothèse de l'association entre le Doppler pulsatile anormal et les pathologies cardiaques

L'association entre la PVC élevé, la DVD et la congestion veineuse est largement rapportée dans la littérature^{18,93}. De plus, la relation entre la pulsatilité veineuse périphérique et la DVD, ainsi entre la pulsatilité veineuse et la congestion veineuse est documentée depuis longtemps dans la littérature.

De nombreuses études et cas témoins ont été publiés sur ce sujet, couvrant plusieurs aspects tels que la corrélation entre la pulsatilité veineuse de la VF et la régurgitation tricuspидienne, la PVC élevée, la DVD et plus récemment la pression portale élevée.^{27,35,56,73,74,76,77,87,88,94-97}

L'une des premières observations documentées date de 1925, où des auteurs ont rapporté la présence de pulsatilités veineuses périphériques chez des patients diagnostiqués avec une insuffisance cardiaque congestive, principalement au niveau des veines basiliques des bras. Ils ont associé ces observations à une congestion passive et à une régurgitation tricuspидienne.⁹⁸ Cet article fait en effet référence à d'anciennes citations et articles datant de 1827, ce qui démontre que cette association est connue depuis longtemps dans l'histoire.

Au fil de temps, plusieurs rapports de cas et séries de cas avaient rapporté cette association entre la pulsatilité veineuse et la régurgitation tricuspидienne.^{81-83,95,96,99-101}

À nos connaissances, la première étude primaire sur sujet avait été réalisée en 1984 par Krahenbuhl et al. Ces auteurs avaient comparé les résultats des examens Doppler des 2 veines fémorales et d'une veine brachiale chez 46 patients en mesurant simultanément la PVC par un cathéter veineux central ou un cathéter cardiaque droit qui était connecté à une colonne d'eau. La majorité de leurs patients présentaient de maladies cardiaques. Ils avaient détecté la pulsatilité veineuse à l'aide d'un Doppler vasculaire. En corrélant la pulsatilité du Doppler veineux à la PVC élevée (≥ 7 mmHg), les auteurs avaient conclu que la pulsatilité veineuse périphérique est un signe précoce de DVD plus sensible que l'évaluation clinique.¹⁰² Des résultats similaires ont également été observés chez les femmes enceintes au troisième trimestre, où la surcharge volémique est plus marquée.¹⁰³

D'autres études rétrospectives, prospectives et des rapports de cas plus récents ont également rapporté une association entre la pulsatilité du Doppler fémoral et l'insuffisance cardiaque droite, comme celles de Shingo Sakamoto et al.⁸⁶ et Denault et al.³³

En 1996, Kakish et al. avaient mené une étude rétrospective sur 250 patients, comparant le Doppler fémoral avec les signes de décompensation cardiaque détectés par la radiographie pulmonaire et la régurgitation tricuspидienne détecté par l'échographie cardiaque. Le flux

bidirectionnel à chaque cycle cardiaque a été considéré comme pulsatile. Ils avaient observé une corrélation significative entre la pulsatilité fémorale et la présence de signes de décompensation cardiaque et de régurgitation tricuspидienne (OR=9.44).⁷⁴

De même, en 2000, M. J. McClure et ses collègues avaient constaté une forte corrélation entre le pic de vélocité rétrograde du Doppler de la VF et la régurgitation tricuspидienne, la dysfonction cardiaque (évaluée par échographie cardiaque transthoracique ou transœsophagienne) et les signes d'élargissement cardiaque observés sur la radiographie thoracique. Ils avaient considéré le pic de vélocité rétrograde anormal s'il était > 10 cm/s. Dans le groupe ayant une pathologie cardiaque, la moyenne du pic de vélocité était 31,2 cm/s, alors qu'elle était 8,4 cm/s dans le groupe normal.⁸⁸

D'autre part, d'autres types de corrélations avec la pulsatilité de la VF ont été observés. Krahenbuhl et al., avaient déjà constaté la corrélation entre le Doppler veineux pulsatile et la PVC.

Abu-Yousef et al., 1996, avaient observé une association entre une $POD \geq 8$ mmHg et le Doppler pulsatile à phasicité cardiaque. Le Doppler de la VFC a été considéré comme pulsatile s'il présentait une onde rétrograde cyclique. Ils avaient corrélié cette POD à la DVD.⁷³ De même, Alimoglu et al. avaient suggéré une corrélation entre une $POD \geq 8$ mmHg et IP du Doppler de la VFC.⁸⁰ (cf. tableau 1 pour le calcul de l'IP) De plus, Cozcolluela et al. avaient également trouvé une corrélation entre la $POD \geq 8$ cm H₂O (ou 6 mmHg) et certaines valeurs de l'onde de Doppler fémoral comme le ratio de pulsatilité et l'IP, ils avaient calculé aussi les valeurs moyennes des ondes « S, v, D et a » de la courbe du Doppler veineux, ainsi que la relation entre S et D. Malgré ces constatations, ils avaient conclu que la valeur de pulsatilité du Doppler fémoral ne devrait pas être utilisée comme prédicteur de PVC élevée en raison de sa faible sensibilité.³⁵

2.8.2 Les études qui ne soutiennent pas l'hypothèse de l'association entre le Doppler pulsatile anormal et les pathologies cardiaques

Si toutes les études antécédentes soutenaient l'association entre le Doppler fémoral pulsatile et les signes de pathologies cardiaques et de congestion veineuse, d'autres études avaient des

conclusions opposées. Dans ces études, les auteurs ont corrélé la pulsativité veineuse à la dynamique veineuse et aux variations respiratoires normales plutôt qu'à la pathologie cardiaque.

En 1997, dans une étude menée par Abou-yousef et al., bien que limité par un petit échantillon de 12 volontaires en bonne santé, avaient conclu que la phasicité cardiaque dans le Doppler veineux fémoral n'indique pas nécessairement une pathologie cardiaque. Ils avaient attribué les changements de l'aspect de l'onde du Doppler de la VF à la dynamique veineuse lors des mouvements respiratoires. Une augmentation de la vélocité du flux antérograde a été observée pendant l'expiration tandis qu'une diminution a été notée pendant l'inspiration en raison de l'augmentation de la pression abdominale. Ils ont conclu que la présence d'un aspect pulsatile du Doppler de la VF peut être observée chez tout le monde au cours de la respiration.⁸⁹

De plus, dans une autre étude controversée réalisée en 2014 par Schroedter WB et al., la corrélation entre la pulsativité de la VF et la dysfonction cardiaque avait été remise en question. Les auteurs avaient observé la présence d'une phasicité respiratoire au niveau du Doppler de la veine poplitée chez les 30 participants volontaires en bonne santé qui étaient couchés sur le dos, et qui n'avaient aucune pathologie cardiaque ou veineuse connue. Les chercheurs avaient constaté que la veine poplitée devenait fortement pulsatile après un changement de position, passant de la position couchée à la position debout, puis retour à la position couchée. Ils ont suggéré que cette pulsativité est plutôt liée à la dynamique veineuse qui peut être influencée par la dynamique cardiaque.⁹² Dans une autre étude antérieure en 2011, le même auteur avait conclu que l'ablation des veines superficielles des membres inférieurs ne semble pas affecter la pulsativité de la VF.⁹¹

2.8.3 La pulsativité fémorale est-elle cardiaque ou non ?

La question qui se pose donc est de savoir si la pulsativité de la VF est d'origine cardiaque ou non. Reste à démontrer. Toutes les études révisées dans cette revue peuvent être soumises à certaines critiques.

Dans l'étude de Krahenbuhl et al.,⁷⁷ les auteurs avaient identifié la pulsativité du Doppler à l'aide d'un Doppler vasculaire et avaient corrélé ces pulsativités aux battements cardiaques. Les résultats de ces pulsativités sont trop subjectifs, et l'absence de mesure de la vélocité du flux

veineux et de la synchronisation respiratoire, qui pourraient aider à identifier la présence des phasicités respiratoire ou cardiaque peuvent biaiser les résultats.

D'autre part, il existe un risque de surestimation ou de sous-estimation du diagnostic de la congestion veineuse et de la DVD basé sur la valeur de la PVC mesuré à l'aide d'une colonne à eau dans certaines études comme celles de Krahenbuhl et al. en 1984 et Cozcolluela et al. en 2000. Ces mesures pourraient être moins précises que celles obtenues avec la technologie de notre jour, qui permettent une interprétation de la valeur et des ondes de la courbe avec plus de précision.

De plus, l'étude rétrospective d'Abou-Yousef et al. en 1996 a fait l'objet de critiques en raison de l'intervalle prolongé entre le moment de mesure du Doppler veineux et le moment de l'obtention de la PVC, qui a été prolongé sur quatre semaines. Ce délai étendu entre l'examen du Doppler et la détection de la congestion veineuse est un autre facteur pouvant affecter la fiabilité des résultats.

L'étude d'Alimoglu en 2001 avait soutenu les mêmes observations concernant la corrélation entre le Doppler pulsatile de la VF et les POD élevés chez des patients ayant une pathologie cardiaque. Ce dernier avait utilisé des techniques plus avancées de monitoring de la POD.

De même, dans l'étude de Taute en 2015, les auteurs avaient choisi un seul groupe spécifique de population ayant une embolie pulmonaire, et l'absence d'un autre groupe de comparaison, risque d'orienter électivement les résultats dans un seul sens.

Ensuite, l'étude d'Abou-Yousef et al. en 1997 peut présenter des limites de généralisation en raison de la taille réduite de l'échantillon. Quant à l'étude de Schroedter WB et al. en 2014, elle a été réalisée sur des patients où le Doppler était influencé par les variations induites du remplissage veineux. Leurs conclusions ne peuvent pas exclure l'association entre la pulsativité veineuse et la pathologie cardiaque, car les veines périphériques se remplissent sous l'effet de la gravité lors du passage de la position couchée à la position debout, ce qui change la dynamique du retour veineux en ramenant le patient à la position couchée.

En outre, malgré la controverse, les études menées sur des patients en position allongée, où la phasicité respiratoire est attendue, ont constamment révélé des motifs de Doppler veineux pulsatile, impliquant une corrélation avec la pathologie cardiaque. L'obtention de motifs de Doppler veineux pulsatile dans ces conditions appuie l'hypothèse d'une possible association entre la pulsatilité veineuse et la pathologie cardiaque.

Enfin, l'absence de pulsatilité ne signifie pas toujours l'absence de pathologie cardiaque. Dans certaines conditions, le Doppler fémoral présente une courbe monophasique sans variations respiratoires. Plusieurs études ont décrit cette forme de Doppler comme étant due à une thrombose veineuse profonde,^{90,104,105} à une compression de la veine cave inférieure ou iliaque^{90,105} voir à une occlusion ou à une compression veineuse au niveau de la veine sous-clavière ou de la veine iliaque.¹⁰⁵ Lin et al. en 2007,⁹⁰ avaient conclu que la présence d'une forme monophasique des Dopplers veineux des membres inférieurs est un signe pathologique que la veine n'est pas patente entre le point d'examen et le site d'occlusion ou de compression.

Actuellement, l'analyse de la forme de courbe du Doppler fémoral est largement utilisée dans le diagnostic des thromboses veineuses profondes et de l'insuffisance veineuse.¹⁰⁶ Cela nous amène à conclure que même si la présence de pulsatilité est un signe prédictif de pathologie cardiaque droite tel que suggéré par plusieurs études, l'absence de pulsatilité ne signifie pas forcément l'absence de ce problème. Il est possible d'avoir une pathologie cardiaque droite sous-jacente sans que la pulsatilité de la VF soit présente, en raison par exemple de la présence d'un thrombus veineux proximal.

En résumé, les résultats des études sur l'utilisation de la phasicité cardiaque dans le Doppler veineux fémoral en tant que prédicteur de pathologie cardiaque sont contradictoires. Alors que des études antérieures suggèrent une corrélation entre la phasicité cardiaque et la pulsatilité du Doppler veineux fémoral, une DVD et une PVC élevée, d'autres études ont remis en question la fiabilité de la phasicité cardiaque de ce Doppler et sa pulsatilité en tant qu'indicateur de pathologie cardiaque. Cependant, l'absence de pulsatilité n'exclut pas nécessairement son origine cardiaque, car une thrombose veineuse proximale pourrait entraîner l'absence de cette pulsatilité.⁹⁰

Il est important de noter certaines limitations de cette revue. Cependant, cette revue ciblée peut fournir un aperçu préliminaire des résultats disponibles, mais elles ne remplacent pas une revue systématique complète et rigoureuse. Le nombre limité des articles sélectionnés peuvent nuire à la qualité de cette étude et avoir un impact sur la validité et la fiabilité des résultats.

Dans cette revue rapide, on n'a pas impliqué de double validation des différentes étapes ou d'évaluation de la qualité des écrits. Cela peut présenter un risque de biais pour les résultats.

Finalement, deux bases de données ont été consultées et la littérature grise n'a pas été incluse dans la présente synthèse, et de ce fait certains écrits pertinents auraient pu ne pas être inclus.

2.8.4 Suggestions

Étant donné de la complexité et les variations des corrélations observées, il semble impératif de poursuivre les recherches et les investigations pour éclaircir les nuances et répondre aux questions émergentes. Certaines études précédentes, notamment celle de William B. Schroedter et al. en 2014, méritent d'être reproduites. Dans l'objectif de clarifier davantage à ce sujet, nous suggérons la réalisation des études qui ciblent la corrélation entre la congestion veineuse et le Doppler anormal de la VF chez divers types de populations. Ces études pourront se concentrer sur les mécanismes sous-jacents à ces phénomènes, en explorant divers aspects du Doppler de la VF, tels que la forme de l'onde du Doppler et la vitesse maximale et minimale. Il serait aussi pertinent de préciser les variations de ces aspects dans les différentes conditions, telles qu'au cours de la respiration, la position du patient et les coupes de mesure. Une approche multicentrique pourra fournir des résultats plus précis en incluant plusieurs types de populations, sans orientation vers un seul groupe. Nous sommes convaincus que les résultats de ces types d'études contribueront de manière significative à l'amélioration de la gestion du remplissage liquidien en postopératoires ou aux SI, et aideront à une meilleure compréhension de la relation entre la congestion veineuse et les anomalies du Doppler veineux fémoral.

2.8.5 Conclusion

Après avoir examiné la littérature existante, il est évident que l'outil de surveillance de la congestion veineuse suscite un grand intérêt. Les résultats indiquent que cet outil peut être aussi intéressant et peut potentiellement fournir des informations aussi pertinentes que la mesure de

la pression de l'oreillette droite. Cependant, pour mieux comprendre la corrélation entre la congestion veineuse, la pathologie cardiaque et l'anomalie du Doppler veineux, des études portant sur les valeurs de la vitesse du flux veineux, de l'IP, de la forme et de la morphologie de l'onde de Doppler veineux sont nécessaires.

Le Doppler de la VF est un examen non invasif, facilement réalisable et rapidement accessible, ce qui le rend plus intéressant que le cathéter veineux central pour la détection de la congestion veineuse et la gestion des fluides aux soins intensifs. De plus, il est possible que le Doppler de la VF puisse également prédire certaines conséquences de la congestion veineuse, telles que le délirium congestif. Toutefois, il est impératif de mener des études dans le futur pour confirmer ces hypothèses et pour mieux comprendre les mécanismes sous-jacents.

En somme, l'utilisation du Doppler de la VF dans la surveillance de la congestion veineuse présente un potentiel important pour améliorer la prise en charge des patients présentant de la congestion veineuse. Les résultats des études futures permettront d'approfondir notre compréhension de cet outil et de mieux cibler son utilisation clinique.

2.9 DIVULGATIONS

Nom : Ali Hammoud, infirmier clinicien.

Contribution : Cet auteur a contribué à la conception et au design de l'étude, à l'acquisition, à l'analyse et à l'interprétation des données, ainsi qu'à la rédaction et à la révision critique du manuscrit pour des éléments intellectuels importants, et a donné son approbation finale de la version à publier.

Conflits d'intérêts : Aucun.

Nom : Tanya Maillot, inf. PhD.

Contribution : Cet auteur a contribué à la conception et au design de l'étude, à la révision critique du manuscrit pour des éléments intellectuels importants, à l'interprétation des données, à la supervision de l'étude et à la révision critique du manuscrit pour des éléments intellectuels importants, et a donné son approbation finale de la version à publier.

Conflits d'intérêts : Aucun.

Nom : Karel Huard, MD.

Contribution : Cet auteur a contribué à la révision du manuscrit en apportant des éléments intellectuels importants et a donné son approbation finale de la version à publier.

Conflits d'intérêts : Aucun.

Nom : Stéphanie Jarry, inf. MS

Contribution : Cet auteur a contribué à la révision du manuscrit en apportant des éléments intellectuels importants et a donné son approbation finale de la version à publier.

Conflits d'intérêts : Aucun.

Nom : William Beaubien-Souligny, MD, PhD.

Contribution : Cet auteur a contribué à la révision du manuscrit en apportant des éléments intellectuels importants et a donné son approbation finale de la version à publier.

Conflits d'intérêts : Aucun.

Nom : Etienne Couture, MD

Contribution : Cet auteur a contribué à la révision du manuscrit en apportant des éléments intellectuels importants et a donné son approbation finale de la version à publier.

Conflits d'intérêts : Aucun.

Nom : André Y. Denault, MD, PhD.

Contribution : Cet auteur a contribué à la conception et au design de l'étude, à la révision critique du manuscrit pour des éléments intellectuels importants, à l'interprétation des données, à la supervision de l'étude, et a donné son approbation finale de la version à publier.

Conflicts d'intérêts : Le Dr Denault est conférencier pour CAE *Healthcare*, Masimo et *Edwards*, et a reçu une subvention de recherche d'*Edwards*.

Chapitre 2

3 Article 2 - Pulsatilité de la veine fémorale et trouble cognitif chez les patients en chirurgie cardiaque : analyse secondaire de cohortes rétrospective et prospective.

Ali Hammoud, infirmier clinicien, Mélissa Parent, MD, Karel Huard, MD, Olivier Lachance, MD, Patrick Tawil, MD, Alexander Calderone, MD, Sylvie Levesque, M.Sc, Stéphanie Jarry, inf. MS, William Beaubien-Souligny, MD, PhD, Etienne Couture, MD, André Y. Denault, MD, PhD.

Après avoir exploré la littérature au travers de la synthèse de connaissances, nous concluons sur le potentiel du Doppler de la veine fémorale (VF) en contexte de congestion veineuse. Rappelons que le délirium et le sous-syndrome du délirium (SSD) postopératoire de chirurgie cardiaque sont fréquents et ont été associés à des contextes de surcharge liquidienne et de congestion veineuse.^{22,29} Le Doppler de la VF est l'une des techniques potentielles qui pourra être utilisée pour détecter la congestion veineuse, permettant d'identifier un facteur potentiellement contributif au délirium et aux troubles cognitifs.

Dans ce cadre, nous avons mené le projet de maîtrise à partir de deux cohortes de patients adultes de chirurgie cardiaque, l'une prospective et l'autre rétrospective afin d'évaluer la présence d'une association entre le délirium et le SSD ainsi que l'échographie Doppler pulsatile de la VF à la suite d'une chirurgie cardiaque. L'objectif secondaire était de décrire l'association entre les complications postopératoires et la pulsatilité de la VF. Les résultats obtenus de cette étude sont présentés dans l'article 2 ci-dessous, préparé en vue de sa publication dans le *Canadian Journal of Cardiology*. Dans le cadre de cet article, le terme « trouble cognitif » est utilisé pour faire référence au délirium et au SSD. En complément de cet article, nous proposons l'annexe (Annexe 8) qui présente un rappel sur la physiologie du délirium d'origine congestif.

3.1 ABRÉGÉ

Contexte : Les troubles cognitifs postopératoires de chirurgie cardiaque, par exemple le délirium, augmentent le risque de morbidité et mortalité et freinent le processus de réhabilitation. En chirurgie cardiaque, un lien entre les troubles cognitifs et la congestion veineuse a été observé. Par conséquent, l'évaluation et possiblement la correction de cette congestion veineuse pourraient s'avérer une avenue prometteuse pour la prévention, la détection et la gestion des troubles cognitifs. Le Doppler de la VF est une technique simple et qui permet une évaluation non invasive de la congestion veineuse. Ainsi, le but de cette étude est d'évaluer la présence d'une association entre les troubles cognitifs postopératoires de chirurgie cardiaque et le résultat échographique anormal du Doppler de la VF. L'objectif secondaire est de décrire l'association entre les complications postopératoires et la pulsatilité de la VF.

Méthode : Une analyse secondaire à partir des données de deux cohortes, l'une rétrospective et l'autre prospective. Les patients des deux cohortes pour lesquels les données de Doppler de la VF et de complication cognitive étaient disponibles ont été inclus. Le Doppler de la VF et la complication cognitive ont été mesurés à l'admission aux soins intensifs (SI) après la chirurgie. Le Doppler a été réalisé par l'équipe médicale (cohorte rétrospective) ou de recherche (cohorte prospective), qualifiée dans la mesure du Doppler de la VF. Un index de pulsatilité de la VF de $\geq 50\%$ a été considéré comme anormal. La présence de troubles cognitifs a été évaluée par les infirmières des SI avec l'échelle « intensive care delirium score checklist » (ICDSC). Un score supérieur à 1 a été retenu comme indicatif de présence de trouble cognitif. Des analyses statistiques descriptives ont permis de décrire les caractéristiques des patients en fonction de la distribution et la nature des variables. Une régression logistique a permis de tester la relation entre la pulsatilité du Doppler de la VF et les troubles cognitifs en contrôlant pour l'âge et la durée de l'utilisation des vasopresseurs à l'arrivée aux SI.

Résultats : Un total de 273 patients issus des deux cohortes a été analysé et plus de la moitié ($n=155$, 57 %) présentent un résultat anormal du Doppler fémoral (index de pulsatilité de la VF $\geq 50\%$) à l'admission aux SI. Le Doppler pulsatile anormal était statistiquement différent de la présence de troubles cognitifs (56 % dans le groupe Doppler pulsatile anormal vs 43 % dans le groupe Doppler non pulsatile normal, OR=1.73, 95%IC [1,06 ; 2,81]). Un Doppler anormal était

également statistiquement différent par rapport à l'âge (médiane, [IQR] ; 70 ans [63-76] dans le groupe anormal vs 68 ans [60-73] dans le groupe normal, $p=0.033$). Pour les complications postopératoires, le Doppler anormal était statistiquement différent par rapport à un taux plus élevé d'accident vasculaire cérébrale (AVC) (3 % vs 0 %, $p=0.049$), à une légère prolongation de la durée d'intubation (médiane, [IQR] ; 3 h [2.25-4.5] vs 2,8 h [2-4], $p=0.023$) et à une prolongation de la durée de séjour aux SI d'au moins d'une journée (médiane, [IQR] ; 47 h [23-72] dans le groupe anormal vs 28 h [22-57] dans le groupe normal, $p=0.023$).

Conclusion : Un signal Doppler pulsatile anormal de la VF est statistiquement différent à la présence de trouble cognitif et d'autres complications postopératoires de chirurgie cardiaque. La technique du Doppler fémorale est simple et rapide. Elle pourrait permettre d'anticiper les complications liées à la congestion veineuse, telles que le délirium. Des études futures multicentriques avec des échantillons plus importants seront nécessaires afin de consolider nos découvertes, d'explorer les aspects techniques de cette méthodologie échographique et de son rôle possible dans la prédiction des complications cognitives et postopératoires.

Mots clés : troubles cognitifs, congestion veineuse, Doppler VF, échographie

3.2 CONTEXTE

Les complications cognitives postopératoires de chirurgie cardiaque affectent jusqu'à 70 % des patients hospitalisés aux soins intensifs (SI).^{2,3,107,108} Parmi ces complications cognitives, le délirium et le sous-syndrome du délirium (SSD) représentent la plus grande proportion de ce type de complication. Le délirium caractérisé selon le (DSM-V) par une altération aiguë de l'attention et de l'état de conscience.¹ La personne atteinte de délirium peut aussi vivre des hallucinations, des troubles de la mémoire et de la parole et une fluctuation du cycle de sommeil. D'autre part, le SSD est une forme atténuée de délirium qui correspond à la présence de certaines altérations cognitives en période postopératoire, mais qui ne rencontre pas tous les critères de diagnostic du DSM-V.¹⁰⁹ Les troubles cognitifs à la suite de la chirurgie cardiaque compliquent le rétablissement et augmentent la durée d'hospitalisation et le risque de mortalité.⁵⁻⁷

Le délirium et le SSD résultent d'une interaction entre de multiples facteurs précipitants et prédisposants.^{13,110} Chez la clientèle de chirurgie cardiaque, les facteurs les plus communs sont l'âge avancé et la présence de comorbidité (diabète, déficit cognitif léger, sténose aortique), les médicaments sédatifs, l'intervention chirurgicale et l'hospitalisation aux soins intensifs (SI) ainsi que la douleur et la durée de ventilation mécanique.¹¹⁰⁻¹¹²

Le mécanisme de la pathogenèse du délirium et du SSD, demeure peu clair. L'explication la plus probable en postopératoire de chirurgie cardiaque est l'augmentation de l'activité inflammatoire et de la réponse immunohormonale due au stress opératoire¹⁶. Cette augmentation provoque des altérations de la microcirculation et augmente la perméabilité de la barrière hématoencéphalique, ce qui entraîne une altération de la neurotransmission et une perturbation du fonctionnement des neurones.¹⁶ En plus de cet état inflammatoire, certaines études suggèrent le rôle important de la surcharge liquidienne menant à la congestion veineuse dans le développement du délirium postopératoire de chirurgie cardiaque.^{22,29,38,113-116} L'hypothèse étant que l'œdème au niveau des structures cérébrales qui accompagne la congestion veineuse systémique puisse entraîner un dysfonctionnement cérébral par altération de la perfusion et de la microcirculation cérébrale.²³ (Schéma du rôle de la congestion dans la pathogenèse des troubles cognitifs congestifs à l'Annexe 9)

Pour évaluer le degré de la congestion veineuse systémique, le Doppler veineux est utilisé comme un des outils échographiques potentiels.^{30,117} Le Doppler de la VF est l'un de ces outils. Un signal normal du Doppler de la VF est continu. Un signal pathologique est pulsatile.^{31,33} Cet outil permet de prédire la congestion veineuse, de la détecter précocement et ainsi potentiellement de faciliter la prise en charge rapide de celle-ci afin de prévenir les complications cognitives.^{23,26-28} Certaines données supportent la présence d'une corrélation entre la congestion veineuse et un résultat échographique anormal au Doppler de la VF. Ainsi une pulsativité de la VF serait associée à la présence de congestion veineuse.³⁰⁻³³ Toutefois, il n'est pas encore démontré si ce résultat échographique de pulsativité est associé à la présence de complications cognitives. Par conséquent, le but de cette analyse était d'évaluer la présence d'une association entre les troubles cognitifs postopératoires de chirurgie cardiaque et le résultat échographique anormal du Doppler de la VF. L'objectif secondaire de l'analyse était de contraster les patients avec et sans résultat anormal au Doppler de la VF sur le plan des caractéristiques cliniques et des complications postopératoires.

3.3 MÉTHODOLOGIE

Analyse des données de deux cohortes de patients ayant subi une chirurgie cardiaque dans un centre spécialisé à Montréal. Les données de la première cohorte ont été collectées rétrospectivement entre mai 2019 et mars 2022 auprès des patients consécutifs ayant subi une chirurgie cardiaque (cohorte PACEPORT : [clinicaltrials.org identifier : NCT04092855](https://clinicaltrials.org/identifier/NCT04092855)). Les données de la deuxième cohorte ont été collectées prospectivement entre août 2021 et juin 2022 auprès des patients consécutifs ayant subi une chirurgie cardiaque (cohorte FEMOUS : [clinicaltrials.org identifier : NCT05038267](https://clinicaltrials.org/identifier/NCT05038267)). Ces deux études ont été approuvées par le comité d'éthique de l'institut de cardiologie de Montréal (2019-2527 et 2021-2963). Un consentement a été obtenu par tous les participants des deux cohortes.

3.3.1 Participants

Les deux cohortes sont formées par des patients adultes, âgés de 18 ans et plus, ayant subi une chirurgie cardiaque élective dans un centre de cardiologie ultraspécialisé et ayant une mesure échographique du Doppler de la VF. Les patients qui avaient des maladies concomitantes telles qu'une constriction péricardique, une cardiopathie congénitale, une régurgitation valvulaire

sévère, un dysfonctionnement systolique ventriculaire droit ou infarctus ventriculaire droit étaient exclus. Dans la cohorte FEMOUS (NCT05038267) ont été exclus spécifiquement les patients atteints de cirrhose du foie, les femmes enceintes, ceux ayant un ballon intra-aortique préopératoire ou ceux qui avaient les VF bilatérales non accessibles.

Dans cette analyse secondaire, nous avons retenu tous les patients des deux cohortes pour qui toutes les données de Doppler de la VF et l'évaluation de la présence d'une complication cognitive étaient disponibles. (Annexe 10)

3.3.2 Évaluation du Doppler de la VF

L'écho Doppler de la VF avait été effectué en utilisant une sonde linéaire de haute fréquence. Pour le faire, les patients étaient allongés jusqu'à 10 ° en position dorsale. Les mesures étaient réalisées sur les deux veines fémorales droite et gauche en coupe transversale (court axe) et en coupe longitudinale (long axe). La mesure en long axe se faisait avec ajustement de l'angle de mesure jusqu'à 60 °. Un signal Doppler anormal de la VF était défini comme pulsatile lorsque l'IP est $\geq 50\%$.³⁷ Le Doppler est considéré normal non pulsatile si l'IP est $< 50\%$. L'IP est calculé de la manière suivante : (vélocité maximale - vélocité minimale)/vélocité maximale, en court-axe et en long-axe, pendant le cycle cardiaque. Seulement les variations cardiaques ont été prises en compte pour le calcul de l'index, et les vitesses ont été mesurées à la fin de l'expiration en présence de modulation respiratoire (Figure 3, fichier figures article). La procédure d'examen du Doppler fémoral est expliquée en détail dans une publication antérieure.³³ (Annexe 11)

Pour les besoins de cette analyse secondaire, nous avons retenu les données échographiques du Doppler de la VF au moment de l'admission du patient aux soins intensifs suivant la chirurgie. Toutes les mesures échographiques dans les 2 projets ont été effectuées par l'équipe de recherche formée et supervisée par un médecin certifié en échographie (AD). L'analyse statistique a été effectuée sur les mesures obtenues en court axe.

3.3.3 Évaluation de la présence de complications cognitives

Dans le cadre de cette analyse secondaire, nous avons défini la présence de troubles cognitifs suivant le résultat de l'échelle de délirium. La présence de troubles cognitifs a donc été évaluée avec l'outil ICDSC qui est un instrument de détection du délirium à huit items. Un score de quatre

ou plus sur huit indique la présence d'un délirium, tandis qu'un score d'un à trois indique la présence de SSD.^{10,118} Nous avons considéré la présence de troubles cognitifs si le score égale à un ou plus. Cet outil est validé pour la clientèle de soins critiques et présente une sensibilité de 81 % et une spécificité de 87,7 % pour la détection du délirium.¹¹⁹ Dans les cohortes PACEPORT(NCT04092855) et FEMOUS(NCT05038267), le score ICDSC a été évalué d'une façon indépendante par les infirmières de soins intensifs aux moins trois fois par jour et a été noté sur la feuille d'observation des infirmières. Les infirmières n'étaient pas avisées du score de pulsatilité de la VF. Le score le plus élevé depuis l'arrivée du patient aux soins intensifs après la chirurgie jusqu'à 48 h en post opératoire a été noté. Si le score n'était pas enregistré dans la grille d'évaluation spécifique, il était considéré comme étant égal à 0, sauf si une note médicale ou infirmière mentionnait la présence des signes de délirium ou de troubles cognitifs, auquel cas il était considéré comme étant égal à 1. Les patients dont l'état cognitif ne pouvait pas être évalué, par exemple en raison d'une sédation prolongée de plus de 48 heures, ont été exclus de l'analyse finale.

3.3.4 Autres données cliniques

Les caractéristiques démographiques et cliniques des patients qui étaient collectées incluent : l'âge, le sexe, l'indice de masse corporelle (IMC), la consommation de l'alcool et du tabac, le risque préopératoire European System for Cardiac Operative Risk Evaluation (EuroSCORE II), la fonction du ventricule gauche, la fonction rénale, le diabète et la présence de maladie pulmonaire chronique.

Les caractéristiques peropératoires des patients et les complications comprenaient : le type de chirurgie (revascularisation coronaire, chirurgies valvulaires, chirurgie de l'aorte et autres types de chirurgies cardiaques), durée de la circulation extracorporelle (CEC) en heure, l'état de sevrage de la CEC, les complications postopératoires (saignement majeurs,¹²⁰ insuffisance rénale aiguë,¹²¹ durée de dialyse en jour, accident vasculaire cérébrale (AVC), la réintervention, durée de la ventilation en heure, durée des vasopresseurs en heure, durée de séjour aux soins intensifs en heure, durée d'hospitalisation totale en jour et le total de temps de dysfonction d'organe (time of persistent organ dysfunction, TPOD) en heure. (Une définition de ces variables se trouve à l'annexe 12).

L'extraction et la validation des données provenant du dossier électronique médical des patients furent validées par l'auteur et un assistant de recherche afin de s'assurer de leur cohérence avec les informations saisies dans des logiciels différents et spécifiques pour chaque projet d'étude (REDCap pour FEMOUS(NCT05038267) et Imedidata pour PACEPORT(NCT04092855)).

3.4 ANALYSES STATISTIQUES

Les statistiques descriptives des variables discrètes et catégorielles sont présentées sous forme de proportion (n) et pourcentage (%), et les variables continues sous forme de médiane et d'écart interquartiles (ou interquartile range (IQR)) ou de moyenne et écart-type.

Pour répondre à l'objectif primaire, une analyse de régression logistique a été réalisée pour nous permettre de contrôler les autres variables associées au Doppler de la VF ou aux troubles cognitifs. La variable dépendante étant la présence de troubles cognitifs et les variables indépendantes (principale et de contrôle) étant la mesure échographique de Doppler de la VF (anormal si index de pulsatilité ≥ 50 % versus normal si index de pulsatilité < 50 %), l'âge et la durée de l'utilisation des vasopresseurs à l'arrivée aux soins intensifs (SI). Le Coefficient $\exp.\beta$ représentent le changement de proportion (ratio de cotes ou Odd's ratio) lorsque le prédicteur (Doppler de la VF) augmente d'une unité.

Pour répondre à l'objectif secondaire, des tests de Khi deux (X^2) ont été réalisés, pour l'ensemble des données catégorielles. La comparaison entre les variables de chaque groupe a été réalisée avec un test t de Student pour les moyennes des variables avec distribution normale ou avec un test non paramétrique (test de Mann Whitney à deux échantillons) pour les médianes des variables à distribution anormale. Les tests statistiques utilisés sont bilatéraux avec un seuil de signification de 0,05. L'analyse statistique effectuée a été réalisée à l'aide du logiciel SPSS (IBM^R SPSS^R statistics version 27).

3.5 RÉSULTATS

Dans la cohorte PACEPORT (NCT04092855), nous avons retenu 135 patients sur 190, tandis que dans la cohorte FEMOUS (NCT05038267), nous avons retenu 138 de 150 patients recrutés pour un total de 273 patients. (Diagramme de sélection des patients à l'annexe 9). Les patients ont été

divisés en deux groupes : un groupe qui présente un Doppler pulsatile de la VF (anormal) et l'autre groupe avec un Doppler non pulsatile de la VF (normal).

Parmi les 273 patients analysés, 155 (57 %) présentaient un Doppler pulsatile de la VF comparé à 118 (43 %) ayant un Doppler non pulsatile. (Annexe 10)

Aucune différence statistique significative n'a pas été trouvée entre les deux groupes pour l'Euroscore II, le sexe, la consommation d'alcool, le tabagisme et l'IMC (Tableau 2)

De plus, aucune différence significative ne fut observée entre les groupes en relation avec la créatinine préopératoire, le diabète et la maladie pulmonaire chronique (Tableau 2).

En ce qui rapporte aux données opératoires, aucune différence significative n'a été constatée entre les groupes en ce qui concerne le type de chirurgie, la durée et le sevrage de la CEC. (Tableau 2).

En ce qui concerne, les complications postopératoires, aucune différence statistique significative n'a pas été trouvée entre les deux groupes de patients, pour les données suivantes : saignement majeur, insuffisance rénale aiguë, réintervention chirurgicale, mortalité aux soins intensifs, durée d'hospitalisation totale et durée totale de Tpod (Tableau 3).

Cependant, une différence statistique significative a été observée pour un âge plus avancé avec une médiane de 70 ans, (IQR, 63-76) dans le groupe pulsatile versus médiane de 68 ans (IQR, 60-73, $p=0.033$) ; de même, l'accident vasculaire cérébral (AVC) avec une fréquence plus élevée dans le groupe de Doppler pulsatile ($n=5$, 3 %) comparé à aucun dans le groupe de Doppler non pulsatile ($p=0.049$). Également, la durée d'intubation postopératoire était légèrement plus longue dans le groupe de Doppler pulsatile (médiane 3 heures, IQR : 2.3-4.5) par rapport au groupe de Doppler non pulsatile (médiane 2,83 heures, IQR : 2-4 $p = 0,023$) ainsi que la durée de séjour aux soins intensifs (médiane 47 heures, IQR : 23-72) versus (médiane 28 heures, IQR : 22-57, $p = 0,045$).

Les complications cognitives étaient aussi plus fréquentes dans le groupe avec Doppler pulsatile de la VF. Au total 87 patients (56 %) présentaient une complication cognitive dans les

48 premières heures en post opératoire dans le groupe avec VF pulsatile en comparaison à 51 patients (43 %) ($p=0.026$). (Tableau 4)

Les résultats de la régression logistique suggèrent qu'en contrôlant pour l'âge et la durée de l'utilisation des vasopresseurs à l'arrivée aux SI, la présence d'une association entre un signal Doppler anormal de la VF et la présence de troubles cognitifs postopératoires (OR : 1,78 ; 95 % IC : 1 – 3,14 ; $p = 0,046$). (Tableau 5)

Tableau 2 : Données sociodémographiques et caractéristiques cliniques préopératoires des patients en relation avec le Doppler de la VF pulsatile

Variables	Total (N= 273),^a	Doppler de la VF non pulsatile (Pulsatilité < 50 %), (Normal) n=118	Doppler de la VF pulsatile (Pulsatilité ≥ 50 %), (Anormal) n=155	Valeur p
Données sociodémographiques				
Âge, an, médiane (IQR)	69 (62 ; 75)	68 (60 ; 73)	70 (63 ; 76)	0,033
Sexe Homme, n (%)	208 (76)	94 (80)	114 (74)	0,240
IMC, kg/m², médiane (IQR)	28 (25 ; 32)	28 (25 ; 33)	27 (24 ; 31)	0,075
Antécédents				
Alcoolisme, oui, n (%)	29 (21)^b	15 (22)^c	14 (20)^d	0,7
Tabagique actif, oui, n (%)	19 (13,7)^b	13 (19)^c	6 (8)^d	0,062
EuroSCORE II, médiane (IQR)	1.6 (0,95 ; 2,81)	1.41 (0,83 ; 2,43)	1.73 (1,04 ; 2,95)	0,105
Fonction VG (%)				
<i>Bonne</i>	201 (73)	91 (77)	110 (71)	
<i>Moyenne</i>	57 (21)	22 (19)	35 (23)	
<i>Faible</i>	14 (5)	4 (3)	10 (6)	
<i>Sévère</i>	1 (0,4)	1 (0,8)	0 (0)	0,337
Créatinine préop, mmol/l), médiane (IQR)	83 (73 ; 96)	81 (71 ; 95)	84 (75 ; 96)	0,103
Diabète (%), oui, n (%)	88 (32)	33 (30)	55 (35)	0,188

Variables	Total (N= 273),^a	Doppler de la VF non pulsatile (Pulsatilité < 50 %), (Normal) n=118	Doppler de la VF pulsatile (Pulsatilité ≥ 50 %), (Anormal) n=155	Valeur p
Maladie pulmonaire chronique, oui, n (%)	46 (17)	20 (17)	26 (17)	0,969
Antécédent de chirurgie cardiaque, oui, n (%)	19 (7)	9 (8)	10 (6)	0,705
Données peropératoires				
Type de Chirurgie, n (%)				
Revascularisation coronarienne	132 (48)	65 (55)	67 (43)	0,141
Valvulaire	62 (23)	22 (19)	40 (26)	
Revascularisation coronarienne et valvulaire	45 (17)	15 (13)	30 (19)	
Autres types de chirurgie cardiaque	34 (12)	16 (13)	18 (12)	
Durée CEC (min) (moyenne +/- σ)	95,49 ± 46,42	94,33 ± 46,64	93,14 ± 41,74	0,832
Sevrage CEC, n (%)^f				
	N=265^e	n= 114	n= 151	
Facile	192 (72)	83 (73)	109 (72)	
Difficile	58 (22)	24 (21)	34 (23)	
Complexe	15 (6)	7 (6)	8 (5)	

Notes : les variables catégorielles sont présentées sous forme nombre et pourcentage (n %) ; les variables continues sont présentées sous forme médiane avec écart interquartile et/ou moyenne avec écart-type. La comparaison entre les groupes normal et anormal a été effectuée avec le test chi carré pour les variables catégorielles et le test de Mann Whitney ou test t de Student pour les variables continues, selon les cas.

Abréviations : CEC, circulation extracorporelle ; σ = écart-type ; IMC, indice de masse corporelle ; IQR= interquartile range= écart interquartile ; VG, ventricule gauche [fonction VG : Bonne (fraction d'éjection du VG (FEVG) > 50 %), Moyenne (FEVG =31% - 50%), Faible (FEVG=21% - 30%), Sévère (FEVG < 20%)]. The European System for Cardiac Operative Risk Evaluation (EuroSCORE II) online calculator (<http://www.euroscore.org/calc.html>).

^a représente le nombre des cas dont le Doppler a été fait du total des patients recruté (n=303). Pour le reste, le Doppler n'a pas été fait pour des raisons divers (instabilité hémodynamique du patient à l'arrivée aux soins intensifs, site d'examen à l'aine non accessible en raison de la présence de plaie chirurgicale, etc.) ;

^b n= 138, ^c n=67, ^d n=71 (n=138, représente le nombre total mesurés pour cette variable dans la cohorte Femous, sachant que cette variable n'a pas été considéré dans la cohorte paceport). ^e N=nombre des cas avec CEC, les 8 cas sans CEC sont exclu de la variable (sevrage de CEC)

^f définition des variables dans l'annexe 12.

Tableau 3 : Résultats échographiques du Doppler de la VF et les complications postopératoires

Variables	Total 273)	(N= Doppler de la VF non pulsatile (Pulsatilité < 50 %), (Normal) n=118	Doppler de la VF pulsatile (Pulsatilité ≥ 50 %) (Anormal) n=155	Valeur p
Complications post op (%)				
<i>Saignement majeur^a, oui, n (%)</i>	9 (3)	3 (3)	6 (4)	0.542
<i>Insuffisance rénale aiguë (IRA)^b, n(%)</i>				
<i>Absence</i>	207 (76)	92 (78)	115 (74)	0.129
<i>Stade1</i>	48 (18)	18 (15)	30 (19)	
<i>Stade2</i>	9 (3)	2 (2)	7 (5)	
<i>Stade3</i>	8 (3)	6 (5)	3 (2)	
<i>AVC^c, oui, n (%)</i>	5 (1.8)	0 (0)	5 (3)	0.049
<i>Réintervention chirurgicale, oui, n (%)</i>	11 (4)	5 (4)	6 (4)	0.879
<i>Mortalité aux soins intensifs, n (%)</i>	2 (0.7)	0 (0)	2 (1)	0.216
<i>Durée d'intubation post- op, H, médiane (IQR)</i>	3 (2 ; 4.46)	2.83 (2 ; 4)	3 (2.3 ; 4.5)	0.023
<i>Durée de vasopresseurs post-op, H, médiane (IQR)</i>	11 (1 ; 33.5)	9 (1 ; 29)	9 (2 ; 33)	0.45
<i>Durée de séjour au soins intensifs, H, médiane (IQR)</i>	45 (23 ; 72)	28 (22 ; 56.75)	47 (23 ; 72)	0.045
<i>Durée d'hospitalisation total, jour, médiane (IQR)</i>	6 (5 ; 7)	6 (5 ; 7)	6 (5 ; 7)	0.550
<i>Total TPOD, H, médiane (IQR)</i>	11 (3 ; 32)	8 (3 ; 22)	10 (3 ; 34)	0.205

Abréviations : AVC, accident vasculaire cérébral ; CEC= circulation extracorporelle ; H=heure ; IQR= interquartile range (écart interquartile) ; IRA= Insuffisance rénale aiguë ; TPOD= time of persistent organ dysfunction ;

^{a, b et c} définition de ces variables dans l'annexe 12.

Tableau 4 : Répartition des patients selon les données échographiques (descriptive et proportion) et les troubles cognitifs

	Total N=271^a	Doppler de la VF non pulsatile (Pulsatilité < 50 %) (Normal) n=118	Doppler de la VF pulsatile (Pulsatilité ≥ 50 %) (Anormal) n=153	Valeur p
Trouble cognitif, Oui, n (%)	138 (51 %)	51 (43 %)	87 (56 %)	0.026

Abréviation : VF, veine fémorale.

^aN=271 du total de 273 Doppler de la VF effectué, en raison qu'on n'a pas de données d'ICDSC pour les deux patients décédés.

Tableau 5 : Modèle de régression logistique

Paramètres	B ±ES	Valeur p	Exp B (OR)	IC 95 %
Age	0.041 ± 0.015	.004	1.047	1.013-1.072
Durée des vasopresseurs	0.013 ± 0.006	0.026	1.013	1.002-1.025
Doppler de la VF pulsatile ≥ 50 %	0.576 ± 0.289	0.046	1.779	1.009-3.136

Variabiles utilisées dans le modèle : la présence de complication cognitive est la variable dépendante de l'équation. Le Doppler de la VF pulsatile ≥ 50 % représente la variable prédicteur indépendante principale. Les autres covariables de contrôle sont : Age et la durée de l'utilisation des vasopresseurs à l'arrivée aux SI.

Abréviations : IC, intervalle de confiance ; Exp B, exponentielle B ; OR, odd's ratio ; SI, soins intensifs ; VF, veine fémorale.

3.6 DISCUSSION

Cette étude de cohorte rétrospective et prospective démontre pour la première fois une association entre le Doppler anormal de la VF et les complications cognitives et post-opératoires. Ce lien supporte les études antérieures qui ont observé également une association avec d'autres mesures de congestion veineuse au niveau de la veine portal et rénal. Toutefois le principal avantage de la mesure du Doppler veineux fémoral est la simplicité de l'obtention de la mesure et son taux de succès qui est très élevé.

Nous avons observé que les patients qui présentent un résultat échographique du Doppler de la VF pulsatile sont plus âgés, ont plus fréquemment des AVC après la chirurgie cardiaque et présentent une durée d'intubation et de séjour aux SI plus prolongée en comparaison aux

patients qui présentent une échographique Doppler de la VF non pulsatile. En effet, lorsque l'on considère l'âge et l'utilisation des vasopresseurs, l'analyse de la régression a montré une association statistiquement significative entre la pulsativité de la VF $\geq 50\%$ et la présence de troubles cognitifs. Cela suggère que le degré de congestion veineuse secondaire à une élévation anormale des pressions de l'oreillette droite conduisant à un signal Doppler de la VF anormal, constitue un facteur additionnel associé aux complications cognitives postopératoires de chirurgie cardiaque. Ce mécanisme de congestion veineuse périphérique et par conséquent, cérébral, est supporté par une littérature grandissante sur l'altération de la barrière hémato-encéphalique observée en présence d'hypertension veineuse cérébrale^{25,116} dont la physiopathologie est résumée en annexe (annexe 8). Nos résultats sont aussi cohérents avec d'autres études réalisées auprès de patients subissant une chirurgie cardiaque et qui soulignent l'association entre la congestion veineuse, la surcharge liquidienne et le risque de délirium et des troubles cognitifs.^{22,122-126} Cette étude est la première à mettre en évidence la relation entre la pulsativité anormale du Doppler de la VF et sa relation avec la présence de complications cognitives postopératoires.

L'association entre le Doppler anormal pulsatile de la VF et la dysfonction ventriculaire droite (DVD) est bien documentée dans la littérature.^{33,88} La DVD se caractérise par la congestion veineuse systémique et si elle est sévère, par une dysfonction d'organes tel que décrite récemment par Jarry et al. ou une dysfonction droite aigüe était associée à une désaturation cérébrale mais aussi au ralentissement des activités électriques tel que mesuré par l'électroencéphalogramme.^{18,127} Cette congestion veineuse peut entraîner, par plusieurs mécanismes neuro inflammatoires, des troubles neuro cognitifs.^{25,128} De plus, la DVD est associée à des complications telles que l'augmentation de la mortalité et de la durée d'hospitalisation.^{129,130} Dans ce contexte, il n'est pas surprenant de constater une association entre le Doppler pulsatile de la VF, une durée de séjour aux soins plus prolongée et la présence des troubles cognitifs.

Cette étude présente un certain nombre de limitations.

Premièrement, nos observations sont les résultats d'un objectif secondaire des études Paceport(NCT04092855) et Femous(NCT05038267). Par conséquent le nombre de patients était

prédéterminé sur les objectifs primaires de ces 2 études. Une analyse de puissance aurait toutefois été difficile à réaliser en raison de l'absence de données sur ce sujet en chirurgie cardiaque. Cette étude sert en quelque sorte d'étape préliminaire ou étude pilote afin de préparer une étude plus importante qu'elle soit monocentrique ou multicentrique, avec une puissance statistique suffisante.

De plus, l'échographie Doppler de la VF a été réalisé dans cette étude en deux coupes, à la fois en coupe transversale (court axe) et en coupe longitudinale (long axe), pour les veines fémorales droite et gauche selon la disponibilité. Les mesures du Doppler de la VF droite en coupe transversale ont été privilégiées pour plusieurs raisons. Tout d'abord, les mesures en transversale étaient plus reproductibles. De plus, le ratio de vélocité était similaire dans les deux coupes de mesure. En outre, les mesures prises dans cette coupe ne nécessitaient pas d'ajustement de l'angle de mesure. Enfin, la VF droite était plus accessible après la chirurgie (présence d'un pansement de plaie ou de canule artérielle au niveau du site de la VF gauche).

En ce qui concerne la détection des troubles cognitifs, des tests spécialisés de détection des anomalies cognitives n'ont pas été effectués. Nous nous sommes basés sur les valeurs de l'ICDSC qui est utilisé pour le dépistage du délirium. L'évaluation a été réalisée par les infirmières de l'unité des SI, d'une façon indépendante et de sorte qu'elles n'avaient pas connaissance des résultats de l'échographie Doppler de la VF. Ainsi, l'évaluation a été faite pendant 48 h alors que le risque de troubles cognitifs peut survenir jusqu'à 7 jours après la chirurgie. La décision de scorer l'ICDSC comme positif ou négatif plutôt que de conserver le score réel a été prise pour simplifier l'évaluation en raison de considérations pratiques. Garder le score réel aurait rendu le diagnostic du Délirium et du SSD plus complexe, étant donné que la définition des troubles cognitifs reste plus large.

Idéalement, afin de valider notre hypothèse selon laquelle le Doppler de la VF anormal est associé à un délirium congestif, des mesures cérébrales de congestion veineuse cérébrale ou de biomarqueurs cérébraux auraient été nécessaires. Par exemple, le S100B serait influencé par toute perturbation de la barrière hématoencéphalique en cas de surcharge liquidienne.²⁴ Au cours de la dernière année, des travaux ont démontré la possibilité de quantifier le degré de

congestion veineuse à l'aide de la seconde génération d'oxymètres cérébraux. (NIRS, O3[®] Masimo, Irvine USA). Cet oxymètre permet de détecter les variations en oxygénation cérébrale en mesurant les changements d'oxyhémoglobine (DO₂Hb), de désoxyhémoglobines (DHHb) et le changement d'hémoglobine totale (DcHb). Nous avons observé en salle d'opération des désaturations cérébrales associées à de la DVD, ainsi qu'une augmentation de la HHb et cHb suivi d'un ralentissement électroencéphalographique.¹²⁷ Toutefois, ces outils et les résultats de cette étude n'étaient pas encore disponibles lors de la mise en place de nos protocoles. L'impact de ces mesures aux soins intensifs reste à déterminer. De plus, il est essentiel d'inclure des éléments tels que la durée de la chirurgie et les agents anesthésiants et analgésiques utilisés en salle d'opération en tant que facteurs de risque pour les troubles cognitifs dans toute étude future. Cela permettra d'éviter toute confusion avec les autres facteurs de risque de troubles cognitifs. Finalement, des travaux supplémentaires seront nécessaires pour démontrer si la normalisation du signal Doppler anormal de la VF peut réduire l'incidence et la durée du délirium ou des troubles cognitifs après la chirurgie cardiaque.

3.6.1 Conclusion

Une association entre le Doppler pulsatile anormal de la VF et les troubles cognitifs post chirurgie cardiaque a été observée. La technique du Doppler fémoral est simple et rapide. Elle pourrait permettre d'anticiper les complications liées à la congestion veineuse, telles que le délirium. Des études futures multicentriques avec des échantillons plus importants seront nécessaires afin de consolider nos découvertes, d'explorer les aspects techniques de cette méthodologie échographique et de son rôle possible dans la prédiction des complications cognitives et post-opératoires.

3.7 DIVULGATIONS

Nom : Ali Hammoud, infirmier clinicien.

Contribution : Cet auteur a contribué à la conception et au design de l'étude, à l'acquisition, à l'analyse et à l'interprétation des données, ainsi qu'à la rédaction et à la révision critique du manuscrit pour des éléments intellectuels importants, et a donné son approbation finale de la version à publier.

Conflits d'intérêts : Aucun.

Nom : Mélissa Parent, MD.

Contribution : Cet auteur a contribué à la révision du manuscrit en apportant des éléments intellectuels importants et a donné son approbation finale de la version à publier.

Conflits d'intérêts : Aucun.

Nom : Karel Huard, MD.

Contribution : Cet auteur a contribué à la révision du manuscrit en apportant des éléments intellectuels importants et a donné son approbation finale de la version à publier.

Conflits d'intérêts : Aucun.

Nom : Olivier Lachance, MD.

Contribution : Cet auteur a contribué à la révision du manuscrit en apportant des éléments intellectuels importants et a donné son approbation finale de la version à publier.

Conflits d'intérêts : Aucun.

Nom : Patrick Tawil, MD.

Contribution : Cet auteur a contribué à la révision du manuscrit en apportant des éléments intellectuels importants et a donné son approbation finale de la version à publier.

Conflits d'intérêts : Aucun.

Nom : Alexander Calderone, MD.

Contribution : Cet auteur a contribué à la révision du manuscrit en apportant des éléments intellectuels importants et a donné son approbation finale de la version à publier.

Conflits d'intérêts : Aucun.

Nom : Sylvie Levesque, M.Sc

Contribution : Cet auteur a contribué à la révision du manuscrit en apportant des éléments intellectuels importants et a donné son approbation finale de la version à publier.

Conflits d'intérêts : Aucun.

Nom : Stéphanie Jarry, inf. MS

Contribution : Cet auteur a contribué à la révision du manuscrit en apportant des éléments intellectuels importants et a donné son approbation finale de la version à publier.

Conflits d'intérêts : Aucun.

Nom : William Beaubien-Souligny, MD, PhD.

Contribution : Cet auteur a contribué à la révision du manuscrit en apportant des éléments intellectuels importants et a donné son approbation finale de la version à publier.

Conflits d'intérêts : Aucun.

Nom : Etienne Couture, MD

Contribution : Cet auteur a contribué à la révision du manuscrit en apportant des éléments intellectuels importants et a donné son approbation finale de la version à publier.

Conflits d'intérêts : Aucun.

Nom : André Y. Denault, MD, PhD.

Contribution : Cet auteur a contribué à la conception et au design de l'étude, à la révision critique du manuscrit pour des éléments intellectuels importants, à l'interprétation des données, à la supervision de l'étude, et a donné son approbation finale de la version à publier.

Conflits d'intérêts : Le Dr Denault est conférencier pour *CAE Healthcare, Masimo* et *Edwards*, et a reçu une subvention de recherche *d'Edwards*.

Chapitre 3

4 Discussion

L'objectif principal de ce mémoire était de déterminer l'existence d'une association entre le Doppler anormal pulsatile de la VF, la congestion veineuse et les troubles cognitifs de délirium et de SSD. Les résultats de la revue rapide et de l'étude d'analyse secondaire apportent des éclairages importants sur cette relation et offrent des points de vue intéressants pour la compréhension et la prise en charge des patients en période postopératoire.

Pour répondre à tous les objectifs de notre mémoire, nous avons suivi deux étapes. Tout d'abord, une recherche dans la littérature a été menée dans le but d'explorer les écrits à ce sujet. Ensuite, une analyse secondaire des résultats a été effectuée à partir des deux études antérieures, l'une rétrospective et l'autre prospective.

Dans la revue de la littérature, notre recherche s'est concentrée principalement sur les caractéristiques échographiques du Doppler de la VF et les liens décrits par les auteurs des études trouvées avec la congestion veineuse. Nous sommes penchés également sur les caractéristiques méthodologiques des études telles que les types d'études (primaires ou secondaires, prospective ou rétrospective), la population étudiée, le contexte du patient, l'échantillon, etc. De plus, les critères utilisés par les auteurs pour diagnostiquer la congestion veineuse ont été analysés soigneusement ainsi que les méthodes utilisées dans les études pour effectuer les mesures échographiques de la VF.

Cette exploration nous a permis de constater deux hypothèses différentes :

L'une soutient l'association entre le Doppler anormal de la VF et les pathologies cardiaques ainsi que les congestions veineuses, tandis que l'autre attribue les anomalies du Doppler fémoral à l'hémodynamie du système veineux. Toutes ces études ont été critiquées pour diverses raisons.

Malgré ces controverses, l'utilisation du Doppler de la VF dans la surveillance de la congestion veineuse semble prometteuse.

Dans notre analyse secondaire, afin d'évaluer la présence d'une association entre les troubles cognitifs postopératoires de chirurgie cardiaque et le résultat échographique anormal du Doppler de la VF, nous avons comparé entre deux groupes de patients issus des deux études antérieures, l'une rétrospective et l'autre prospective pour un total de 273 patients. Un groupe de patients présentait un Doppler de la VF pulsatile, tandis que l'autre groupe avait un Doppler de la VF non pulsatile. Nous avons évalué aussi la présence d'une association entre le Doppler fémoral anormal et les différentes caractéristiques cliniques des patients ainsi que les complications postopératoires.

Nous avons constaté que les patients avec un Doppler pulsatile étaient plus âgés, présentaient plus de risque d'AVC, avaient une durée de séjour plus longue aux SI, et surtout, ils étaient plus susceptibles de développer des troubles cognitifs que les patients du groupe à VF non pulsatile (56 % versus 43 %, $p=0.026$).

Bien que nos études aient révélé des différences statistiques intéressantes entre les troubles cognitifs et le Doppler de la VF anormal, elles présentent certaines limitations.

Premièrement, pour la synthèse des connaissances, plusieurs limitations ont été identifiées, et qui sont susceptibles d'influencer la portée de nos résultats. Tout d'abord, il convient de noter que seulement deux bases de données ont été consultées pour rassembler les articles pertinents. Par conséquent, les sources de littérature grise ainsi que d'autres ressources d'études potentielles n'ont pas été vérifiées, ce qui pourrait avoir pour conséquence de manquer des études pertinentes. Cette lacune dans notre approche pourrait potentiellement affecter l'exhaustivité de nos résultats et atténuer la robustesse de nos conclusions. Un autre point à considérer est le manque de double vérification des données dans cette revue rapide. L'absence d'un deuxième évaluateur pour confirmer le choix d'études, objectifs, interprétations des résultats, etc., laisse place à la possibilité des biais liés à des différences d'opinions. Par ailleurs, les tailles d'échantillon varient considérablement d'une étude à l'autre, allant de 12 participants dans une étude à 331 participants dans une autre. Cette divergence impacte directement les

résultats statistiques et les rend moins généralisables. Un élément essentiel à prendre en compte aussi est la diversité des méthodologies employées dans le diagnostic de la congestion veineuse. Dans certaines études, ils se sont basés sur des signes cliniques et d'autres radiologiques. Cette différence peut introduire de l'incertitude quant à la précision du diagnostic. Un autre facteur important réside dans les caractéristiques échographiques variables liées à la définition de la pulsatilité du Doppler de la VF, ce qui peut compliquer grandement la comparaison entre les différentes études. Enfin, la variabilité entre les échantillons qui englobent à la fois des patients hospitalisés et des volontaires sains induit une hétérogénéité importante dans la population étudiée, ce qui peut limiter la généralisation des conclusions obtenues.

En ce qui concerne les limitations de l'étude de l'analyse secondaire, il est important de noter que notre analyse secondaire découle d'une étude qui est initialement conçue pour répondre aux critères d'un autre objectif principal, et le protocole de cette étude est basé sur cet objectif, ce qui signifie que les données pertinentes pour évaluer l'existence d'une association entre les troubles cognitifs et le Doppler fémoral n'ont pas été recueillies d'une manière spécifique. Ensuite, les troubles cognitifs ont été évalués à l'aide de l'outil ICDSC. Cet outil permet normalement de dépister, et non pas diagnostiquer, le délirium, lorsque le score est supérieur ou égale à 4. Le choix de cet outil pourrait donc ne pas être valide, car il pourrait ne pas être suffisamment sensible ou spécifique pour capturer tous les aspects des troubles cognitifs, et d'autres évaluations plus complètes auraient pu être nécessaires. De plus, bien que le Doppler de la VF puisse donner des informations importantes sur la congestion veineuse, il ne peut pas fournir une image complète des mécanismes sous-jacents de la congestion veineuse cérébrale ou des complications cognitives. Il aurait été nécessaire d'associer à ce type d'études, par exemple un dosage des biomarqueurs cérébraux tel que le dosage de S100B qui serait influencé par toute perturbation de la barrière hématoencéphalique en cas de surcharge liquidienne²⁴. Un autre point à signaler est que nous avons réalisé l'étude dans un centre spécialisé avec un groupe de population particulier en cardiologie. Des études multicentriques sont nécessaires pour rendre les résultats plus généralisables. Enfin, la sélection des patients en fonction de la disponibilité des données d'échographie de Doppler de la VF et de l'évaluation des troubles

cognitifs. Cette méthodologie pourrait introduire un biais de sélection, surtout si les patients inclus étaient différents de ceux qui ont été exclus.

À la lumière de ces données, nous recommandons de poursuivre les recherches dans ce domaine afin de valider son utilité, ce qui permettrait d'intégrer l'échographie Doppler de la VF dans les protocoles de suivi postopératoire de chirurgie cardiaque. Étant donné que cette population de patient présente un risque accru de congestion veineuse et de troubles cognitifs. Cela peut aider à détecter précocement toute anomalie de l'échographie Doppler veineux et permet à identifier les patients à risque de complications. De plus, nous suggérons de poursuivre la formation du personnel médical et infirmier à l'utilisation correcte de l'échographie Doppler de la VF. Cette formation garantit des résultats précis et fiable. En outre, l'évaluation, cas par cas, permet de personnaliser les soins. L'interprétation des résultats de l'échographie en fonction de l'état de chaque patient en tenant compte de tous les facteurs de risque cliniques contribuant aux troubles cognitifs autres que la congestion. Cela permettra d'individualiser la gestion des complications postopératoires.

En ce qui concerne les perspectives de recherche, plusieurs recommandations peuvent être mentionnées. Premièrement, afin d'obtenir des résultats diversifiés et généralisables concernant l'association entre le Doppler fémoral et les troubles cognitifs, il serait pertinent d'effectuer une étude prospective impliquant plusieurs centres et milieux cliniques. Cela permettra de renforcer les conclusions en utilisant un échantillon plus vaste et plus varié. Deuxièmement, un suivi longitudinal à long terme pourrait être envisagé. Ce type d'étude permettra de suivre l'évolution des caractéristiques échographiques de la VF et leur relation avec la congestion veineuse au fil du temps. Enfin, une exploration de la corrélation entre les biomarqueurs qui sont affecté par la congestion cérébrale, telles que le S100B et le N-Acetyl-L-Cystéine^{24,116} pourrait être nécessaire. Cette approche pourrait fournir des informations complémentaires sur les mécanismes sous-jacents et aider à mieux comprendre la relation entre le Doppler de la VF, la congestion veineuse et les troubles cognitifs.

4.1.1 Conclusion

Nos études présentées dans ce mémoire convergent vers l'idée que la pulsativité du Doppler de la VF pourrait être un indicateur intéressant de complications postopératoires et de pathologies cardiaques, notamment les troubles cognitifs et le délirium congestif. Cette approche permettra une prise en charge basée sur les causes du délirium plutôt que sur les symptômes. En effet, cela ouvre la voie à une méthode de soins plus causale dans le traitement du délirium. Cependant, il est important de reconnaître les limites de chaque étude, notamment les controverses et les résultats contradictoires qui subsistent dans ce domaine. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour confirmer ces observations et pour mieux comprendre les mécanismes sous-jacents à ces associations. Le projet de recherche en cours, l'étude FEMOUS(NCT05038267), devrait apporter de nouvelles perspectives sur cette relation complexe et guider les futures approches de prévention et de gestion des complications postopératoires.

Enfin, il reste encore à réaliser des études plus approfondies à l'avenir afin d'explorer davantage cette technique.

Références bibliographiques

1. Wilson JE, Mart MF, Cunningham C, et al. Delirium. *Nat Rev Dis Primers*. Nov 12 2020;6(1):90. doi:10.1038/s41572-020-00223-4
2. Janjua MS, Spurling BC, Arthur ME. Postoperative Delirium. *StatPearls*. StatPearls Publishing Copyright © 2022, StatPearls Publishing LLC.; 2022.
3. Jin Z, Hu J, Ma D. Postoperative delirium: perioperative assessment, risk reduction, and management. *British Journal of Anaesthesia*. 2020;125(4):492-504. doi:10.1016/j.bja.2020.06.063
4. Silverstein Jeffrey H, Timberger M, Reich David L, Uysal S, Warltier David C. Central Nervous System Dysfunction after Noncardiac Surgery and Anesthesia in the Elderly. *Anesthesiology*. 2007;106(3):622-628. doi:10.1097/00000542-200703000-00026
5. Grover S, Avasthi A. Clinical Practice Guidelines for Management of Delirium in Elderly. *Indian J Psychiatry*. Feb 2018;60(Suppl 3):S329-s340. doi:10.4103/0019-5545.224473
6. Mailhot T, Cossette S, Maheu-Cadotte M-A, Fontaine G, Denault AY. Subsyndromal Delirium in Cardiac Surgery Patients: Risk Factors and Outcomes of the Different Trajectories. *Journal of Cardiovascular Nursing*. 2022;37(1):41-49. doi:10.1097/jcn.0000000000000793
7. Herling SF, Greve IE, Vasilevskis EE, et al. Interventions for preventing intensive care unit delirium in adults. *Cochrane Database Syst Rev*. Nov 23 2018;11(11):Cd009783. doi:10.1002/14651858.CD009783.pub2
8. Thom RP, Levy-Carrick NC, Bui M, Silbersweig D. Delirium. *American Journal of Psychiatry*. 2019;176(10):785-793. doi:10.1176/appi.ajp.2018.18070893

9. Ouimet S, Riker R, Bergeon N, Cossette M, Kavanagh B, Skrobik Y. Subsyndromal delirium in the ICU: evidence for a disease spectrum. *Intensive Care Medicine*. 2007;33(6):1007-1013. doi:10.1007/s00134-007-0618-y
10. Serafim RB, Soares M, Bozza FA, et al. Outcomes of subsyndromal delirium in ICU: a systematic review and meta-analysis. *Critical Care*. 2017;21(1)doi:10.1186/s13054-017-1765-3
11. Gusmao-Flores D, Salluh JIF, Chalhub R, Quarantini LC. The confusion assessment method for the intensive care unit (CAM-ICU) and intensive care delirium screening checklist (ICDSC) for the diagnosis of delirium: a systematic review and meta-analysis of clinical studies. *Critical Care*. 2012;16(4):R115. doi:10.1186/cc11407
12. Plaschke K, von Haken R, Scholz M, Engelhardt R, Brobeil A, Martin E, Weigand MA. Comparison of the confusion assessment method for the intensive care unit (CAM-ICU) with the Intensive Care Delirium Screening Checklist (ICDSC) for delirium in critical care patients gives high agreement rate(s). *Intensive Care Med*. Mar 2008;34(3):431-6. doi:10.1007/s00134-007-0920-8
13. Cerejeira J, Firmino H, Vaz-Serra A, Mukaetova-Ladinska EB. The neuroinflammatory hypothesis of delirium. *Acta Neuropathologica*. 2010;119(6):737-754. doi:10.1007/s00401-010-0674-1
14. Koster S, Hensens AG, Schuurmans MJ, van der Palen J. Risk Factors of Delirium after Cardiac Surgery: A Systematic Review. *European Journal of Cardiovascular Nursing*. 2011;10(4):197-204. doi:10.1016/j.ejcnurse.2010.09.001
15. Rudolph JL, Ramlawi B, Kuchel GA, et al. Chemokines are associated with delirium after cardiac surgery. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. Feb 2008;63(2):184-9. doi:10.1093/gerona/63.2.184
16. Cascella M, Muzio MR, Bimonte S, Cuomo A, Jakobsson JG. Postoperative delirium and postoperative cognitive dysfunction: updates in pathophysiology, potential translational approaches to clinical practice and further research perspectives. *Minerva anesthesiologica*. 2017;84(2):246-260.

17. Miller WL. Fluid Volume Overload and Congestion in Heart Failure. *Circulation: Heart Failure*. 2016;9(8):e002922. doi:10.1161/circheartfailure.115.002922
18. Arrigo M, Huber LC, Winnik S, et al. Right Ventricular Failure: Pathophysiology, Diagnosis and Treatment. *Card Fail Rev*. Nov 2019;5(3):140-146. doi:10.15420/cfr.2019.15.2
19. Parente D, Luís C, Veiga D, Silva H, Abelha F. Congestive heart failure as a determinant of postoperative delirium. *Revista Portuguesa de Cardiologia*. 2013/09/01/ 2013;32(9):665-671. doi:<https://doi.org/10.1016/j.repc.2012.12.020>
20. Kotlinska-Hasiec E, Czajkowski M, Rzecki Z, Stadnik A, Olszewski K, Rybojad B, Dabrowski W. Disturbance in Venous Outflow From the Cerebral Circulation Intensifies the Release of Blood-Brain Barrier Injury Biomarkers in Patients Undergoing Cardiac Surgery. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2014/04/01/ 2014;28(2):328-335. doi:<https://doi.org/10.1053/j.jvca.2013.05.008>
21. Ouchi A, Sakuramoto H, Hoshino H, et al. Association between fluid overload and delirium/coma in mechanically ventilated patients. *Acute Med Surg*. 2020;7(1):e508-e508. doi:10.1002/ams2.508
22. Mailhot T, Cossette S, Lambert J, et al. Delirium After Cardiac Surgery and Cumulative Fluid Balance: A Case-Control Cohort Study. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2019/01/01/ 2019;33(1):93-101. doi:<https://doi.org/10.1053/j.jvca.2018.07.012>
23. Beaubien-Souligny W, Bouchard J, Desjardins G, Lamarche Y, Liskowski M, Robillard P, Denault A. Extracardiac Signs of Fluid Overload in the Critically Ill Cardiac Patient: A Focused Evaluation Using Bedside Ultrasound. *Canadian Journal of Cardiology*. 2017;33(1):88-100. doi:10.1016/j.cjca.2016.08.012
24. Nguyen DN, Huyghens L, Parra J, Schiettecatte J, Smits J, Vincent JL. Hypotension and a positive fluid balance are associated with delirium in patients with shock. *PLoS One*. 2018;13(8):e0200495. doi:10.1371/journal.pone.0200495

25. Fulop GA, Ahire C, Csipo T, et al. Cerebral venous congestion promotes blood-brain barrier disruption and neuroinflammation, impairing cognitive function in mice. *GeroScience*. 2019;41(5):575-589. doi:10.1007/s11357-019-00110-1
26. Boorsma EM, Ter Maaten JM, Damman K, et al. Congestion in heart failure: a contemporary look at physiology, diagnosis and treatment. *Nature Reviews Cardiology*. 2020;17(10):641-655. doi:10.1038/s41569-020-0379-7
27. Eljaiek R, Cavayas YA, Rodrigue E, et al. High postoperative portal venous flow pulsatility indicates right ventricular dysfunction and predicts complications in cardiac surgery patients. *British Journal of Anaesthesia*. 2019;122(2):206-214. doi:10.1016/j.bja.2018.09.028
28. Beaubien-Souligny W, Rola P, Haycock K, Bouchard J, Lamarche Y, Spiegel R, Denault AY. Quantifying systemic congestion with Point-Of-Care ultrasound: development of the venous excess ultrasound grading system. *The ultrasound journal*. Apr 9 2020;12(1):16. doi:10.1186/s13089-020-00163-w
29. Benkreira A, Beaubien-Souligny W, Mailhot T, et al. Portal Hypertension Is Associated With Congestive Encephalopathy and Delirium After Cardiac Surgery. *Can J Cardiol*. Sep 2019;35(9):1134-1141. doi:10.1016/j.cjca.2019.04.006
30. Deschamps J, Denault A, Galarza L, et al. Venous Doppler to Assess Congestion: A Comprehensive Review of Current Evidence and Nomenclature. *Ultrasound in Medicine & Biology*. 2023/01/01/ 2023;49(1):3-17. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2022.07.011>
31. Bhardwaj V, Rola P, Denault A, Vikneswaran G, Spiegel R. Femoral vein pulsatility: a simple tool for venous congestion assessment. *The ultrasound journal*. 2023;15(1)doi:10.1186/s13089-023-00321-w
32. Croquette M, Puyade M, Montani D, et al. Diagnostic Performance of Pulsed Doppler Ultrasound of the Common Femoral Vein to Detect Elevated Right Atrial Pressure in Pulmonary Hypertension. *J Cardiovasc Transl Res*. May 23 2022;doi:10.1007/s12265-022-10276-3

33. Denault AY, Aldred MP, Hammoud A, et al. Doppler Interrogation of the Femoral Vein in the Critically Ill Patient: The Fastest Potential Acoustic Window to Diagnose Right Ventricular Dysfunction? *Crit Care Explor*. Oct 2020;2(10):e0209. doi:10.1097/cce.0000000000000209
34. Kakish ME, Abu-Yousef MM, Brown PB, Warnock NG, Barloon TJ, Pelsang RE. Pulsatile lower limb venous Doppler flow: prevalence and value in cardiac disease diagnosis. *J Ultrasound Med*. Nov 1996;15(11):747-53.
35. Cozcolluela MR, Sarría L, Sanz L, Martinez-Berganza MT, De Vera JM, Bernal A, García S. Correlation of central venous pressure with Doppler waveform of the common femoral veins. *Journal of Ultrasound in Medicine*. 2000;19(8):587-592. doi:10.7863/jum.2000.19.8.587
36. Denault A, Aldred MP, Fanzca AH, et al. Doppler Interrogation of the Femoral Vein in the Critically Ill Patient: The Fastest Potential Acoustic Window to Diagnose Right Ventricular Dysfunction. *Critical Care Exploration*. 2020 (In press);
37. Gonzalez C, Chamberland M-E, Aldred MP, et al. Constrictive pericarditis: portal, splenic, and femoral venous Doppler pulsatility: a case series. *Canadian Journal of Anaesthesia/Journal canadien d'anesthésie*. 2022;69(1):119-128. doi:10.1007/s12630-021-02126-8
38. Hammoud A, Saade E, Jarry S, Baelen S, Couture EJ, Beaubien-Souligny W, Denault AY. Pulsatile Femoral Vein Doppler and Congestive Delirium, What Is the Relationship?: A Case Report. *A&A Practice*. 2022;16(10)
39. Calderone A, Hammoud A, Jarry S, Denault A, Couture EJ. Femoral Vein Pulsatility: What Does It Mean? *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2021;35(8):2521-2527. doi:10.1053/j.jvca.2021.03.027
40. Croquette M, Puyade M, Montani D, et al. Diagnostic Performance of Pulsed Doppler Ultrasound of the Common Femoral Vein to Detect Elevated Right Atrial Pressure in Pulmonary Hypertension. *Journal of Cardiovascular Translational Research*. 2023;16(1):141-151. doi:10.1007/s12265-022-10276-3

41. Malinovska A, Arslani K, Zellweger N, et al. Femoral and popliteal venous Doppler during prone and supine position in COVID-19 patients: a potential diagnostic tool to detect abnormal right ventricular function. *Canadian Journal of Anesthesia/Journal canadien d'anesthésie*. 2021;68(5):737-739. doi:10.1007/s12630-021-01918-2
42. Dobbins M. *Rapid Review Guidebook*. 2017.
43. Lange M, Ertmer C, Van Aken H, Westphal M. Intravascular Volume Therapy With Colloids in Cardiac Surgery. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2011/10/01/2011;25(5):847-855. doi:<https://doi.org/10.1053/j.jvca.2010.06.005>
44. Hayakawa K. Aggressive fluid management in the critically ill: Pro. *Journal of Intensive Care*. 2019;7(1)doi:10.1186/s40560-019-0361-9
45. Pfortmueller CA, Faeh L, Müller M, et al. Fluid management in patients undergoing cardiac surgery: effects of an acetate- versus lactate-buffered balanced infusion solution on hemodynamic stability (HEMACETAT). *Critical Care*. 2019;23(1)doi:10.1186/s13054-019-2423-8
46. Frazee E, Kashani K. Fluid Management for Critically Ill Patients: A Review of the Current State of Fluid Therapy in the Intensive Care Unit. *Kidney Dis (Basel)*. Jun 2016;2(2):64-71. doi:10.1159/000446265
47. Malbrain MLNG, Langer T, Annane D, et al. Intravenous fluid therapy in the perioperative and critical care setting: Executive summary of the International Fluid Academy (IFA). *Annals of Intensive Care*. 2020;10(1)doi:10.1186/s13613-020-00679-3
48. Aronson S, Nisbet P, Bunke M. Fluid resuscitation practices in cardiac surgery patients in the USA: a survey of health care providers. *Perioperative Medicine*. 2017;6(1)doi:10.1186/s13741-017-0071-6
49. Claire-Del Granado R, Mehta RL. Fluid overload in the ICU: evaluation and management. *BMC Nephrology*. 2016;17(1)doi:10.1186/s12882-016-0323-6

50. Bellomo R, Raman J, Ronco C. Intensive care unit management of the critically ill patient with fluid overload after open heart surgery. *Cardiology*. 2001;96(3-4):169-76. doi:10.1159/000047400
51. Kontar L, Beaubien-Souligny W, Couture EJ, et al. Prolonged cardiovascular pharmacological support and fluid management after cardiac surgery. *PLOS ONE*. 2023;18(5):e0285526. doi:10.1371/journal.pone.0285526
52. Guinot P-G, Bahr P-A, Andrei S, et al. Doppler study of portal vein and renal venous velocity predict the appropriate fluid response to diuretic in ICU: a prospective observational echocardiographic evaluation. *Critical Care*. 2022;26(1)doi:10.1186/s13054-022-04180-0
53. Koratala A, Ronco C, Kazory A. Diagnosis of Fluid Overload: From Conventional to Contemporary Concepts. *Cardiorenal Medicine*. 2022;12(4):141-154. doi:10.1159/000526902
54. Polsinelli VB, Sinha A, Shah SJ. Visceral Congestion in Heart Failure: Right Ventricular Dysfunction, Splanchnic Hemodynamics, and the Intestinal Microenvironment. *Current Heart Failure Reports*. 2017;14(6):519-528. doi:10.1007/s11897-017-0370-8
55. Denault AY, Rola P, Beaubien-Souligny W. Venous Congestion: Why Examine the Abdomen with Ultrasound in Critically Ill Patients? Springer Nature Switzerland; 2023:327-338.
56. Houston BA, Brittain EL, Tedford RJ. Right Ventricular Failure. *New England Journal of Medicine*. 2023;388(12):1111-1125. doi:10.1056/nejmra2207410
57. Arrigo M, Huber LC, Winnik S, et al. Right Ventricular Failure: Pathophysiology, Diagnosis and Treatment. *Cardiac Failure Review*. 2019;5(3):140-146. doi:10.15420/cfr.2019.15.2
58. Voelkel NF, Quaife RA, Leinwand LA, et al. Right Ventricular Function and Failure. *Circulation*. 2006;114(17):1883-1891. doi:10.1161/circulationaha.106.632208
59. Haddad F, Couture P, Tousignant C, Denault AY. The right ventricle in cardiac surgery, a perioperative perspective: I. Anatomy, physiology, and assessment. *Anesth Analg*. Feb 2009;108(2):407-21. doi:10.1213/ane.0b013e31818f8623

60. Raymond M, Gronlykke L, Couture EJ, et al. Perioperative Right Ventricular Pressure Monitoring in Cardiac Surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. Apr 2019;33(4):1090-1104. doi:10.1053/j.jvca.2018.08.198
61. Denault AY, Haddad F, Jacobsohn E, Deschamps A. Perioperative right ventricular dysfunction. *Current Opinion in Anesthesiology*. 2013;26(1):71-81. doi:10.1097/ACO.0b013e32835b8be2
62. Estrada VH, Franco DL, Moreno AA, Gambasica JA, Nunez CC. Postoperative Right Ventricular Failure in Cardiac Surgery. *Cardiol Res*. Dec 2016;7(6):185-195. doi:10.14740/cr500e
63. Denault AY, Bussi eres JS, Arellano R, et al. A multicentre randomized-controlled trial of inhaled milrinone in high-risk cardiac surgical patients. *Canadian Journal of Anesthesia/Journal canadien d'anesth esie*. 2016;63(10):1140-1153. doi:10.1007/s12630-016-0709-8
64. Denault AY, Bussi eres JS, Arellano R, et al. A multicentre randomized-controlled trial of inhaled milrinone in high-risk cardiac surgical patients. *Can J Anaesth*. Oct 2016;63(10):1140-53. Une  tude randomis ee contr ol ee multicentrique sur la milrinone inhal ee chez les patients de chirurgie cardiaque   risque  lev . doi:10.1007/s12630-016-0709-8
65. Haddad F, Couture P, Tousignant C, Denault AY. The right ventricle in cardiac surgery, a perioperative perspective: II. Pathophysiology, clinical importance, and management. *Anesth Analg*. Feb 2009;108(2):422-33. doi:10.1213/ane.0b013e31818d8b92
66. Gronlykke L, Ravn HB, Gustafsson F, Hassager C, Kjaergaard J, Nilsson JC. Right ventricular dysfunction after cardiac surgery - diagnostic options. *Scand Cardiovasc J*. Apr 2017;51(2):114-121. doi:10.1080/14017431.2016.1264621
67. Itagaki S, Hosseinian L, Varghese R. Right ventricular failure after cardiac surgery: management strategies. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*. Autumn 2012;24(3):188-94. doi:10.1053/j.semtcvs.2012.08.001

68. Estrada VHN, Franco DLM, Moreno AAV, Gambasica JAR, Nunez CCC. Postoperative Right Ventricular Failure in Cardiac Surgery. *Cardiology research*. 2016;7(6):185-195. doi:10.14740/cr500e
69. Slung HB, Scher KS. Complications of the Swan-Ganz catheter. *World Journal of Surgery*. 1984;8(1):76-80. doi:10.1007/bf01658370
70. Chatterjee K. The Swan-Ganz Catheters: Past, Present, and Future. *Circulation*. 2009;119(1):147-152. doi:10.1161/circulationaha.108.811141
71. Denault A, Canty D, Azzam M, Amir A, Gebhard CE. Whole body ultrasound in the operating room and intensive care unit. *Korean Journal of Anesthesiology*. 2019;72(5):413-428. doi:10.4097/kja.19186
72. Kim ES, Sharma AM, Scissons R, et al. Interpretation of peripheral arterial and venous Doppler waveforms: A consensus statement from the Society for Vascular Medicine and Society for Vascular Ultrasound. *Vasc Med*. 2020;25(5):484-506. doi:10.1177/1358863x20937665
73. Abu-Yousef MM, Kakish ME, Mufid M. Pulsatile venous Doppler flow in lower limbs: highly indicative of elevated right atrium pressure. *American Journal of Roentgenology*. 1996;167(4):977-980. doi:10.2214/ajr.167.4.8819397
74. Kakish ME, Abu-Yousef MM, Brown PB, Warnock NG, Barloon TJ, Pelsang RE. Pulsatile lower limb venous Doppler flow: prevalence and value in cardiac disease diagnosis. *J Ultrasound Med*. 1996;15(11):747-753. doi:10.7863/jum.1996.15.11.747
75. McClure MJ, Kelly BE, Campbell NS, Blair PH. Duplex Doppler ultrasonography of lower limb veins: detection of cardiac abnormalities. *Clin Radiol*. Jul 2000;55(7):533-6. doi:10.1053/crad.1999.0489
76. Taute B-M, Schmidt H, Bach A, et al. Spectral Doppler Waveform Analysis of Common Femoral Veins for the Detection of Right Ventricular Dysfunction in Acute Pulmonary Embolism. *J Cardiovasc Dis Diagn* 2015, 3:1. 01/30 2015;doi:10.4172/2329-9517.1000187

77. Krahenbuhl B, Restellini A, Frangos A. Peripheral venous pulsatility detected by Doppler method for diagnosis of right heart failure. *Cardiology*. 1984;71(4):173-6. doi:10.1159/000173661
78. Abu-Yousef MM, Kakish ME, Mufid M. Pulsatile venous Doppler flow in lower limbs: highly indicative of elevated right atrium pressure. *AJR Am J Roentgenol*. Oct 1996;167(4):977-80. doi:10.2214/ajr.167.4.8819397
79. Cozcolluela MR, Sarria L, Sanz L, Martinez-Berganza MT, de Vera JM, Bernal A, Garcia S. Correlation of central venous pressure with Doppler waveform of the common femoral veins. *J Ultrasound Med*. Aug 2000;19(8):587-92. doi:10.7863/jum.2000.19.8.587
80. Alimoglu E, Erden AE, Gursel K, Olcer TL. Correlation of right atrial pressure and blood flow velocities in the common femoral vein obtained by duplex Doppler sonography. *Journal of Clinical Ultrasound*. 2001;29(2):87-91. doi:10.1002/1097-0096(200102)29:2<87::aid-jcu1003>3.0.co;2-1
81. Abbas M, Hamilton M, Yahya M, Mwipatayi P, Sieunarine K. Pulsating varicose veins!! The diagnosis lies in the heart. *ANZ J Surg*. Apr 2006;76(4):264-6. doi:10.1111/j.1445-2197.2006.03597.x
82. Abbas M, Yahya MM, Hamilton M, Mwipatayi BP, Sieunarine K. Sonographic Evaluation of Chronic Venous Insufficiency in Right Heart Failure. *Journal of Diagnostic Medical Sonography*. 2005;21(3):238-242. doi:10.1177/8756479305275776
83. Dalla Vestra M, Grolla E, Bonanni L, Dorrucchi V, Presotto F, Rigo F. From the Veins to the Heart: A Rare Cause of Varicose Veins. *Case Reports in Vascular Medicine*. 2015;2015:1-3. doi:10.1155/2015/849408
84. Butman SM, Ewy GA, Standen JR, Kern KB, Hahn E. Bedside cardiovascular examination in patients with severe chronic heart failure: importance of rest or inducible jugular venous distension. *J Am Coll Cardiol*. Oct 1993;22(4):968-74. doi:10.1016/0735-1097(93)90405-p

85. Shala MBA, D'Cruz IA, Johns C, Kaiser J, Clark R. Echocardiography of the Inferior Vena Cava, Superior Vena Cava, and Coronary Sinus in Right Heart Failure. *Echocardiography*. 1998;15(8):787-794. doi:10.1111/j.1540-8175.1998.tb00681.x
86. Sakamoto S, Ikado H, Kawarada O, Harada K, Ishihara M, Yasuda S, Ogawa H. Pulsatile high-velocity turbulent flow in lower extremity venous ultrasonography. 2014;100(10):814-814. doi:10.1136/heartjnl-2013-305309 %J Heart
87. Alimo?Lu E, Erden AE, GRsel K, LEr T. Correlation of right atrial pressure and blood flow velocities in the common femoral vein obtained by duplex Doppler sonography. *Journal of Clinical Ultrasound*. 2001;29(2):87-91. doi:10.1002/1097-0096(200102)29:2<87::aid-jcu1003>3.0.co;2-1
88. McClure MJ, Kelly BE, Campbell NSP, Blair PH. Duplex Doppler Ultrasonography of Lower Limb Veins: Detection of Cardiac Abnormalities. *Clinical Radiology*. 2000;55(7):533-536. doi:10.1053/crad.1999.0489
89. Abu-Yousef MM, Mufid M, Woods KT, Brown BP, Barloon TJ. Normal lower limb venous Doppler flow phasicity: is it cardiac or respiratory? *American Journal of Roentgenology*. 1997;169(6):1721-1725. doi:10.2214/ajr.169.6.9393197
90. Lin EP, Bhatt S, Rubens D, Dogra VS. The importance of monophasic Doppler waveforms in the common femoral vein: a retrospective study. *J Ultrasound Med*. Jul 2007;26(7):885-91. doi:10.7863/jum.2007.26.7.885
91. Schroedter WB, White JM, White BD, Mauriello JD, Sanchez EJ, Izzo EG. Does Distal Venous Hypertension Affect Lower-Extremity Venous Pulsatility? *Journal for Vascular Ultrasound*. 2011;35(2):72-76. doi:10.1177/154431671103500202
92. Schroedter WB, White JM, Garcia AR, Ellis ME. Presence of Lower-Extremity Venous Pulsatility is not always the Result of Cardiac Dysfunction. *Journal for Vascular Ultrasound*. 2014;38(2):71-75. doi:10.1177/154431671403800201

93. Maruichi-Kawakami S, Nagao K, Aida K, et al. Peripheral Venous Pressure Measurements to Evaluate Congestion in Heart Failure. *J Card Fail.* Jan 15 2022;doi:10.1016/j.cardfail.2021.11.018
94. Gilron I, Magder S. Monitoring complication due to a pulsatile femoral vein from tricuspid regurgitation. *Canadian Journal of Anaesthesia.* 1995;42(2):141-143. doi:10.1007/bf03028267
95. Klein HO, Shachor D, Schneider N, David D. Unilateral pulsatile varicose veins from tricuspid regurgitation. *The American Journal of Cardiology.* 1993;71(7):622-623. doi:10.1016/0002-9149(93)90528-k
96. Hollins GW, Engeset J. Pulsatile varicose veins associated with tricuspid regurgitation. *Br J Surg.* Feb 1989;76(2):207. doi:10.1002/bjs.1800760239
97. Beaubien-Souligny W, Rola P, Haycock K, Bouchard J, Lamarche Y, Spiegel R, Denault AY. Quantifying systemic congestion with Point-Of-Care ultrasound: development of the venous excess ultrasound grading system. *The ultrasound journal.* 2020;12(1)doi:10.1186/s13089-020-00163-w
98. Kerr WJ. Peripheral Pulsations in the Veins in Congestive Failure of the Heart, Associated with Pulsation of the Liver and Tricuspid Regurgitation. *Arch Intern Med.* 1925;36(5):593. doi:10.1001/archinte.1925.00120170002001
99. Brickner PW, Scudder WT, Weinrib M. Pulsating Varicose Veins in Functional Tricuspid Insufficiency. *Circulation.* 1962;25(1):126-129. doi:10.1161/01.cir.25.1.126
100. Blackett RL, Heard GE. Pulsatile varicose veins. *Br J Surg.* 2005;75(9):865-865. doi:10.1002/bjs.1800750911 %J British Journal of Surgery
101. Rispoli P, Varetto G, Santovito D, Castagno C, Tallia C. A severe cause of pulsating varicose veins. *The Lancet.* 2011;378(9809):2138. doi:10.1016/s0140-6736(11)61578-x
102. Krahenbuhl B, Restellini A, Frangos AZJC. Peripheral venous pulsatility detected by Doppler method for diagnosis of right heart failure. 1984;71 4:173-6.

103. Iupatov EI, Ignat'ev IM, Fomina EE. [Ultrasonographic examination of major veins of lower limbs and pelvic veins in pregnant women]. *Angiol Sosud Khir.* 2018;24(3):70-75. Ul'trazvukovoe issledovanie magistral'nykh ven nizhnikh konechnosteĭ i ven taza u beremennykh zhenshchin.
104. Hamper UM, DeJong MR, Scoutt LM. Ultrasound Evaluation of the Lower Extremity Veins. *Radiol Clin North Am.* 2007/05/01/ 2007;45(3):525-547. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rcl.2007.04.013>
105. Selis JE, Kadakia S. Venous Doppler Sonography of the Extremities: A Window to Pathology of the Thorax, Abdomen, and Pelvis. *American Journal of Roentgenology.* 2009/11/01 2009;193(5):1446-1451. doi:10.2214/AJR.09.2640
106. Talbot SR, Oliver M. Venous Waveforms. *Journal for Vascular Ultrasound.* 2012;36(2):152-158. doi:10.1177/154431671203600208
107. Vu T, Smith JA. An Update on Postoperative Cognitive Dysfunction Following Cardiac Surgery. Review. *Frontiers in Psychiatry.* 2022-June-15 2022;13doi:10.3389/fpsy.2022.884907
108. Kotfis K, Szylińska A, Listewnik M, Strzelbicka M, Brykczyński M, Rotter I, Żukowski M. Early delirium after cardiac surgery: an analysis of incidence and risk factors in elderly (≥ 65 years) and very elderly (≥ 80 years) patients. *Clin Interv Aging.* 2018;13:1061-1070. doi:10.2147/cia.S166909
109. Breu A, Stransky M, Metterlein T, Werner T, Trabold B. Subsyndromal delirium after cardiac surgery. *Scandinavian Cardiovascular Journal.* 2015;49(4):207-212. doi:10.3109/14017431.2015.1041423
110. Yamada C, Iwawaki Y, Harada K, Fukui M, Morimoto M, Yamanaka R. Frequency and risk factors for subsyndromal delirium in an intensive care unit. *Intensive and Critical Care Nursing.* 2018/08/01/ 2018;47:15-22. doi:<https://doi.org/10.1016/j.iccn.2018.02.010>
111. Chen H, Mo L, Hu H, Ou Y, Luo J. Risk factors of postoperative delirium after cardiac surgery: a meta-analysis. *Journal of Cardiothoracic Surgery.* 2021;16(1)doi:10.1186/s13019-021-01496-w

112. Bruggemans EF. Cognitive dysfunction after cardiac surgery: Pathophysiological mechanisms and preventive strategies. *Netherlands Heart Journal*. 2013;21(2):70-73. doi:10.1007/s12471-012-0347-x
113. Beaubien-Souligny W, Cavayas YA, Denault A, Lamarche Y. First step toward uncovering perioperative congestive encephalopathy. *J Thorac Cardiovasc Surg*. Jul 2 2020;doi:10.1016/j.jtcvs.2020.02.146
114. Randhawa VK, Zhen-Yu Tong M, Soltesz EG. Portal Vein Pulsatility After Cardiac Surgery—Who Cares? *Canadian Journal of Cardiology*. 2019;35(9):1088-1090. doi:10.1016/j.cjca.2019.06.004
115. Dabrowski W, Kotlinska E, Rzecki Z, Czajkowski M, Stadnik A, Olszewski K. Raised Jugular Venous Pressure Intensifies Release of Brain Injury Biomarkers in Patients Undergoing Cardiac Surgery. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2012/12/01/ 2012;26(6):999-1006. doi:<https://doi.org/10.1053/j.jvca.2012.07.015>
116. Wei H, Jiang H, Zhou Y, Xiao X, Zhou C, Ji X. Cerebral venous congestion alters brain metabolite profiles, impairing cognitive function. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*. 2023;0(0):0271678X231182244. doi:10.1177/0271678x231182244
117. Kenny J-ES, Prager R, Rola P, McCulloch G, Eibl JK, Haycock K. The effect of gravity-induced preload change on the venous excess ultrasound (VExUS) score and internal jugular vein Doppler in healthy volunteers. *Intensive Care Medicine Experimental*. 2023;11(1)doi:10.1186/s40635-023-00504-8
118. Boettger S, Garcia Nuñez D, Meyer R, Richter A, Rudiger A, Schubert M, Jenewein J. Screening for delirium with the Intensive Care Delirium Screening Checklist (ICDSC): a re-evaluation of the threshold for delirium. *Swiss Med Wkly*. 2018;148:w14597. doi:10.4414/smw.2018.14597
119. Detroyer E, Timmermans A, Segers D, et al. Psychometric properties of the intensive care delirium screening checklist when used by bedside nurses in clinical practice: a prospective descriptive study. *BMC Nursing*. 2020;19(1)doi:10.1186/s12912-020-00415-z

120. Mehran R, Rao SV, Bhatt DL, et al. Standardized Bleeding Definitions for Cardiovascular Clinical Trials. *Circulation*. 2011;123(23):2736-2747. doi:10.1161/circulationaha.110.009449
121. Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) Acute Kidney Injury Work Group. KDIGO Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury. *Kidney inter, Suppl*. 2012;2:1-138.
122. Silva JM, De Oliveira AMR, Nogueira FAM, et al. The effect of excess fluid balance on the mortality rate of surgical patients: a multicenter prospective study. *Critical Care*. 2013;17(6):R288. doi:10.1186/cc13151
123. Dinc N, Won S-Y, Eibach M, et al. Thrombosis of the straight sinus and microbleedings due to deep seated arteriovenous fistula – Hemodynamic changes, cognitive impairment and improvement after microsurgery. A technical report. *Journal of Clinical Neuroscience*. 2019/10/01/ 2019;68:317-321. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jocn.2019.07.012>
124. Beer C, Ebenezer E, Fenner S, Lautenschlager NT, Arnolda L, Flicker L, Almeida OP. Contributors to cognitive impairment in congestive heart failure: a pilot case-control study. *Internal Medicine Journal*. 2009;39(9):600-605. doi:10.1111/j.1445-5994.2008.01790.x
125. Cannon JA, Moffitt P, Perez-Moreno AC, Walters MR, Broomfield NM, McMurray JJV, Quinn TJ. Cognitive Impairment and Heart Failure: Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Cardiac Failure*. 2017;23(6):464-475. doi:10.1016/j.cardfail.2017.04.007
126. Zhang N-N, Zhao K-T, Zhao Z-A, Chen W-L, Xu H-B, Chen H-S. A novel rat model of cerebral artery occlusion complicated with prior venous stagnation. *Journal of Neuroscience Methods*. 2019/04/15/ 2019;318:100-103. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2019.01.016>
127. Jarry S, Couture EJ, Falih J, et al. New Development in Brain Monitoring for Cardiac Surgery. *Canadian Journal of Cardiology*. 2023/02/01/ 2023;39(2):229-232. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cjca.2022.11.006>
128. Fulop GA, Tarantini S, Yabluchanskiy A, et al. Role of age-related alterations of the cerebral venous circulation in the pathogenesis of vascular cognitive impairment. *American Journal of*

Physiology-Heart and Circulatory Physiology. 2019;316(5):H1124-H1140.
doi:10.1152/ajpheart.00776.2018

129. Levy D, Laghnam D, Estagnasie P, Brusset A, Squara P, Nguyen LS. Post-operative Right Ventricular Failure After Cardiac Surgery: A Cohort Study. *Front Cardiovasc Med.* 2021;8:667328. doi:10.3389/fcvm.2021.667328

130. Bootsma IT, de Lange F, Koopmans M, Haenen J, Boonstra PW, Symersky T, Boerma EC. Right Ventricular Function After Cardiac Surgery Is a Strong Independent Predictor for Long-Term Mortality. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia.* 2017/10/01/ 2017;31(5):1656-1662. doi:<https://doi.org/10.1053/j.jvca.2017.02.008>

131. Maldonado JR. Delirium pathophysiology: An updated hypothesis of the etiology of acute brain failure. *International Journal of Geriatric Psychiatry.* 2018;33(11):1428-1457. doi:10.1002/gps.4823

132. Sapolsky RM. Stress, Glucocorticoids, and Damage to the Nervous System: The Current State of Confusion. *Stress.* Jul 1996;1(1):1-19. doi:10.3109/10253899609001092

133. Yoo SS, Gujar N, Hu P, Jolesz FA, Walker MP. The human emotional brain without sleep-- a prefrontal amygdala disconnect. *Curr Biol.* Oct 23 2007;17(20):R877-8. doi:10.1016/j.cub.2007.08.007

134. Verster GC. Melatonin and its agonists, circadian rhythms and psychiatry. *Afr J Psychiatry (Johannesbg).* Feb 2009;12(1):42-6. doi:10.4314/ajpsy.v12i1.30277

135. Krueger JM, Majde JA. Humoral Links between Sleep and the Immune System. *Annals of the New York Academy of Sciences.* 2003;992(1):9-20. doi:10.1111/j.1749-6632.2003.tb03133.x

136. Sanders RD. Hypothesis for the pathophysiology of delirium: Role of baseline brain network connectivity and changes in inhibitory tone. *Medical Hypotheses.* 2011/07/01/ 2011;77(1):140-143. doi:<https://doi.org/10.1016/j.mehy.2011.03.048>

137. Hayhurst CJ, Pandharipande PP, Hughes CG. Intensive Care Unit Delirium. *Anesthesiology.* 2016;125(6):1229-1241. doi:10.1097/aln.0000000000001378

138. Couture EJ, Laferrière-Langlois P, Denault A. New Developments in Continuous Hemodynamic Monitoring of the Critically Ill Patient. *Can J Cardiol*. Apr 2023;39(4):432-443. doi:10.1016/j.cjca.2023.01.012
139. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021:n71. doi:10.1136/bmj.n71
140. Maldonado JR. Neuropathogenesis of Delirium: Review of Current Etiologic Theories and Common Pathways. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*. 2013/12/01/2013;21(12):1190-1222. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jagp.2013.09.005>
141. Honda S, Nagai T, Sugano Y, et al. Prevalence, determinants, and prognostic significance of delirium in patients with acute heart failure. *Int J Cardiol*. Nov 1 2016;222:521-527. doi:10.1016/j.ijcard.2016.07.236
142. Sundaram V, Fang JC. Gastrointestinal and Liver Issues in Heart Failure. *Circulation*. 2016;133(17):1696-1703. doi:10.1161/circulationaha.115.020894
143. John S. Pellerito JFP. *Introduction to Vascular Ultrasonography*. 6 ed. vol 1. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data; 2012:653.
144. Lee D-K, Ahn K-S, Kang CH, Cho SB. Ultrasonography of the lower extremity veins: anatomy and basic approach. *Ultrasonography (Seoul, Korea)*. 2017/04// 2017;36(2):120-130. doi:10.14366/usg.17001
145. Nashef SA, Roques F, Sharples LD, Nilsson J, Smith C, Goldstone AR, Lockowandt U. EuroSCORE II. *Eur J Cardiothorac Surg*. Apr 2012;41(4):734-44; discussion 744-5. doi:10.1093/ejcts/ezs043
146. Denault AY, Tardif JC, Mazer CD, Lambert J, Investigators B. Difficult and complex separation from cardiopulmonary bypass in high-risk cardiac surgical patients: a multicenter study. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. Aug 2012;26(4):608-16. doi:10.1053/j.jvca.2012.03.031
147. Denault AY, Bussières JS, Arellano R, et al. A multicentre randomized-controlled trial of inhaled milrinone in high-risk cardiac surgical patients. *Can J Anaesth*. Oct 2016;63(10):1140-53.

Une etude randomisee controlee multicentrique sur la milrinone inhalee chez les patients de chirurgie cardiaque a risque eleve. doi:10.1007/s12630-016-0709-8

148. Stoppe C, McDonald B, Benstoem C, et al. Evaluation of Persistent Organ Dysfunction Plus Death As a Novel Composite Outcome in Cardiac Surgical Patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* Jan 2016;30(1):30-8. doi:10.1053/j.jvca.2015.07.035

149. Sun LY, Chung AM, Farkouh ME, van Diepen S, Weinberger J, Bourke M, Ruel M. Defining an Intraoperative Hypotension Threshold in Association with Stroke in Cardiac Surgery. *Anesthesiology.* 2018;129(3):440-447. doi:10.1097/aln.0000000000002298

ANNEXES

Annexe 1

la neuropathogénèse du délirium

Hypothèse	Facteurs prédisposant/précipitant	Mécanisme	Effets	Manifestation	Référence
Neuro-inflammatoire	Âge Hypoxie Ischémie Infection Chirurgie cardiaque Infarctus du myocarde Sepsis Insuffisance rénale et hépatique	Inflammation systémique aiguë	Atteinte de la barrière hémato-encéphalique entraîne activation des cellules microgliales : libération des cytokines pro inflammatoires et des dérivés réactifs de l'oxygène entraînant une dysfonction synaptique/neuronale	Trouble cognitif aigu, délirium	Cerejeira ¹³ Fulop ²⁵
Vieillessement neuronal	Âge	Dégénérescence neuronale, changement au niveau du système neurotransmetteurs, atteinte du système immunitaire (immunosénescence)	Dommage neuronal augmentation de la sensibilité aux médiateurs inflammatoires	Délirium, sous-syndrome de délirium	Maldonado ¹³¹ Fulop ¹²⁸
Neuro endocrinienne		Stress aigu : activation de l'axe hypothalamo-hypophysio-surrénalien qui augmente le niveau des glucocorticoïdes	Altération de la capacité des neurones à survivre après diverses insultes toxico-métaboliques altération de la cascade Glutamate-calcium réduction de l'activité des cellules gliales de l'hippocampe	Trouble neurocognitif, état confusionnel	Sapolsky ¹³²

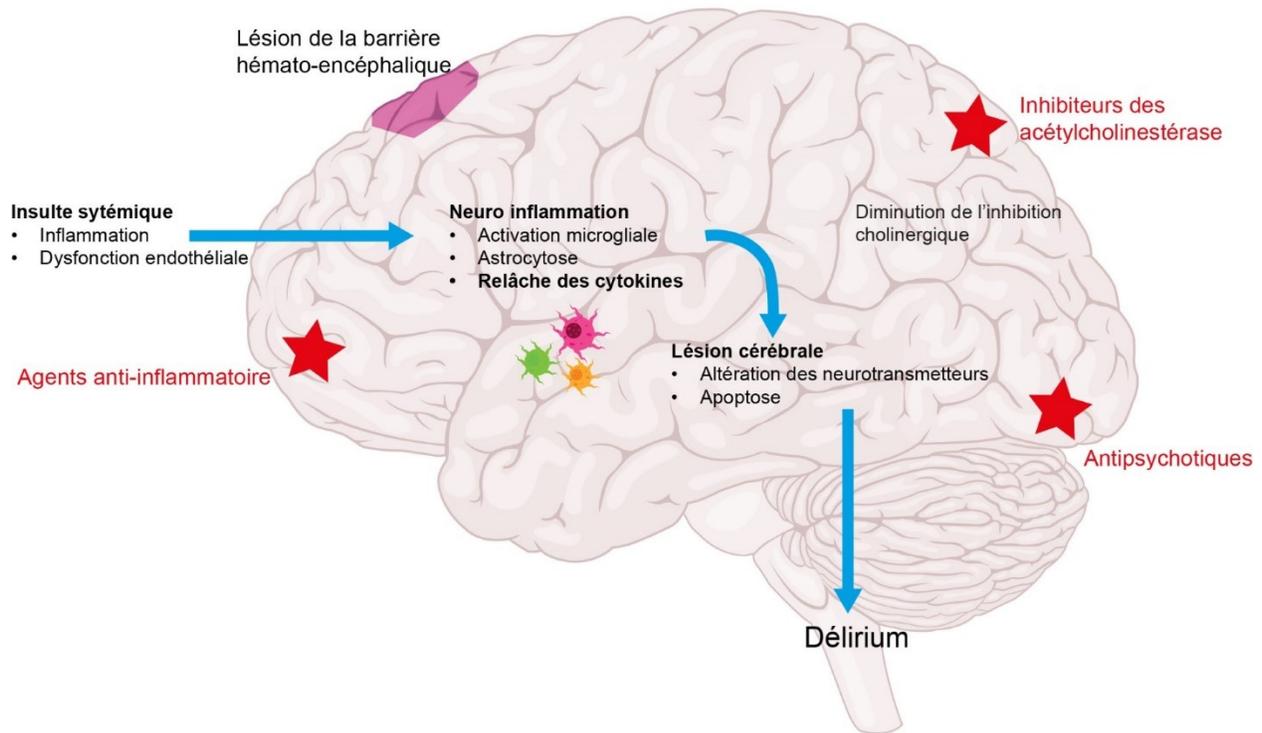
Hypothèse	Facteurs prédisposant/précipitant	Mécanisme	Effets	Manifestation	Référence
Stress oxydatif	Hypo perfusion Infection Sepsis Dommage tissulaire Maladie sévère	Hypoxie cérébrale Altération du métabolisme oxydatif	Altération de la pompe ATPase : Na ⁺ , K ⁺ , et Ca ⁺⁺ . Libération excessive de glutamate, et de dopamine Diminution de la synthèse et de la libération de l'Acétylcholine	Délirium	Maldonado ¹³¹
Déficit en neurotransmetteur	Médicaments : ex. opioïdes, Toxines : ex drogues, alcool Encéphalopathie toxico- métabolique Hypoxie Sepsis Vieillessement Insuffisance hépatique Immobilisation prolongée Ischémie cérébrale	-Diminution de l'acétylcholine -libération excessive de Dopamine, noradrénaline, et/ou le glutamate -altération de l'activité de de la 5HT, de l'histamine et/ou de la GABA Activation excessive des récepteurs NMDA (N-méthyl-D-aspartate)	Dégénérescence neuronale Altération de la polarité neuronale corticale et de l'hippocampe Trouble de mémoire Induction d'une apoptose neuronale Altération de l'activité du noyau central « locus coeruleus »	Trouble cognitif Délirium Trouble de mémoire Trouble d sommeil	Maldonado ¹³¹
Dérèglement diurne	Trouble du cycle circadien de sommeil	Trouble de sécrétion de la mélatonine Diminution de l'activité immunitaire Altération de la fonction endocrinienne et métabolique	Déconnexion entre l'amygdale et le cortex préfrontal Diminution de l'activité des cellules de la réponse immunitaire (ex. NK, IL-2, et.) Altération de la sécrétion en cortisol	Trouble de mémoire Déséquilibre émotionnel Trouble de l'attention et de réflexion Délirium	Yoo ¹³³ Verster ¹³⁴ Krueger ¹³⁵

Hypothèse	Facteurs prédisposant/précipitant	Mécanisme	Effets	Manifestation	Référence
Déconnexion du réseau	Anomalie métabolique Trouble de sommeil Infection Inflammation Médicaments ex. benzodiazépine Vieillessement	Rupture aiguë du réseau de connexion dans le cerveau avec déséquilibre entre les fonctions stimulatrices, inhibitrices, motrices et sensorielles	Déséquilibre de la fonction des neurotransmetteurs : Acétylcholines, Dopamine, GABA. Altération de la formation réticulée Perturbation durable de la réciprocité du cortex dorsolatérale Préfrontal avec le cortex cingulaire postérieur		Sanders ¹³⁶

Abréviations : Ca⁺⁺, calcium ; GABA, gamma aminobutyric acid ou acide gamma-aminobutyrique ; 5- HT, 5 -Hydroxy-tryptamine ; IL-2, interleukine-2 ; K⁺, potassium ; Na⁺, Sodium ; .5 HT ; NK, natural killer ou cellules tueuses naturelles ; NMDA, N-methyl-D-aspartate

Annexe 2

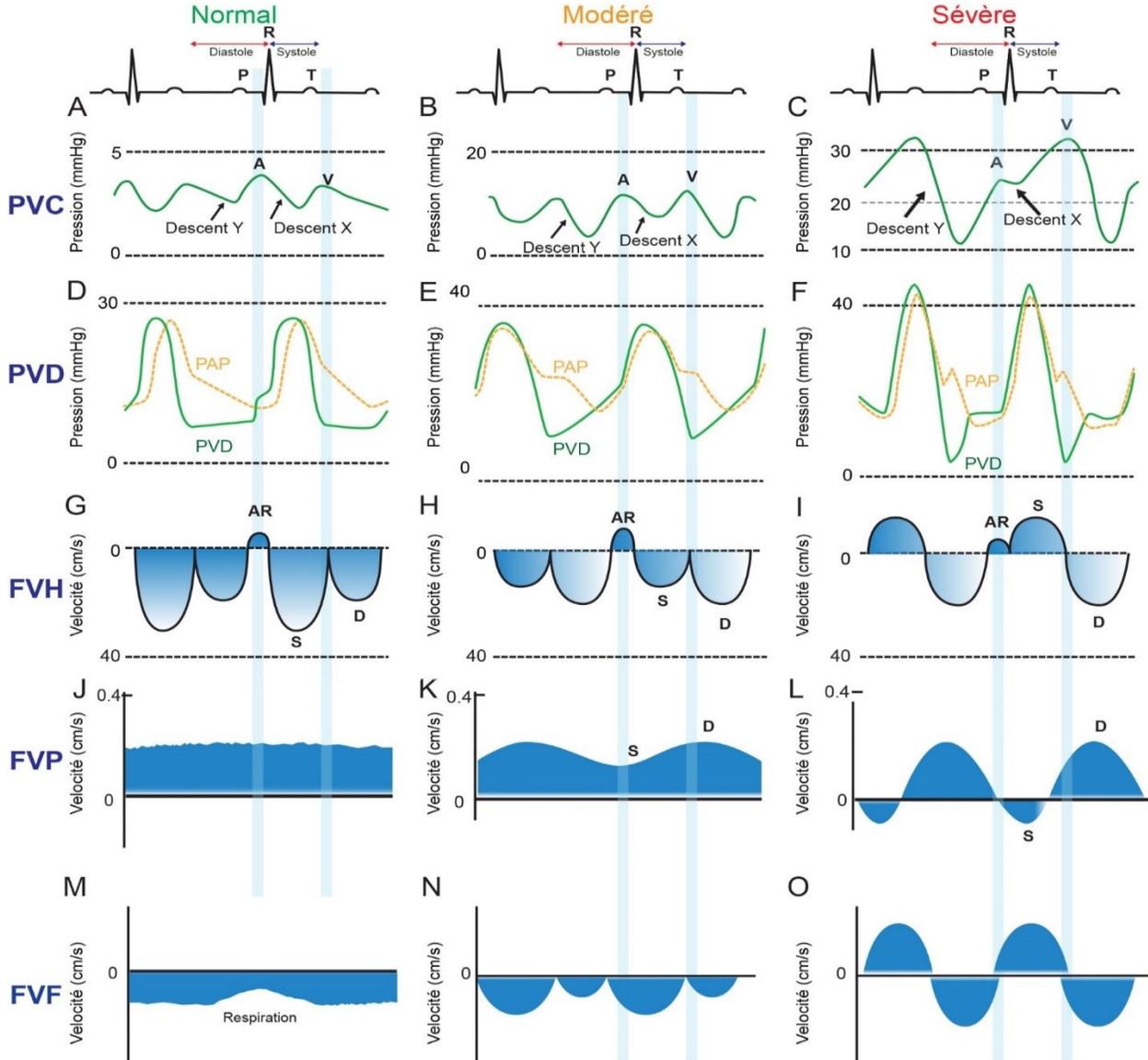
Physiopathologie du délirium d'origine inflammatoire



Physiopathologie du délirium d'origine inflammatoire : Propagation des stimuli immuns périphériques dans le SNC. L'interaction initiale des médiateurs inflammatoires circulants (y compris les cytokines) avec l'unité neurovasculaire est associée à une lésion et une augmentation de la perméabilité de la barrière hémato-encéphalique. Cette lésion est suivie d'une cascade d'événements conduisant à l'activation de la microglie et à la modulation ultérieure des cellules adjacentes, y compris les astrocytes et les neurones. Cela entraîne des lésions cérébrales avec altération des neurotransmetteurs et l'apoptose et se traduit cliniquement par des troubles cognitifs tels que le délirium. (Adapté de Hayhurst et al.¹³⁷)

Annexe 3

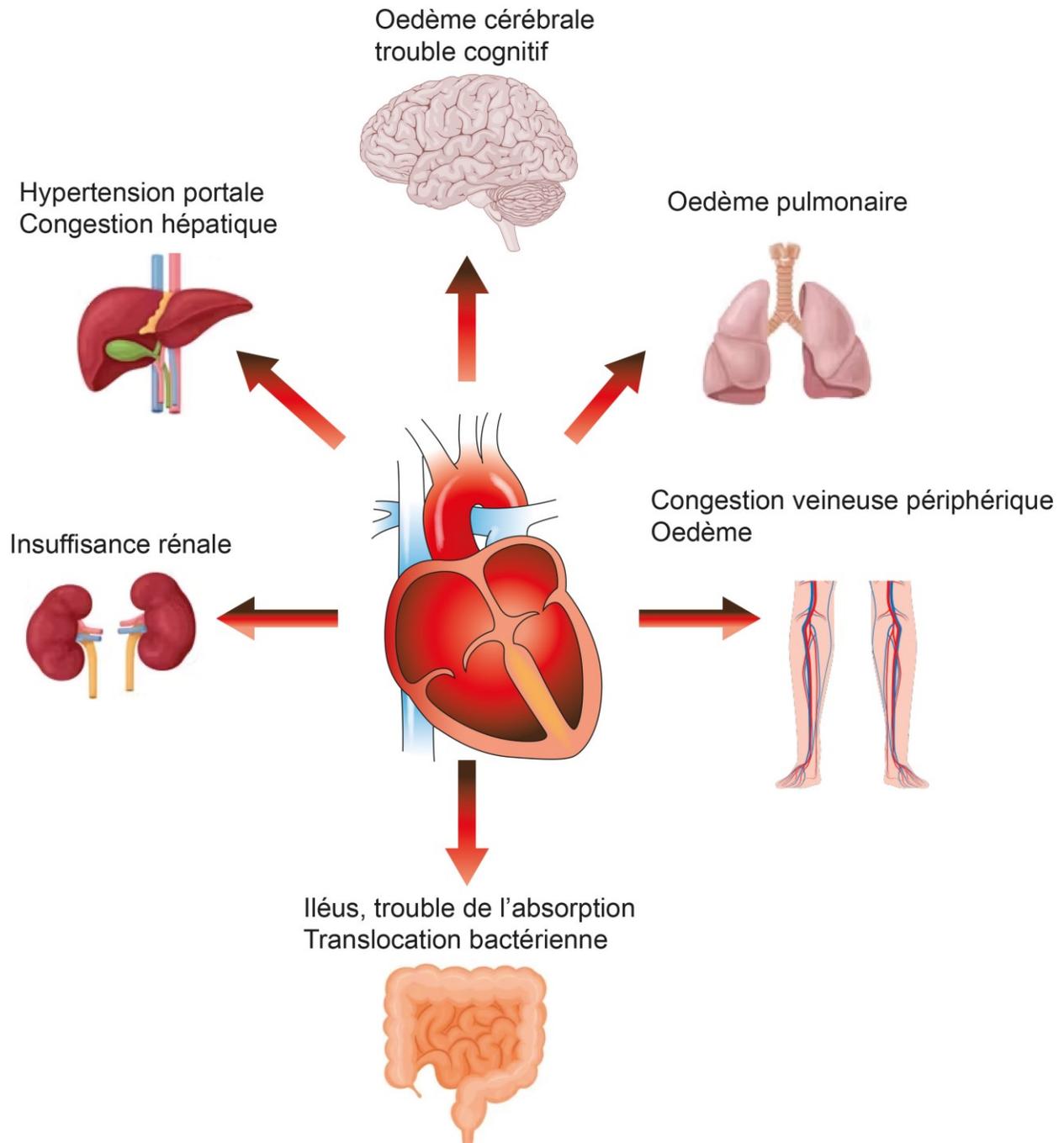
Relation entre les différentes courbes de pression et l'aspect du Doppler veineux



Relation entre les différentes formes des courbes de pression de l'oreillette droite et du ventricule droit et l'aspect du Doppler veineux. PVC= pression veineuse centrale, PVD= pression du ventricule droit, PAP= pression artérielle pulmonaire, FVH= flux de la veine hépatique, FVP= flux de la veine porte, FVF= flux de la veine fémorale, S= systole, D= diastole. A à F représentent les variations de la forme de la courbe de PVC (A, B et C) et du PVD (D, E et F) selon le niveau de la pression de remplissage de l'oreillette droite et du ventricule droit (A et D normal ; B et E modéré ; C et F sévère). Ces changements correspondent aux variations de l'aspect de la vélocité du Doppler veineux de la veine hépatique, de la veine porte et de la veine fémorale (G à O) : aspect normal (S > D pour le FVH (G), Monophasique pour le FVP (J) et variation respiratoire pour le FVF (M)) ; aspect modéré (S < D pour le FVH (H), biphasique pour le FVP (K) et pour le FVF (N)) et aspect sévère (S inversé pour le FVH (I), bidirectionnel pour le FVP (L) et pour le FVF (O)). Avec permission de Couture et al.¹³⁸

Annexe 4

Conséquence de la congestion veineuse systémique



Le reflux veineux de l'insuffisance cardiaque droite entraîne une congestion veineuse systémique qui se traduit par des troubles cognitifs et de l'œdème cérébral, de la surcharge pulmonaire, de l'hypertension portale et de la congestion hépatique, de l'insuffisance rénale, iléus et trouble d'absorption intestinale, de la congestion veineuse périphérique allant de l'œdème des membres inférieurs jusqu'à l'anasarque.

Annexe 5

Les termes recherchés

Recherche effectuée MeSH et Emtree (Medline et EMBASE) :

(ultrasonography OR echography* OR echo* OR ultrasound* OR Doppler Ultrasound* OR Imagings, Doppler Ultrasound* OR Ultrasonography, Doppler*) AND (Doppler OR Flowmetry OR Vein Flow Velocity*) AND (Point-of-Care Systems (POCUS)* OR VExUS (venous excess ultrasonography*) AND (Heart failure* OR right heart failure) AND (Venous Congestion* OR fluid overload*) AND (Femoral Vein OR Lower Extremity / bs [Blood Supply]))*

("Ultrasonography, Doppler"[Mesh]) ("Femoral Vein"[Mesh] OR "Leg"[Mesh]) ("Blood Flow Velocity"[Mesh] OR "Pulsatile Flow"[Mesh] OR "blood supply" [Subheading]) ("heart diseases"[Mesh] OR "Atrial Function"[Mesh] OR "Central Venous Pressure"[Mesh])

(("Ultrasonography, Doppler"[Mesh] or Doppler)

("Femoral Vein"[Mesh] OR "Leg"[Mesh] or leg or legs OR femoral vein or lower extremit)*

("Blood Flow Velocity"[Mesh] OR "Pulsatile Flow"[Mesh] OR "blood supply" [Subheading] or blood flow OR pulsatile flow or blood supply or pulsating flow OR Pulsatile Perfusion)

("Heart diseases"[Mesh] OR "Atrial Function"[Mesh] OR "Central Venous Pressure"[Mesh] OR heart right failure or cardiac failure or Heart Decompensation OR Myocardial Failure))

((("Ultrasonography, Doppler"[Mesh] or doppler) ("Femoral Vein"[Mesh] OR "Leg"[Mesh] or leg or legs OR femoral vein or lower extremit) ("Blood Flow Velocity"[Mesh] OR "Pulsatile Flow"[Mesh] OR "blood supply" [Subheading] or blood flow OR pulsatile flow or blood supply or pulsating flow OR Pulsatile Perfusion) ("Heart diseases"[Mesh] OR "Atrial Function"[Mesh] OR "Central Venous Pressure"[Mesh] OR heart right failure or cardiac failure or Heart Decompensation OR Myocardial Failure)) NOT ("Case Reports" [Publication Type]))*

Annexe 6

Résultats des analyses statistiques des études de la revue rapide

Études	Analyses statistiques		
	Analyses statistiques descriptives	Tests de corrélation	Test paramétrique (test t de Student) et non paramétrique (test de Mann Whitney , Wilcoxon)
Krahenbuhl et al., 1984⁷⁴	-13/46 avaient une PVC >7 mmHg. -7 de ces 13 patients avaient des signes de DVD (sensibilité 54 %). -12 de 13 avaient un flux veineux pulsatile (sensibilité de 92 %, spécificité de 89 %).		
Abu-Youssef et al., 1996⁷⁰	-33 % des patients avaient un Doppler veineux pulsatile chez qui 65 % avaient POD élevée (sensibilité 46 % et spécificité 94 %), VPP 94 %, VPN 50 %, valeur d'exactitude 65 %.		
Abu-Youssef et al., 1997⁸⁷	En respiration normale, 12/12 des sujets (100 %) présentaient une phasicité cardiaque et respiratoire. 50 % présentaient une phasicité cardiaque majeure, 25 % une phasicité modérée et 25 % une phasicité mineure ou légère.		
Kakish et al., 1996⁷¹	-La sensibilité du Doppler de la VF pulsatile pour détecter la DVD est 57 %, spécificité 91 %, VPP 66 %, VPN 87 % et valeur d'exactitude 82 %. -La sensibilité du Doppler pulsatile pour détecter la RT est 54 %, spécificité 78 %, VPP 66 % et VPN 68 %.		

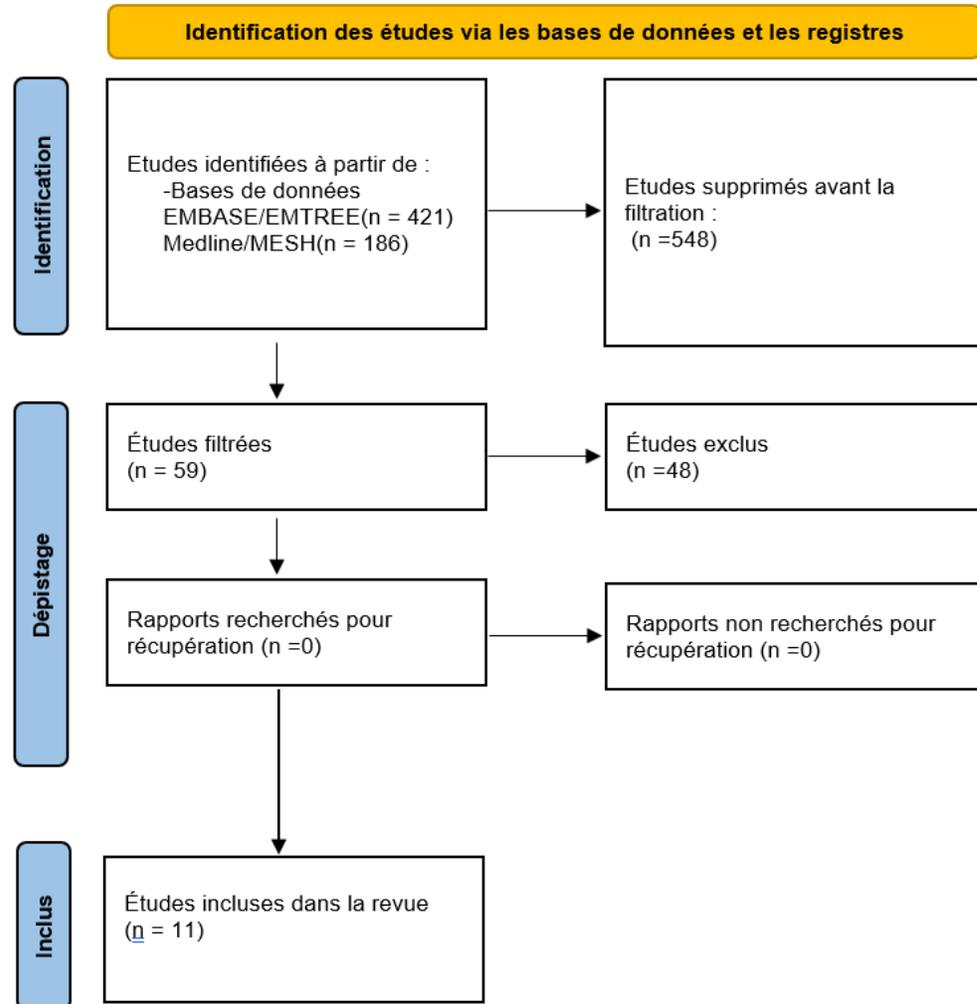
Études	Analyses statistiques		
	Analyses statistiques descriptives	Tests de corrélation	Test paramétrique (test t de Student) et non paramétrique (test de Mann Whitney , Wilcoxon)
Cozcolluela et al., 2000³⁴		<p>-Une corrélation inverse statistiquement significative a été trouvée entre la valeur de l'onde a (systole auriculaire) et la PVC (r = -0,4297, p < 0,0001).</p> <p>- une corrélation inverse statistiquement significative a également été trouvée entre la PVC et le ratio de pulsativité (r = -0,4893, p < 0,0001), ainsi qu'entre la PVC et l'IP (r = 0,5587, p < 0,0001).</p>	
McClure et al., 2000⁸⁶		<p>-Une Corrélation entre la RT avec un pic de vélocité rétrograde du Doppler de la VF était très significative (r de Pearson = 0,913). 100 % des patients avec RT présentaient des signes d'élargissement cardiaque sur la radiographie thoracique et 78 % présentaient des signes de DVD. Le pic de vélocité rétrograde moyenne dans ce groupe = 31,2 cm/sec. Spécificité à 100 %, sensibilité 36 %, VPP 100 %, VPN 5 %, valeur d'exactitude 86 %</p>	
Alimoglu et al., 2001⁸⁵		<p>-Une corrélation négative significative a été trouvée entre la PVC et la vélocité minimale du Doppler de la VF (p < 0,001 ; r = -0,5699).</p>	<p>-L'IP moyenne chez les patients présentant une POD élevée ≥ 8 mmHg (7,75 \pm 3,19) était significativement plus élevée que chez les patients ayant une POD normale (1,55 \pm 1,30 ; p < 0,001). La sensibilité de 70 %, la spécificité de 92 %, VPP de 92 %, VPN 70 %.</p>

Études	Analyses statistiques		
	Analyses statistiques descriptives	Tests de corrélation	Test paramétrique (test t de Student) et non paramétrique (test de Mann Whitney , Wilcoxon)
Lin et al., 2007⁸⁸	-38 % des 124 cas ont révélé une thrombose veineuse profonde s'étendant jusqu'aux veines iliaques, dont 23 (49 %) ont été identifiés par échographie Doppler (VD) ; -20 % étaient dus à une compression extrinsèque ; -5 % présentaient une veine iliaque commune hypoplasique ou sténosée ; --les 36 % restants n'avaient pas de causes apparentes pour les formes d'ondes monophasiques.		
William B. Schroedter et al., 2011⁸⁹			-Les observations appariées n'ont pas montré des différences de pulsatilité en pré et en post opératoire ($p > 0.05$). (Test de t de student et test de Wilcoxon ont été utilisé)
William B. Schroedter et al., 2014⁸⁹	-En position dorsale, 100 % des patients ont un Doppler fémoral à phasicité respiratoire. Après le changement d'une position debout et puis la dorsiflexion de la jambe, le Doppler de la VF devient pulsatile chez 100 % des sujets.		
Taute et al., 2015⁷³	Le RHS (pour right heart score) $\geq 1,5$ est corrélé à un Doppler de la VF à modulation cardiaque avec : fréquence de 92 %, sensibilité de 96 % et spécificité de 88 %. Analyse de ROC, aire sous la courbe (AUC = 0,94, $p < 0,0001$)		

Abréviations : AUC, area under curve ou l'aire sous la courbe ; DVD, dysfonction ventriculaire droite ; IP, index de pulsatilité ; PVC, pression veineuse centrale ; ROC, receiver operating characteristic ou test de performance ; RT, régurgitation tricuspide ; VF, veine fémorale ; VPP, valeur prédictive positive ; VPN, valeur prédictive négative.

Annexe 7

Diagramme d'analyse des résultats (d'après Page et al.¹³⁹)



Annexe 8

Délirium congestif

En ce qui concerne la pathogénèse du délirium ou du sous-syndrome du délirium, il n'y a pas d'hypothèse unique pour expliquer la physiopathologie. Sept hypothèses ont été proposées : « neuro-inflammatoire », « vieillissement neuronal », « neuro endocrinienne », « stress oxydatif », « déficit en neurotransmetteur », « dérèglement diurne » et finalement

« déconnexion du réseau »¹⁴⁰. Pour le délirium et SSD post opératoire, l'explication commune est une augmentation de l'activité inflammatoire et de la réponse immunohormonale due au stress opératoire. Cet état de stress provoque des altérations de la microcirculation et augmente la perméabilité de la barrière hémato-encéphalique entraînant une altération de la neurotransmission et la perturbation du fonctionnement des neurones.¹⁶ En chirurgie cardiaque il était rapporté que la circulation extracorporelle (CEC) provoque une activation de la réaction inflammatoire, qui entraîne une cascade de réaction qui génère des neurotoxines. Les perturbations neuronales secondaires à ces neurotoxines qui se traduisent par le délirium.¹⁵

Actuellement, notre compréhension des mécanismes qui sous-tendent le délirium est limitée, ce qui entrave la prévention et le traitement de cette condition, cela entraîne des répercussions néfastes sur les patients. Une hypothèse probable, bien que peu explorée, est la congestion veineuse.

Il a été rapporté qu'il existe un lien entre l'insuffisance cardiaque et le delirium,¹⁹ ce qui a été associé à une augmentation de la mortalité.¹⁴¹ Cette corrélation peut s'expliquer par l'augmentation de la pression hydrostatique dans l'insuffisance cardiaque ou en présence d'une obstruction veineuse, ce qui peut entraîner un œdème cérébral et provoquant des troubles cognitifs²⁰.

Parmi les facteurs prédisposant ou précipitant le délirium décrit récemment dans la littérature, on mentionne l'hypothèse qui supporte un lien entre le délirium et la congestion veineuse en chirurgie cardiaque.^{29,38,113-115} Un lien entre l'insuffisance cardiaque et le délirium a été rapporté¹⁹ et a été identifié comme relié à une augmentation de la mortalité.¹⁴¹ En effet, Dans l'insuffisance cardiaque ou en présence d'une obstruction veineuse, l'augmentation de la pression hydrostatique peut provoquer un œdème cérébral qui peut se manifester par des troubles cognitifs.²⁰

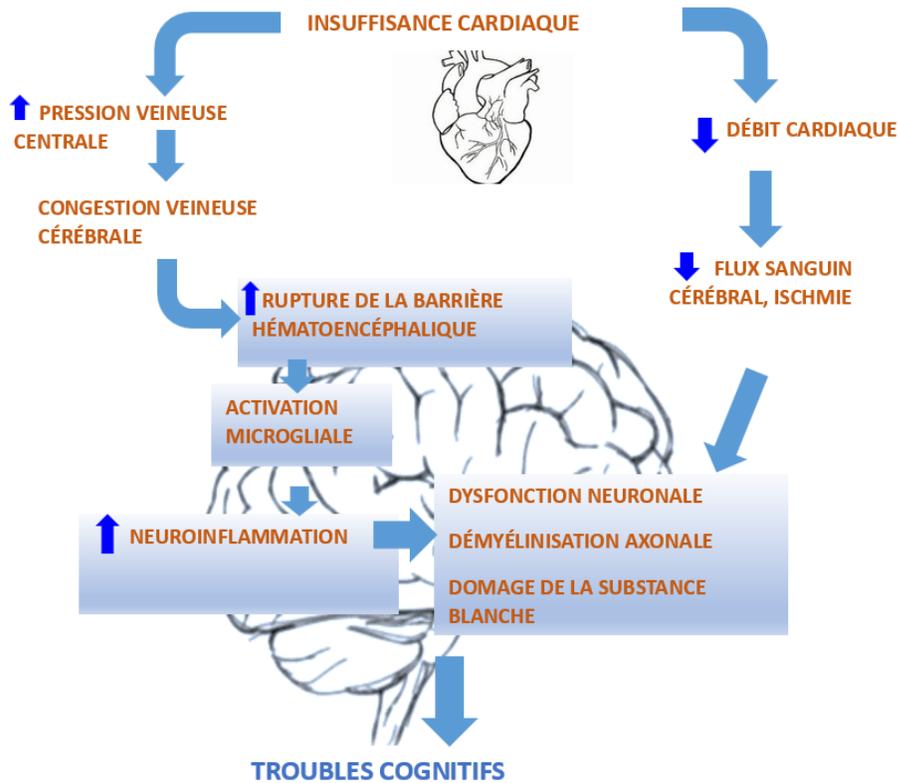
Le mécanisme du développement de ce type de délirium est incertain. Ouchi et al. ont montré que le risque de délirium augmente avec la surcharge liquidienne chez les patients sous ventilation mécanique.²¹ En chirurgie cardiaque, une augmentation de la pression veineuse jugulaire plus que 12 mmHg a été associée à une augmentation de la relâche de biomarqueurs indiquant un bris de la barrière hémato-encéphalique.²⁰

Dans ce même sens, on a rapporté dans une étude de cohorte rétrospective en post chirurgie cardiaque, que le délirium est associé à un bilan liquidien fortement positif.²² De plus, l'œdème qui accompagne souvent la congestion veineuse pourrait entraîner un dysfonctionnement cérébral par altération de la perfusion et la microcirculation cérébrale.²³ Tel que suggéré par Sundaran et al.¹⁴² l'œdème intestinal en insuffisance cardiaque entraîne une relâche de cytokines

qui vont non seulement déprimer la fonction cardiaque (syndrome cardio-intestinal), entraîner une congestion veineuse rénale (syndrome cardio-rénal) mais aussi un syndrome cardio-cérébrale qui est le résultat de la relâche de cytokines qui pénètrent la barrière hémato-encéphalique entraînant un délirium de nature congestive. L'association entre la surcharge volémique et le délirium s'expliquerait en partie par ce mécanisme.^{22,24} Ces constatations sont supportées par une étude de Nguyen qui a rapporté que la barrière hématoencéphalique via le dosage du S100B, était perturbée par la surcharge volémique.²⁴ Fulop et al. ont démontré ainsi le rôle important de la congestion veineuse cérébrale dans la pathogenèse des troubles cognitifs.²⁵ Récemment, Wei et al., ont découvert au cours de la congestion veineuse cérébrale, une diminution importante des neurotransmetteurs et de leurs dérivés dans l'hippocampe, dans le liquide céphalorachidien et dans le cortex cérébral. Cela inclut l'acide gamma amino butyrique (GABA), la nicotinamide (NAM), l'acetyl-L-carnitine (ALCAR) et le N-acetyl-L-cysteine (NAC). Ils ont prouvé qu'uniquement, l'administration du NAC a permis de convertir les signes de troubles cognitifs liés à la congestion veineuse.¹¹⁶

Annexe 9

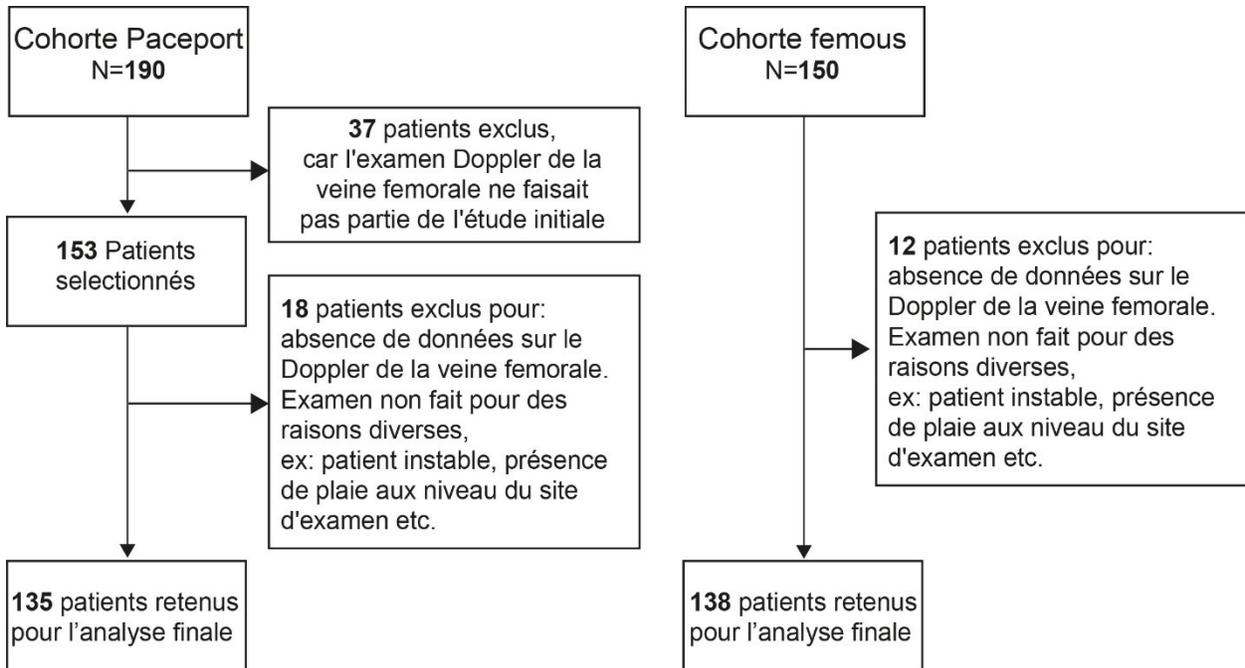
Rôle de la congestion veineuse dans la pathogénèse des troubles cognitifs



Effet de la pression veineuse cérébrale élevée dans les troubles cognitifs chez les patients âgés souffrant d'insuffisance cardiaque. Ce schéma illustre comment l'insuffisance cardiaque entraîne une hypo perfusion cérébrale chronique et une augmentation de la pression veineuse. Cette situation aggrave les lésions de la barrière hémato-encéphalique, déclenche la neuroinflammation, provoque des lésions à la substance blanche et perturbe le fonctionnement neuronal. Tous ces changements contribuent à l'apparition des troubles cognitifs chez les patients âgés atteints d'insuffisance cardiaque. (**Adapté de Fulop,2019²⁵**)

Annexe 10

Diagramme de la sélection des patients de l'étude d'analyse secondaire



Annexe 11

Comment effectuer l'examen de Doppler de la VF^{33,143,144}

Afin d'examiner les veines des membres inférieurs, le lit doit être en position horizontale avec la tête inclinée à 20° ou moins. Pour faciliter le remplissage veineux des membres inférieurs et permettre une certaine dilatation des veines, la position de Trendelenburg inversée peut également être utilisée. Pour une exposition optimale de la VFC, une légère flexion du genou et une rotation externe de la hanche peuvent être effectuées.

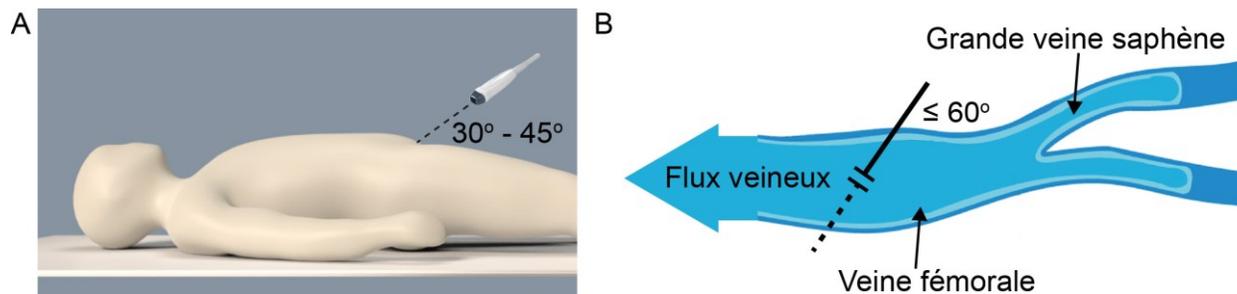
L'examen de la VFC commence à partir du ligament inguinal, il est préférable de commencer par sa partie proximale, car elle est de plus gros calibre et plus facile à détecter.

L'examen Doppler peut être obtenu en examinant la VFC dans son court axe (vue transversale) ou dans son long axe (vue longitudinale), en utilisant une sonde linéaire à haute fréquence. En court axe, l'image est facile à acquérir et permet une évaluation qualitative rapide de la forme de l'onde produite. La vue en long axe a l'avantage de permettre une quantification fiable des vitesses du flux veineux observé, en corrigeant l'angle du curseur à moins de 60° afin d'être dans le même axe que le vaisseau et ne pas sous-estimer le signal Doppler.

L'échelle de vitesse du signal de couleur doit être initialement fixée à 10 cm/s, puis ajustée au besoin. Lors de la vue en court axe, la sonde doit être inclinée en position céphalique jusqu'à 45° pour observer normalement le flux veineux s'éloignant de la sonde. Le Doppler couleur est utilisé pour estimer la vitesse. Le profil Doppler spectral est obtenu en positionnant le curseur au milieu de la veine et en utilisant le Doppler pulsé ou *pulse wave Doppler* (PWD). Pour une évaluation quantitative des vitesses, le profil spectral

Doppler doit être réalisé en coupe de long axe avec une correction de l'angle à moins de 60°. Une légère pression doit être appliquée pour éviter la compression de la veine.

Le Doppler de la VF est normalement non pulsatile et fluctue avec la respiration. Lorsqu'elle est pulsatile, l'onde Doppler de la VF adopte une configuration similaire à celle des veines hépatiques avec des ondes S (systole) et D (diastole), ainsi qu'une onde a et une onde v. Les termes « antérograde » et « rétrograde » sont utilisés pour décrire la direction d'une onde, selon qu'elle est dans le sens ou en opposition avec le flux sanguin. Les ondes S et D sont antérogrades, l'onde a peut-être rétrograde et l'onde v peut être soit neutre, soit antérograde, soit rétrograde.



Position du patient (A), de la sonde d'échographie (A) et du curseur par rapport au flux veineux (B)

Annexe 12

Description et définitions des variables

Variables	Description et définition
Données démographiques et caractéristiques cliniques	
Âge	Tous adultes ayant 18 ans ou plus. Calculé en année
IMC	Indice de masse corporelle. Exprimé en kg/m ²
Alcoolisme	Consommation d'alcool documenté dans le dossier ou par le patient
Tabagique	Consommation de tabac documenté dans le dossier ou par le patient
Diabète	Les patients diabétiques insulino-dépendants ou non
Maladie Pulmonaire Chronique	Maladie pulmonaire chronique documentée dans le dossier
Euroscore II	Scores de risque préopératoire pour la chirurgie cardiaque adulte ¹⁴⁵
Fonction VG	Fonction du ventricule gauche : 1 -Bonne (fraction d'éjection du ventricule gauche=FEVG > 50 %), 2 -Moyenne (FEVG =31 % - 50 %), 3-faible (FEVG=21 % - 30 %), 4-sévère (FEVG < 20 %).

Variables	Description et définition
Données échographiques	
Pulsatilité de la VF (index)	Index de pulsatilité de la VF (%), calculé selon la formule suivante : [(vélocité max) - (vélocité min)]/vélocité Max. la vélocité est exprimée en cm/s
Doppler de la veine hépatique	Normal si $S \geq D$, anormal si $S < D$ ou (S et/ou D) inversé
Données peropératoires	
Durée procédure	Durée de la procédure calculée en minute depuis l'ouverture du thorax jusqu'à la fermeture
Durée de la circulation extracorporelle (CEC)	Durée totale de la CEC en minute jusqu'à la décanulation
Sevrage de la CEC	<p>Sevrage de la CEC. Classé en 3 catégories^{146,147} :</p> <p>1-facile (avec un des éléments suivants : aucun médicament ou une seule classe de vasopresseurs IV) ;</p> <p>2-difficile : Au moins deux des éléments suivants : inotropes IV, vasopresseur IV ou vasodilatateurs pulmonaires inhalés : monoxyde d'Azote, milrinone ou epoprostenol ;</p> <p>3-complexes : Échec de la première tentative de sevrage ou assistance circulatoire mécanique requise</p>

Variables	Description et définition
Complications postopératoires	
Durée d'intubation	Durée de l'intubation depuis l'arrivée aux soins intensifs jusqu'à l'extubation. Calculée en heure jusqu'à 28 jours en post-op. Valeur maximale = 672 h (24 h/jour * 28 jours)
Durée des vasopresseurs	Durée totale d'utilisation des vasopresseurs en post opératoire. On considère les médicaments suivants : noradrénaline, phényléphrine et vasopressine et/ou les inotropes (Milrinone, dopamine, dobutamine et adrénaline). Calculée en heure jusqu'à 28 jours en post-op. Valeur maximale = 672 h (24 h/jour * 28 jours)
Time of persistent organ dysfunction (TPOD)¹⁴⁸	Durée du besoin de support pour un ou plusieurs d'organe pour le maintenir en vie, en d'autres termes, le TPOD représente le temps cumulé avec ce support ou le décès pendant les 28 premiers jours après la chirurgie. On considère par ce support : ventilation mécanique ; traitement vasopresseur (besoin continu d'agents vasopresseurs tels que norépinephrine, épinéphrine, vasopressine, dopamine > 5 µg/kg/min ou phényléphrine > 50 µg/min) ; assistance circulatoire mécanique (besoin continu d'appareils mécaniques tels qu'une pompe à ballonnet intra-aortique ou ECMO ; dialyse aiguë continue ou intermittente. Les participants décédés au cours de la période d'observation ont obtenu le TPOD imputé à partir du moment du décès jusqu'à la fin de la période d'observation (24 heures pendant 28 jours = 672 heures).
Durée de séjour aux soins intensifs (SI)	Durée de séjour aux SI, depuis l'admission jusqu'à la sortie des soins (incluant la réadmission aux soins durant la période de l'étude). Calculée en heure jusqu'à 28 jours en post-op. Valeur maximale = 672 h (24 h/jour * 28 jours)

Variables	Description et définition
Durée d'hospitalisation	Durée d'hospitalisation totale en post-OP (Jour). Calculée en jour jusqu'à 28 jours en post-op. Valeur maximale 28 jours
Insuffisance rénale aiguë (IRA)	<p>Insuffisance rénale aiguë. Définit selon kidney disease : Improving Global Outcomes (KDIGO) selon le niveau d'augmentation de la créatinine par rapport à la valeur de base en pré op¹²¹ :</p> <p>Stade 1 : (augmentation de la créatinine $\geq 27 \mu\text{mol/L}$ en 48 h ou $\geq 50\%$ en 7 jours après la chirurgie</p> <p>Stade2 : $\geq 100\%$ d' augmentation de la créatinine,</p> <p>Stade 3 : $\geq 200\%$ d'augmentation de la créatinine ou valeur de créatinine dépassant $\geq 354 \mu\text{mol/L}$ avec une augmentation minimale de $27 \mu\text{mol/L}$ par rapport à la valeur de base ou initiation de la dialyse.</p>
Saignement majeur	Saignement majeur calculé selon les critères de Bleeding Academic Research consortium (BARC) ¹²⁰ selon les éléments suivants : hémorragie intracrânienne peropératoire dans les 48 heures post op, ou ré intervention après la fermeture d'une sternotomie dans le but de contrôler l'hémorragie, ou transfusion de ≥ 5 unités de sang total de concentré de globules rouges sanguins dans une période de 48 heures, ou débit drainage via le drain thoracique $\geq 2 \text{ L}$ dans une période de 24 heures
Réintervention chirurgicale	Réintervention chirurgicale pour des saignements majeurs ou pour des complications reliées à la chirurgie
Accident vasculaire cérébrale (AVC)	Défini par un déficit neurologique central persistant plus que 72 heures ¹⁴⁹

