

ANNEE 2022

N°

**ETUDE DU FLUX VEINEUX PORTAL ET RENAL DANS LE
DIAGNOSTIC DE LA CONGESTION VEINEUSE ET LA
PREDICTION DE LA REPONSE A LA DEPLETION
HYDROSODEE PAR DIURETIQUE DE L'ANSE**

THESE

Présentée

à l'UFR des Sciences de Santé de Dijon
Circonscription Médecine

et soutenue publiquement le 06/10/2022

pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

par M. BAHR Pierre-Alain

Né le 12 février 1992

A Chenôve (21)

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à la disposition de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur.

Ceci implique une obligation de citation et de référencement dans la rédaction de vos travaux.

D'autre part, toutes contrefaçons, plagiat, reproductions illicites encourrent une poursuite pénale.

De juridiction constante, en s'appropriant tout ou partie d'une œuvre pour l'intégrer dans son propre document, l'étudiant se rend coupable d'un délit de contrefaçon (au sens de l'article L.335.1 et suivants du code de la propriété intellectuelle). Ce délit est dès lors constitutif d'une fraude pouvant donner lieu à des poursuites pénales conformément à la loi du 23 décembre 1901 dite de répression des fraudes dans les examens et concours publics.

ANNEE 2022

N°

**ETUDE DU FLUX VEINEUX PORTAL ET RENAL DANS LE
DIAGNOSTIC DE LA CONGESTION VEINEUSE ET LA
PREDICTION DE LA REPONSE A LA DEPLETION
HYDROSODEE PAR DIURETIQUE DE L'ANSE**

THESE

Présentée

à l'UFR des Sciences de Santé de Dijon
Circonscription Médecine

et soutenue publiquement le 06/10/2022

pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

par M. BAHR Pierre-Alain

Né le 12 février 1992

A Chenôve (21)

Année Universitaire 2022-2023
au 1^{er} **Septembre 2022**

Doyen :
Assesseurs :

M. Marc MAYNADIÉ
M. Pablo ORTEGA-DEBALLON
Mme. Laurence DUVILLARD

PROFESSEURS DES UNIVERSITES – PRATICIENS HOSPITALIERS

			Discipline
M.	Jean-Louis	ALBERINI	Biophysiques et médecine nucléaire
M.	Sylvain	AUDIA	Médecine interne
M.	Marc	BARDOU	Pharmacologie clinique
M.	Jean-Noël	BASTIE	Hématologie - transfusion
M.	Emmanuel	BAULOT	Chirurgie orthopédique et traumatologie
M.	Christophe	BEDANE	Dermato-vénérologie
M.	Yannick	BEJOT	Neurologie
M.	Moncef	BERHOUMA	Neurochirurgie
Mme.	Christine	BINQUET	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
M.	Philippe	BONNIAUD	Pneumologie
M.	Alain	BONNIN	Parasitologie et mycologie
M.	Bernard	BONNOTTE	Immunologie
M.	Olivier	BOUCHOT	Chirurgie cardiovasculaire et thoracique
M.	Belaid	BOUEMAD	Anesthésiologie - réanimation chirurgicale
M.	Benjamin	BOUILLET	Endocrinologie
M.	Alexis	BOZORG-GRAYELI	Oto-Rhino-Laryngologie
Mme.	Marie-Claude	BRINDISI	Nutrition
M.	Alain	BRON	Ophtalmologie
Mme.	Mary	CALLANAN (WILSON)	Hématologie type biologique
M.	Patrick	CALLIER	Génétique
Mme.	Catherine	CHAMARD-NEUWIRTH	Bactériologie - virologie; hygiène hospitalière
M.	Pierre-Emmanuel	CHARLES	Réanimation
M.	Jean-Christophe	CHAUVET-GELINIER	Psychiatrie d'adultes, Addictologie
M.	Nicolas	CHEYNEL	Anatomie
M.	Alexandre	COCHET	Biophysique et médecine nucléaire
M.	Luc	CORMIER	Urologie
M.	Yves	COTTIN	Cardiologie
M.	Charles	COUTANT	Gynécologie-obstétrique
Mme.	Catherine	CREUZOT-GARCHER	Ophtalmologie
M.	Frédéric	DALLE	Parasitologie et mycologie
M.	Alexis	DE ROUGEMONT	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
M.	Hervé	DEVILLIERS	Médecine interne
Mme.	Laurence	DUVILLARD	Biochimie et biologie moléculaire
M.	Olivier	FACY	Chirurgie générale
Mme.	Laurence	FAIVRE-OLIVIER	Génétique médicale
Mme.	Patricia	FAUQUE	Biologie et Médecine du Développement
Mme.	Irène	FRANCOIS-PURSSELL	Médecine légale et droit de la santé
Mme.	Marjolaine	GEORGES	Pneumologie
M.	François	GHIRINGHELLI	Cancérologie
M.	Charles	GUENANCIA	Physiologie
M.	Pierre Grégoire	GUINOT	Anesthésiologie – réanimation chirurgicale
M.	Frédéric	HUET	Pédiatrie
Mme.	Agnès	JACQUIN	Physiologie
M.	Pierre	JOUANNY	Gériatrie
M.	Philippe	KADHEL	Gynécologie-obstétrique

M.	Sylvain	LADOIRE	Histologie
M.	Gabriel	LAURENT	Cardiologie
M.	Côme	LEPAGE	Hépatogastroentérologie
M.	Romaric	LOFFROY	Radiologie et imagerie médicale
M.	Luc	LORGIS	Cardiologie
M.	Jean-François	MAILLEFERT	Rhumatologie
M.	Cyriaque Patrick	MANCKOUNDIA	Gériatrie
M.	Sylvain	MANFREDI	Hépatogastroentérologie
M.	Laurent	MARTIN	Anatomie et cytologie pathologiques
M.	David	MASSON	Biochimie et biologie moléculaire
M.	Marc	MAYNADIÉ	Hématologie – transfusion
M.	Marco	MIDULLA	Radiologie et imagerie médicale
M.	Thibault	MOREAU	Neurologie
Mme.	Christiane	MOUSSON	Néphrologie
M.	Paul	ORNETTI	Rhumatologie
M.	Pablo	ORTEGA-DEBALLON	Chirurgie Générale
M.	Pierre Benoit	PAGES	Chirurgie thoracique et vasculaire
M.	Jean-Michel	PETIT	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
M.	Christophe	PHILIPPE	Génétique
M.	Lionel	PIROTH	Maladies infectieuses
Mme.	Catherine	QUANTIN	Biostatistiques, informatique médicale
M.	Jean-Pierre	QUENOT	Réanimation
M.	Patrick	RAT	Chirurgie générale
M.	Patrick	RAY	Médecine d'urgence
M.	Jean-Michel	REBIBOU	Néphrologie
M.	Frédéric	RICOLFI	Radiologie et imagerie médicale
M.	Paul	SAGOT	Gynécologie-obstétrique
			(Retraite au 1 ^{er} Novembre 2022)
M	Maxime	SAMSON	Médecine interne
M.	Emmanuel	SAPIN	Chirurgie Infantile
M.	Emmanuel	SIMON	Gynécologie-obstétrique
M.	Éric	STEINMETZ	Chirurgie vasculaire
Mme.	Christel	THAUVIN	Génétique
M.	Benoît	TROJAK	Psychiatrie d'adultes ; addictologie
M.	Gilles	TRUC	Oncologie-Radiothérapie
M.	Pierre	VABRES	Dermato-vénéréologie
			(Mission temporaire à Londres du 01/09/2021 au 31/08/2023)
M.	Bruno	VERGÈS	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
M.	Narcisse	ZWETYENGA	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie

PROFESSEURS EMERITES

M.	Laurent	BEDENNE	(01/09/2021 au 31/08/2024)
M.	Jean-François	BESANCENOT	(01/09/2020 au 31/08/2023)
M.	Bernard	BONIN	(01/09/2020 au 31/08/2023)
M.	Laurent	BRONDEL	(01/09/2021 au 31/08/2024)
M.	François	BRUNOTTE	(01/09/2020 au 31/08/2023)
M.	Philippe	CAMUS	(01/09/2019 au 31/08/2022)
M.	Jean-Marie	CASILLAS-GIL	(01/09/2020 au 31/08/2023)
M.	Pascal	CHAVANET	(01/09/2021 au 31/08/2024)
M.	Jean-Pierre	DIDIER	(01/11/2021 au 31/10/2024)
M.	Serge	DOUVIER	(15/12/2020 au 14/12/2023)
M.	Maurice	GIROUD	(01/09/2022 au 31/12/2025)
M.	Henri-Jacques	SMOLIK	(01/09/2019 au 31/08/2022)
M.	Pierre	TROUILLOUD	(01/09/2020 au 31/08/2023)

**MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES
PRATICIENS HOSPITALIERS DES DISCIPLINES MEDICALES**

			Discipline Universitaire
Mme.	Lucie	AMOUREUX BOYER	Bactériologie
Mme.	Julie	BARBERET	Biologie et médecine du développement et de la reproduction- gynécologie médicale
Mme.	Louise	BASMACIYAN	Parasitologie-mycologie
Mme.	Shaliha	BECHOUA	Biologie et médecine du développement (Disponibilité)
M.	Guillaume	BELTRAMO	Pneumologie
M.	Mathieu	BLOT	Maladies infectieuses
Mme.	Marie-Lorraine	CHRETIEN	Hématologie
Mme.	Vanessa	COTTET	Nutrition
M.	Damien	DENIMAL	Biochimie et biologie moléculaire
M.	Valentin	DERANGERE	Histologie
Mme.	Ségolène	GAMBERT	Biochimie et biologie moléculaire
Mme.	Françoise	GOIRAND	Pharmacologie fondamentale
M.	David	GUILLIER	Anatomie, chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique, brulologie
M.	Alain	LALANDE	Biophysique et médecine nucléaire
Mme.	Stéphanie	LEMAIRE-EWING	Biochimie et biologie moléculaire
Mme.	Anne-Sophie	MARIET	Biostatistiques, informatique médicale
M.	Pierre	MARTZ	Chirurgie orthopédique et traumatologie
M.	Thomas	MOUILLOT	Physiologie
M.	Alain	PUTOT	Gériatrie (Disponibilité pour convenances personnelles)
Mme.	Claire	TINEL	Néphrologie
M.	Antonio	VITOBELLO	Génétique
M.	Paul-Mickaël	WALKER	Biophysique et médecine nucléaire

PROFESSEUR ASSOCIE DES DISCIPLINES MEDICALES

M.	Ludwig Serge	AHO GLELE	Hygiène hospitalière
M.	Victorin	AHOSSI	Odontologie
M.	Jacques	BEURAIN	Neurochirurgie
M.	Jean-Michel	PINOIT	Pédopsychiatrie

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

Mme.	Katia	MAZALOVIC	Médecine Générale
Mme.	Claire	ZABAWA	Médecine Générale

PROFESSEURS ASSOCIES DE MEDECINE GENERALE

M.	Clément	CHARRA	Médecine Générale
M.	Arnaud	GOUGET	Médecine Générale
M.	François	MORLON	Médecine Générale

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES DE MEDECINE GENERALE

M.	Jérôme	BEAUGRAND	Médecine Générale
Mme.	Anne	COMBERNOUX -WALDNER	Médecine Générale
M.	Benoit	DAUTRICHE	Médecine Générale
M.	Alexandre	DELESVAUX	Médecine Générale
M.	Rémi	DURAND	Médecine Générale
M.	Olivier	MAIZIERES	Médecine Générale
Mme.	Ludivine	ROSSIN	Médecine Générale

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

Mme.	Anaïs	CARNET	Anglais
Mme.	Catherine	LEJEUNE	Pôle Epidémiologie
M.	Gaëtan	JEGO	Biologie Cellulaire

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

Mme.	Marianne	ZELLER	Physiologie
------	----------	---------------	-------------

PROFESSEURS AGREGES de L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE

Mme.	Marceline	EVARD	Anglais
Mme.	Lucie	MAILLARD	Anglais

PROFESSEUR CERTIFIE

M.	Philippe	DE LA GRANGE	Anglais
----	----------	---------------------	---------

PROFESSEURS DES UNIVERSITES – PRATICIENS HOSPITALIERS DES DISCIPLINES PHARMACEUTIQUES

M.	Mathieu	BOULIN	Pharmacie clinique
M.	François	GIRODON	Sciences biologiques, fondamentales et cliniques
Mme.	Evelyne	KOHLI	Immunologie
M.	Antonin	SCHMITT	Pharmacologie

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES PRATICIENS HOSPITALIERS DES DISCIPLINES PHARMACEUTIQUES

Mme.	Amélie	CRANSAC	Pharmacie clinique
M.	Philippe	FAGNONI	Pharmacie clinique
M.	Marc	SAUTOUR	Botanique et cryptogamie

L'UFR des Sciences de Santé de Dijon, Circonscription Médecine, déclare que les opinions émises dans les thèses qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend ne leur donner ni approbation, ni improbation.

COMPOSITION DU JURY

Président : Pr. GUINOT Pierre-Grégoire

Membres : Pr LORGIS Luc

Pr. BOUHEMAD Bélaïd

Dr. PATRIGEON René-Gilles

Dr. BERTHOUD Vivien (directeur de thèse)

SERMENT D'HIPPOCRATE

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

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

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions.

J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité.

Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

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

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

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera.

Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

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

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

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

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

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

Remerciements et dédicaces

Monsieur le Professeur Pierre-Grégoire GUINOT

Merci pour l'honneur que vous me faites de présider ce jury, pour votre soutien, votre bienveillance et vos conseils depuis mes premiers pas jusqu'à l'aboutissement de ce travail, des précédents et de ceux en construction. Votre dynamisme et votre perspicacité, cliniques et scientifiques, auront su m'inspirer la passion de l'hémodynamique et le goût de la recherche. Merci pour vos enseignements et votre disponibilité au sein du département, vous êtes un modèle de travail et d'implication pour vos élèves dont je suis reconnaissant de faire partie.

Monsieur le Professeur Bélaïd BOUHEMAD

Merci de me faire l'honneur de prendre part à ce jury, vous qui nous enseignez avec ténacité les grands principes de notre art et qui guidez chaque promotion à travers les méandres de l'internat. Votre investissement et votre engagement dans le département sont les fondements de notre esprit de corps et un exemple de compagnonnage. Merci pour vos conseils avisés et votre exhortation à la répétition pour progresser.

Monsieur le Professeur Luc LORGIS

Merci d'avoir accepté de juger ce travail, vous resterez l'un de mes premiers contacts avec le monde hospitalier, un symbole de professionnalisme et de pédagogie que je me réjouis d'avoir pu côtoyer. Merci pour cet exemple et votre soutien plusieurs fois renouvelé.

Monsieur le Docteur René-Gilles PATRIGEON

Merci de me faire le très grand plaisir d'être présent pour juger ce travail, toi qui as su par tes connaissances, ton expérience et ton humanité faire s'épanouir mon goût pour la réanimation et l'échographie, et qui m'as inculqué le plaisir d'apprendre et de se questionner pour toujours progresser au service de l'autre. Merci pour tes précieux conseils et tes encouragements inestimables. A l'image de bon nombre de mes prédécesseurs, je me considère comme chanceux d'avoir croisé ton chemin.

Monsieur le Docteur Vivien BERTHOUD

Merci d'être présent aujourd'hui pour participer à l'aboutissement de mon internat et juger ce travail. J'aurai eu la chance d'être accompagné toutes ces années de ta vivacité d'esprit, de ton énergie débordante et de ta bonne humeur au quotidien, sans oublier tes bons conseils et le soutien d'un ami. C'est donc avec impatience que j'attends de pouvoir de nouveau travailler à tes côtés.

A toi, Cindy, ma moitié,

Ces quelques lignes ne suffiront pas à coucher sur le papier ce que tu représentes à mes yeux.

Tu as su me montrer que le bonheur était à portée de main et me rappelles chaque jour qu'il se cache à tes côtés.

Merci pour ton amour sincère distillé dans tes petites attentions cent fois renouvelées, pour ton oreille attentive et ton soutien sans faille quelque que soit l'épreuve, pour ton sourire et ton exaltation qui savent dissiper n'importe quelle ombre au tableau.

Tu doutes parfois, te questionnes, mais j'espère que tu vois à travers ces quelques vérités qui sont les tiennes la femme merveilleuse et la mère exceptionnelle que tu me donnes la chance de côtoyer.

Merci d'être là, merci d'être toi, je t'aime.

A Jade,

Jadou quand tu es sage, petite diabolote quand tu l'es moins.

Petit brin de vie toujours pétillante d'énergie, tu m'as fait découvrir tant de choses auxquelles je n'aurais jamais pu m'attendre.

J'ai hâte que tu puisses lire ces quelques lignes et comprendre ce que m'a apporté notre apprivoisement mutuel, mais prends ton temps pour grandir et t'épanouir, rien ne presse.

Sache en tout cas que je t'aime, car peu importe la nature de notre lien, il est pour moi des plus précieux.

A Hyago, notre boule de poils aux yeux vairons.

Malgré tes halètements peu discrets, tes traces de pattes mouillées ou tes phases hyperactives, les journées seraient bien mornes sans tes accueils festifs à notre retour, tes petits coups de museau en quête de caresses ou tout simplement ta présence réconfortante et pleine de douceur à nos côtés.

A ma famille

A mes parents

Pour lesquels la tirade « sans qui rien de tout cela n'aurait été possible » prend tout son sens. En effet c'est grâce à vous que j'ai pu en arriver là aujourd'hui, grâce à votre éducation, votre présence bienveillante et votre amour quotidien que je suis devenu l'homme que je suis. C'est aussi grâce à votre soutien sans borne et vos efforts pour me permettre d'étudier dans les meilleures conditions que j'ai pu avancer au mieux dans ce cursus. Merci pour tout cela, pour tout le reste et pour le simple fait d'être ceux que vous êtes, je vous aime.

A mes grands-parents

J'aurais tant aimé que vous soyez tous présents aujourd'hui mais je sais que depuis chez vous ou d'où que vous soyez, vous m'envoyez tout votre soutien. Je pense fort à vous et suis fier d'être votre petit-fils.

A mes oncles et tantes, mes cousins et cousines

Merci pour tous ces bons moments passés à vos côtés, ces repas de famille jamais trop copieux ni trop agités !

Aux Clairvaliens, merci pour ces vacances à la campagne, ces balades en forêt, ces descentes en luge, ces baignades au lac et ces parties de pêche, sans oublier votre participation à mon inestimable accent, marque de fabrique comtoise dont je ne saurai me défaire, tout comme mon goût pour le Savagnin.

A Stéphane, mon cousin - mon frère, pour ces semaines de camping inoubliables avec leur lot de vaisselle aux méthodes de séchage sans cesse réinventées, pour ces week-ends et ces vacances ensemble où tu me trainais volontiers sous ton aile dans l'espoir de dégourdir un peu le gamin de la ville que j'étais.

A Maël, mon filleul qui grandit si vite, j'espère que les années à venir nous permettront de partager plus de moments ensemble.

Aux Châlonnais, merci pour ces après-midi piscine / pétanque, ces réveillons de Noël endiablés, ces détournements de chocolats de trianon et ces maquillages à la crème pâtissière.

Aux Lédoniens et alentours, merci pour ces fous rires et ces « jeux de mains, jeux de vilains », finalement l'écart d'âge n'aura pas empêché de se chamailler.

Aux Lyonnais, merci pour ces soirées parfois citronnées à l'italienne se terminant en démonstration d'arts martiaux, pour ces fêtes des lumières et leur initiation au guidage de troupeau dans le métro, mais surtout pour votre accueil toujours aussi chaleureux et bienveillant.

Aux Valréassiens dont l'accent chantant détonne avec le reste de la famille, merci pour votre accueil toujours aussi ensoleillé que votre météo et aussi revigorant que vos bons petits plats.

Aux amis de la famille, qui en sont devenus des membres à part entière.

Dominique, alias Dodo, merci de m'avoir supporté et d'encore y parvenir, toujours dans la joie et la bonne humeur, parfois grâce à l'aide d'un petit bolus. Sois cependant assurée d'avoir tout mon respect.

Rolande, merci pour ces soirées que j'aimais tant étant enfant, pour votre sourire et votre exemple de résilience.

A ma belle-famille

Vous qui m'avez accueilli comme si j'avais toujours été des vôtres, merci pour vos encouragements, votre bonne humeur toujours au rendez-vous, et vos conseils de bricolage et de jardinage renouvelés malgré mes aptitudes maraichères apparemment limitées.

Julien, merci pour ton accueil, que ce soit dans la famille, autour d'un verre ou dans la tribu des deux roues.

A mes amis

A toute la bande issue de ces quatre années de collège partagées mais aussi d'avant, parfois même bien avant ! Que de péripéties et de bons moments passés tous ensemble, je suis parfois nostalgique de ces années d'insouciance où finalement nous profitons de la vie avec peu de contraintes mais sans en avoir vraiment conscience. Vous m'avez accompagné de la maternelle au lycée et je ne pouvais pas rêver mieux. Résultat « quelques » années plus tard, chacun a tracé sa route, écrit ses propres pages et pourtant c'est toujours avec l'insouciance et la fougue de notre adolescence que l'on se retrouve parfois avec joie. En somme, merci à vous pour tous ces souvenirs et j'espère bien vous recroiser à l'avenir !

Aux « kikis », « petits loups » et autres surnoms bien sentis, à cette seconde famille qui s'est formée au cours de ces dernières années et qui pourtant semble avoir toujours existé. Merci pour ces journées, soirées, week-ends et vacances passés tous ensemble à profiter de la vie dans la simplicité, pour votre soutien dans les bons comme les moins bons moments et pour ces fous rires partagés ponctués de quelques discussions sérieuses. Toujours réunis pour les instants importants, j'espère que cela n'est pas près de changer et que je continuerai de voir encore longtemps notre petite troupe s'étoffer. Ne changez rien, restez comme vous êtes : des amis sincères et de belles personnes.

A ceux qui m'ont accompagné sur les bancs de la fac, petit noyau dur face à ces six années de labeur. C'est dans notre cohésion, notre soutien mutuel et nos moments de dérapages que j'ai posé les bases de mon futur métier. Merci pour ces cours suivis avec plus ou moins de concentration, ces déjeuners au RU dans la bonne humeur collective, ces révisions à la BU avec leurs pauses bien méritées parfois un peu trop nombreuses, ces colles de la dernière ligne droite dont le meilleur moment restait le debriefing devant un bon burger, et ces soirées soupapes qui nous permettaient d'oublier le stress accumulé. Tous mes vœux de bonheur dans votre post-internat !

A ceux que l'internat m'a donné la chance de rencontrer

A mes partenaires de promo, mêlant dijonnais, lyonnais, bizontin égaré et pièce rapportée, ce fût un plaisir de passer ces cinq années à vos côtés. Des rencontres de première année, aux thèses de fin de cursus, en passant par les congrès, DU, choix de stage et autres examens annuels plus ou moins mouvementés, l'ambiance souvent plus proche de la colonie de vacances que du cercle de réflexion aura su nous souder.

Alexis, allié de poids de la fac jusqu'à la MIR, tes conseils ne seront pas oubliés qu'ils soient médicaux ou immobiliers.

Baptou, tu m'auras permis d'affronter avec panache ce premier semestre auxerrois et de découvrir un compagnon de route paré à toutes éventualités, le cœur sur la main, fidèle à ses principes, profondément dévoué et prêt à donner le meilleur de lui-même pour les autres, sans oublier ton grain de folie que j'aime tant et que tu caches aux non-initiés. Je ne peux que comprendre que Sharmine t'ait dérobé, soyez heureux tous les deux.

Bastien, clinicien émérite et paratonnerre de la CCV, tes compétences et ton esprit vif dans les situations les plus farfelues ne sont plus à démontrer, tout comme ta bonne humeur et ton sourire constant t'ayant valu le titre bien mérité de M. Sourire. Ce fût un plaisir de t'accompagner lors de notre épopée du privé et c'en est un autre de bientôt œuvrer à tes côtés.

Clémence, symbole même de la joie et de la gaieté, j'aurais aimé que l'on puisse partager un semestre.

Nounouck, définition condensée de ce que l'anesthésie-réanimation peut faire de mieux, tu m'auras accompagné dans bon nombre de semestres, tous plus mémorables les uns que les autres. Parfois ronchon mais toujours prête à rendre service, ton énergie débordante est un modèle d'investissement et ton soutien en service comme à l'extérieur font de toi quelqu'un sur qui je peux compter. Vivement ton retour dijonnais !

Theresa, notre mère à tous, croiser ta route fût une chance, tu es un modèle de douceur, de bienveillance et de gentillesse, en plus d'une médecin intègre et dévouée, merci pour cet exemple.

Valou, Gladiator des temps modernes, je n'oublierai pas nos débuts au CHU entre les mains des tatas.

Yoyo, alias Yvan de Boudinec ou l'homme aux multiples casquettes qui lui vont si bien : anesthésiste-réanimateur, régulateur du 15 bis, marin breton, kebabier en soirée et showman à toute heure. Tu m'auras montré aussi bien ta bonne humeur communicative que ton sérieux dans les situations qui le nécessitent, faisant de toi un collègue apprécié en plus d'un ami fidèle.

Alexandra et Edouard, pas de semestre partagé mais de bons souvenirs engrangés.

Aux compagnons du premier semestre qui ont laissé leurs marques indélébiles : un premier semestre ça ne s'oublie pas, surtout un comme ça ! Je n'aurai pas pu mieux débiter l'internat qu'en votre compagnie, toujours prêts pour de nouvelles sorties, soirées et autres idées saugrenues, vous aurez ponctué ces six mois auxerrois de souvenirs inoubliables, autant pour nous que pour la sécurité. Bonne route à tous et salut les bisous !

Aux côtés mat', cercle caféiné où la cohésion à son apogée et les éclats de rire nous auront permis de traverser les épreuves entre chirurgie mentholée, anesthésie sans opioïde, consultations pré-partum et péridurales à gogo, sans oublier la limitation tragique d'un volatile meurtri. A ces cafés de l'espace et ces soutiens moraux en garde, jamais l'entente anesthésio-chirurgicale n'aura atteint un tel niveau.

Tic et Tac, binôme de tous les imprévus et des situations extrêmes, vous aurez su nous faire passer nos meilleurs moments en salle, entre accent chantant et chirurgie à l'alsacienne.

Black C., adepte des ponctions d'ovocytes du samedi matin et fervente défenseuse de la part médicale de cette maternité, tu auras su nous sortir un peu des blocs et des topos sur les nouveautés dans les troubles ioniques.

Micha, exemple même de ce que l'aéronautique a inspiré à l'anesthésie-réanimation ou vice versa, tu auras été un comparse formidable, une de ces rencontres marquantes que j'aurais aimé côtoyer professionnellement au-delà de ton dernier semestre. Je suis heureux d'avoir gardé contact malgré la distance et de pouvoir encore échanger avec ton esprit aussi brillant qu'espiègle. Des bisous à toute la petite famille.

A la dream team de mon premier semestre en CCV, celui qui déclenchera ma passion pour l'éjection parfaite, le rythme régulier et l'aide aux cœurs épuisés. Une bien belle ambiance et des souvenirs à foison entre chocs cardiogéniques ou hémorragiques, déplétion acharnée et cardioversions à toute heure mais aussi playlists douteuses et montages photos peu assumés.

Anne, notre blonde seulement en surface, femme, mère et médecin accomplie, Auxerre se frotte les mains d'avoir su t'amadouer.

Elodie, spécialiste de l'écho-oculographie et bactériologiste à tes heures perdues, dynamique et impétueuse c'est toujours un plaisir de travailler à tes côtés.

Justine, ton sens de la mode et ton amour de la Birk auront su m'aider à mieux appréhender les tendances actuelles, mais c'est surtout ton implication dans les prises en charge et ta volonté d'aller au bout des choses qui te font honneur.

Aux MIRologues, petits et grands, de tous horizons, qui m'auront permis de garder le cap dans cet océan de prescriptions papier, de DV à toutes les sauces, d'anticorps et de corticothérapies, tout cela à grands coups de boutades, punchlines et pousse-café.

Au binôme de MIR pur souche, merci pour votre accueil au-delà du schisme ambiant dans l'amour de la poutine et avec l'esprit taquin.

Aux trois pioupiou qui ont su déployer leurs ailes et prendre habilement leur envol depuis le deuxième étage pour descendre jusqu'à nos contrées, j'ai hâte de vous voir encore grandir.

Au partisan de l'infectio-réanimation, je te souhaite que la suite de ton cursus puisse t'apporter satisfaction auprès des BMR et d'où qu'elles viennent.

Aux amateurs de puzzles orthopédiques et d'imagerie cérébrale, merci pour ce dernier semestre qui vient clore avec brio mon internat.

A l'hépatologie-réanimation et son fils prodige, merci d'être remonté sur tes terres natales pour ces six mois qui n'auraient pas été les mêmes sans ta gentillesse, tes connaissances partagées et l'épanouissement de ton côté sombre.

Aux SMURistes, amateurs de Ray-Ban et de VL électrique, détenteurs de mille surnoms, toujours en première ligne pour porter secours à la veuve ou l'orphelin que ce soit en service ou hors de nos murs.

Aux Nouchs, duo incomparable que j'ai eu le bonheur de pleinement découvrir entre Auxerre et Dijon, amis des animaux, du travail bien fait dans la bonne humeur et des soirées endiablées, vous manquez aux continentaux depuis que l'île de beauté vous a recueillis alors n'oubliez pas de faire signe lorsque vous passez et profitez pleinement de votre nouveau rôle de parents, cette fois sans poils ni carapace.

JC, je n'oublierai pas de sitôt tes premiers pas de jeune chef exécutés avec brio et ce premier semestre en réanimation haut en couleur entre prescriptions sur fond de « Welcome to S^t Tropez » et pose de drain thoracique de l'extrême.

Aux Canardos, spécimens ornithologiques exceptionnels et preuve vivante que l'amour peut traverser la France mais aussi la barrière anesthésio-endoscopique pour se cristalliser en celle qui sera la plus dijonnaise des marseillaises malgré vos manigances.

Lolo, ma petite prune, merci pour tes capacités de désamorçage que les diplomates du monde entier t'envient, ton verbe haut faisant de toi un conteur né, ton écoute attentive et tes conseils empreints de sagesse pendant nos séances de débriefing. Dommage que le cerveau t'ait fait tourner la tête, tu avais le Cœur dans les veines. Reste fidèle à toi-même où que le vent te porte.

A Pierrot, chevauteur de Wrangler, pourfendeur du diltiazem et disciple du Lasilix, j'ai hâte que nos péripéties MIRologiques se muent en histoires d'ECMO, cette fois-ci dans leur sanctuaire. Merci pour ton soutien, tes conseils avisés et ta vision des choses, sans oublier tes playlists devenues légendaires.

A Cyrille, merci pour ton accueil et tes conseils toujours avisés empreints de bienveillance, la réanimation auxerroise ne serait pas la même sans le pilier que tu es.

A Mathieu, merci pour ton soutien et la transmission de tes petits tips, ton engagement auprès des patients inspirant le respect, sans oublier ton humour caustico-cynique inimitable.

A Maxime, merci pour tes conseils et ton aide inestimable, les statistiques tremblent quand tu ouvres R.

Aux internes auxerrois que j'ai croisés pendant mes remplacements, aussi investis dans la visite du matin que dans les quatre cents coups, bonne route mais sans excès de vitesse.

Aux services qui m'ont accueilli

A l'équipe du bloc auxerrois, merci pour votre accueil et votre enseignement, vous avez posé avec bienveillance les bases d'une spécialité qui m'était encore peu familière.

A l'équipe du bloc de M2O, merci pour ces premiers pas dans les couloirs du bloc du CHU et votre initiation à la gestion des voies aériennes.

A l'équipe du bloc de l'HPDB, merci pour cet autre regard sur le privé et la transmission de votre expertise de l'ALR.

A l'équipe de la maternité et du bloc pédiatrique, merci pour le partage de vos connaissances de la parturiente et du jeune enfant.

A l'équipe de la réanimation auxerroise, merci pour tous ces bons moments à vos côtés, cette ambiance familiale et studieuse qui vous fait honneur. Venir vous voir est toujours un plaisir !

A l'équipe de la réanimation et du bloc cardio-vasculaire, merci pour votre accueil, pour la transmission de votre passion de l'hémodynamique et pour m'avoir supporté pendant dix-huit mois consécutifs, ce n'était pas une mince affaire ... et ce n'est pas terminé.

A l'équipe LIPNESS et à l'équipe de la plateforme de lipidomique du laboratoire LNC INSERM UMR 1231, merci pour votre aide, vos conseils et votre soutien dans la réalisation de mon Master 2.

A l'équipe de la médecine intensive et réanimation, merci pour votre énième accueil, cette fois-ci interne, et votre élan préservé malgré les vagues de COVID successives.

A l'équipe de réanimation neuro-traumatologique, merci pour votre formation à la gestion du neuro-lésé et au déchocage savamment exécuté.

Table des matières

Introduction	21
Matériels et méthodes	23
<i>Patients</i>	23
<i>Mesures échographiques</i>	24
<i>Protocole</i>	25
<i>Définitions</i>	26
<i>Critères de jugement</i>	26
<i>Analyses statistiques</i>	27
Résultats	28
<i>Groupe congestifs</i>	31
<i>Groupe congestifs répondeurs au traitement par diurétique de l'anse</i>	31
<i>Prédiction de la congestion et de la décongestion</i>	36
Discussion	38
Conclusion	41
Bibliographie	43

Table des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques de la population.	29
Tableau 2 : Evolution des paramètres de la cohorte sur la période d'étude.	30
Tableau 3 : Evolution des paramètres cliniques et paracliniques, cardiovasculaires et rénaux, selon la réponse à la décongestion par diurétique de l'anse.	32
Tableau 4 : Evolution des paramètres échographiques hépatiques et rénaux selon la réponse à la décongestion par diurétique de l'anse.	33
Tableau 5 : Evolution du VExUS et des paramètres échocardiographiques selon la réponse à la décongestion par diurétique de l'anse.	34

Table des figures

Figure 1 : Diagramme de flux.	28
Figure 2 : Comparaison des courbes ROC à l'inclusion.	36

Liste des abréviations

IPP : indice de pulsativité portale

IIVR : indice d'impédance veineuse rénale

VCI : veine cave inférieure

VExUS : venous excess ultrasonography score

FEVG : fraction d'éjection du ventricule gauche

CCVG : chambre de chasse du ventricule gauche

SAo : surface aortique

ITVssAo : intégrale temps-vitesse sous-aortique

VES : volume d'éjection systolique

Dc : débit cardiaque

IT : insuffisance tricuspide

RVFAC : right ventricular fractional area change

TAPSE : tricuspid annular plane systolic excursion

S : systolique

D : diastolique

Vmax : vitesse maximale

Vmin : vitesse minimale

IRR : indice de résistivité rénale

NT-proBNP : extrémité N-terminale du propeptide natriurétique de type B

IMC : indice de masse corporelle

DFG : débit de filtration glomérulaire

LJP : levé de jambe passif

PAPs : pression artérielle pulmonaire systolique

ASC : aire sous la courbe

Introduction

Ces dernières années, le diagnostic et le traitement de la surcharge hydrosodée et de la congestion veineuse suscitent un intérêt croissant (1,2). Les premières études dans le domaine de la cardiologie ont démontré une association entre l'insuffisance cardiaque (aiguë ou chronique), la congestion veineuse, la surcharge hydrosodée et les dysfonctions d'organe (3–6). Par la suite, plusieurs études ont montré une association entre la surcharge hydrosodée, la congestion veineuse et la morbi-mortalité en réanimation (1,7,8). La surcharge hydrosodée altère la perfusion tissulaire en relation avec la congestion veineuse et/ou l'œdème tissulaire. Au lit du patient, il est difficile de séparer les patients souffrant de surcharge hydrosodée de ceux souffrant de congestion veineuse, car ces processus sont étroitement liés.

Récemment, plusieurs variables échographiques de la congestion veineuse ont été étudiées dans le contexte de l'insuffisance cardiaque et/ou du syndrome cardio-rénal (3,6,9,10). La mesure de l'indice de pulsatilité portale (IPP), de l'indice d'impédance veineuse rénale (IIVR), du diamètre de la veine cave inférieure (VCI ; et de son indice de distensibilité) et/ou le calcul d'un score échographique de congestion veineuse [*veinous excess ultrasonography score (VExUS)*] sont associés à la congestion veineuse, à la survenue d'une insuffisance rénale aiguë et au pronostic clinique des patients (3,11). L'analyse du flux portal et du flux veineux rénal sont des paramètres prometteurs dont il a été démontré qu'ils sont associés à la surcharge hydrosodée (12,13). Ces indices sont facilement et quotidiennement disponibles au lit du patient en réanimation mais ils n'ont pas été évalués dans ce contexte.

Lorsque les patients présentent un état de congestion veineuse, le traitement consiste en une déplétion hydrosodée en utilisant des diurétiques, principalement des diurétiques de l'anse (14). Une discussion d'experts a fourni des recommandations sur le traitement diurétique chez les patients présentant une congestion veineuse (14). Les experts suggèrent d'évaluer la réponse au traitement diurétique deux heures après son introduction en mesurant la natriurèse et six heures après en évaluant la diurèse (14). Bien que des études aient démontré qu'il n'y a pas de relation forte entre la perte nette de liquide pendant le traitement de la congestion veineuse et l'amélioration clinique ultérieure (15), il a été suggéré que la réponse natriurétique à la dose test de diurétique pourrait prédire une décongestion veineuse appropriée (16), même si cela n'est pas toujours vrai au lit du patient puisqu'il existe une variabilité intra- et inter individuelle (17). Ces observations suggèrent que la réponse aux diurétiques ne devrait probablement pas être évaluée uniquement en termes de natriurèse et de perte nette de liquide mais également en termes d'effets sur des paramètres reproductibles de congestion veineuse.

Actuellement, il n'y a pas d'études en réanimation sur l'utilité des indices échographiques pour identifier les patients souffrant de congestion veineuse et juger de leur réponse au traitement diurétique. Nous supposons que l'analyse Doppler du flux veineux portal et rénal peut identifier les patients souffrant de congestion veineuse et que leurs variations peuvent être associées à une amélioration clinique en cas de déplétion hydrosodée. Ainsi, notre objectif est d'étudier spécifiquement le rôle de l'IPP ainsi que de l'IIVR et de la forme du flux veineux rénal, mais aussi du diamètre de la VCI, du flux veineux sus-hépatique et du VExUS dans le diagnostic de congestion veineuse et la prédiction d'une décongestion veineuse appropriée après déplétion hydrosodée par diurétique de l'anse.

Matériels et méthodes

Patients

Nous avons réalisé une étude prospective, observationnelle et monocentrique dans un secteur de réanimation mixte médico-chirurgical au sein d'un centre hospitalier universitaire (Dijon, France) entre 2019 et 2020. L'étude a été approuvée par le comité de protection des personnes (CPP II) et chaque participant ou son proche a reçu une information écrite et a donné son consentement libre et éclairé. L'étude a été réalisée conformément aux normes éthiques définies dans la Déclaration d'Helsinki de 1964.

Les critères d'inclusion étaient les suivants : âge supérieur à 18 ans et affiliation à la sécurité sociale, décision d'introduction d'un traitement par diurétique de l'anse par le clinicien en charge du patient. L'indication du traitement par diurétique de l'anse était laissée à l'appréciation du médecin et consistait en une déplétion hydrosodée en raison d'une congestion veineuse présumée ou d'un bilan liquidien net positif.

Les critères de non-inclusion étaient : un traitement diurétique antérieur dans les six heures précédentes, une arythmie cardiaque permanente, une insuffisance rénale sévère (débit de filtration glomérulaire $< 30 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot 1,73\text{m}^{-2}$), la nécessité d'une épuration extra-rénale par hémofiltration ou hémodialyse, la présence d'une instabilité hémodynamique majeure (choc), un syndrome du compartiment abdominal, une mauvaise échogénicité, une mesure de protection judiciaire, la grossesse, l'allaitement ou le refus du patient.

Mesures échographiques

L'échocardiographie transthoracique a été réalisée par un médecin expérimenté à l'aide d'un dispositif d'échographie Philips Envisor (Affiniti ultrasound system - Philips Medical System, Suresnes, France) et conformément aux recommandations en vigueur (18,19). Les paramètres échocardiographiques moyens ont été calculés à partir de cinq mesures (indépendamment du cycle respiratoire). Les données ont été acquises et les images hors ligne examinées par un opérateur en aveugle des résultats de l'étude.

La fraction d'éjection du ventricule gauche (FEVG) a été mesurée par la méthode biplan de Simpson sur des coupes quatre et deux cavités. Le diamètre de la chambre de chasse du ventricule gauche (CCVG) a été mesuré sur une coupe parasternale gauche grand axe lors de l'inclusion du patient. La surface aortique (SAo, en cm²) a été calculée comme suit : $\pi * CCVG^2 / 4$. L'intégrale temps-vitesse sous-aortique (ITVssAo) a été mesurée par Doppler pulsé sur une coupe cinq cavités. Le volume d'éjection systolique (VES, en ml) a été calculé comme suit : $ITVssAo * SAo$ et le débit cardiaque (Dc, en l.min⁻¹) comme suit : $VES * \text{fréquence cardiaque (FC)}$. Chez les patients présentant une insuffisance tricuspide (IT), le gradient de pression maximal entre le ventricule droit et l'oreillette droite a été mesuré. La fonction systolique du ventricule droit a été évaluée par la variation de surface systolo-diastolique du ventricule droit [right ventricular fractional area change (RVFAC)] et l'excursion systolique de l'anneau tricuspide en mode temps-mouvement [tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE)]. Le flux sanguin dans les veines sus-hépatiques a été enregistré à partir d'une coupe sous-costale, les vitesses systoliques (S) et diastoliques (D ; en cm.s⁻¹) des veines sus-hépatiques ainsi que le rapport S/D ont été mesurés. Le patient étant en décubitus dorsal, les diamètres de la veine cave inférieure (VCI) ont été mesurés en coupe sous-xiphoidienne à 1 cm de la jonction avec l'oreillette droite, les diamètres maximum et minimum de la VCI ainsi que le pourcentage de variation de ce diamètre ont été mesurés.

L'IPP a été mesuré par Doppler pulsé de la veine porte dans le hile hépatique (20). Les vitesses maximale (Vmax) et minimale (Vmin) du flux portal ont été mesurées par Doppler pulsé. L'IPP a été calculé à l'aide de la formule suivante : $IPP = (V_{max} - V_{min}) / (V_{max})$. L'indice de résistivité rénale (IRR) et l'IIVR ont été mesurés à l'aide d'une sonde Doppler pulsé de 5 MHz. Les mesures Doppler ont été effectuées dans les artères et veines interlobaires des segments supérieur, médian et inférieur de chaque rein (3,21). Pour chaque artère, l'IRR a été calculé comme suit : $(V_{max} \text{ systolique} - \text{vitesse télédiastolique}) / V_{max} \text{ systolique}$. Pour chaque veine, l'IIVR a été calculé comme suit : $(V_{max} \text{ systolique} - \text{vitesse télédiastolique}) / V_{max} \text{ systolique}$. Toutes les valeurs étaient moyennées sur trois mesures puis moyennées une seconde fois pour chaque rein. De plus, la forme du flux doppler veineux rénal a été divisée en cinq grades (de 0 à 5) : continu, continu pulsatile, discontinu biphasique (onde S > onde D), discontinu biphasique (onde D > onde S) et discontinu monophasique D (22).

Protocole

Les patients ont été suivis pendant leur séjour en réanimation : à l'inclusion, à deux heures (H2) et vingt-quatre heures (J1) de l'inclusion, ainsi qu'à la sortie de réanimation. Des mesures hémodynamiques et échographiques ont été effectuées à l'inclusion, puis à H2 et J1. L'examen clinique, l'échographie pulmonaire, la balance liquidienne, la diurèse, la natriurèse, les traitements diurétiques et vasoactifs et le taux plasmatique de l'extrémité N-terminale du propeptide natriurétique de type B (NT-proBNP) ont été enregistrés à l'inclusion, à H2, à J1, ainsi qu'à la sortie de réanimation.

Définitions

Le score de congestion était basé sur des signes cliniques et un biomarqueur, à savoir les crépitations pulmonaires [notés entre 0 (aucun), 1 (moins de la moitié du poumon) et 2 (plus de 50 % du poumon)] (23), les œdèmes périphériques [notés entre 0 (aucun), 1 (cheville), 2 (jambe) et 3 (corps)], les lignes B pulmonaires [notées entre 0 (aucune), 1 (plus de deux zones) et 2 (diffuses)] et l'épanchement pleural [classé entre 0 (aucun), 1 (unilatéral) et 2 (bilatéral)] à l'échographie pleuropulmonaire, et la valeur de NT-proBNP [notée 0 (< 1500 pg/ml) ou 1 (> 1500 pg/ml)] (4,16). Le score de congestion allait de 0 à 10 et un patient avec un score supérieur à 3 était considéré comme congestif (4,16).

Le VExUS était calculé comme précédemment décrit (11).

La surcharge hydrosodée a été calculée comme suit : surcharge hydrosodée = (somme des entrées de liquide – sommes des sorties de liquide) / poids à l'admission en réanimation * 100 (24).

Selon la conférence de consensus, une réponse positive au traitement par diurétique de l'anse était définie comme une natriurèse sur les deux heures suivant l'administration supérieure à 50 mmol.l⁻¹ et une diurèse sur les six heures suivant l'administration supérieure à 150 ml.h⁻¹ (14).

Critères de jugement

Le critère de jugement principal était une réponse clinique positive à la déplétion hydrosodée définie par la normalisation du score de congestion à la sortie de réanimation (16).

Les critères de jugement secondaires étaient le taux plasmatique de NT-proBNP, le bilan liquidien net, le VExUS, le diamètre de la VCI, le flux veineux sus-hépatique et les paramètres échocardiographiques de routine.

Analyses statistiques

La normalité a été évaluée à l'aide du test de Shapiro-Wilk. Les données quantitatives sont présentées sous forme de médianes (écart interquartile) ou de moyennes (écart-type), et les données qualitatives sont présentées sous forme de fréquences et de pourcentages. Les variables quantitatives et qualitatives ont été analysées en utilisant les tests de Mann-Whitney, de Student, de Student apparié ou de Wilcoxon selon les cas. La relation entre les variables d'intérêt et la réponse clinique positive a été représentée par une courbe ROC et analysée par la mesure de son aire sous la courbe (ASC). La meilleure valeur seuil a été choisie avec l'indice de Youden le plus élevé. La sensibilité, la spécificité et leurs intervalles de confiance à 95 % ont été calculés pour les meilleures valeurs seuil. Toutes les valeurs de probabilité rapportées étaient bilatérales et une valeur de $p \leq 0,05$, avec correction post-hoc de Bonferroni pour mesures répétées, était considérée comme statistiquement significative. Toutes les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel R version 3.4.4 (R Foundation for Statistical Computing, Autriche).

Résultats

Parmi les patients repérés pendant la période d'étude, 81 ont été inclus et analysés (Figure 1).

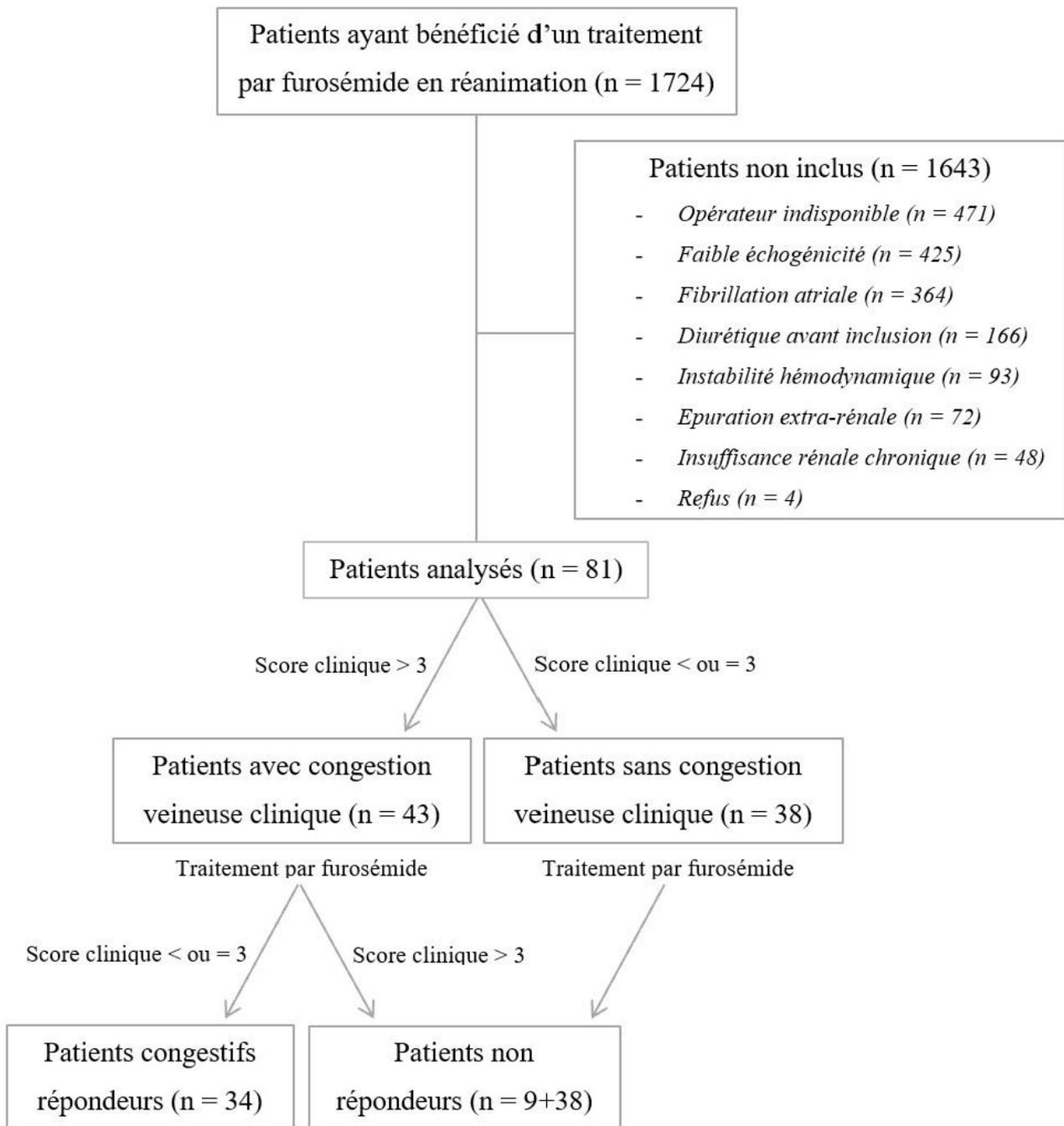


Figure 1 : Diagramme de flux.

Dans la population globale de l'étude, l'âge moyen était de 68 ± 11 ans [hommes : $n = 51$ (63%)], l'IGS2 médian était de 46 ± 18 (Tableau 1).

Tableau 1 : Caractéristiques de la population. Les données sont exprimées en moyenne (\pm écart-type), nombre (%) ou médiane [25^{ème} ; 75^{ème} percentiles]. IMC = indice de masse corporelle ; DFG = débit de filtration glomérulaire ; PAC = pontage aorto-coronarien ; AVC = accident vasculaire cérébral.

	Total (n = 81)
Age (années)	68 (± 11)
Sexe féminin	30 (37)
IMC ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)	27 (± 6)
<i>Antécédents médicaux</i>	
Hypertension artérielle	54 (67)
Diabète	27 (33)
<i>Cardiopathie</i>	
Ischémique	37 (46)
Valvulaire (mitro-aortique)	32 (39)
Insuffisance rénale chronique	17 (21)
DFG estimé ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot 1.73\text{m}^{-2}$)	77 (± 22)
<i>Motif d'admission en réanimation</i>	
Médical / Chirurgical	32 (40) / 49 (60)
Chirurgie cardiaque (PAC, remplacement valvulaire)	49 (60)
Choc septique	13 (16)
Insuffisance cardiaque aiguë / choc cardiogénique	12 (15)
Autres (choc hémorragique, polytraumatisme, AVC, hémorragie sous-arachnoïdienne)	7 (9)
Durée de séjour en réanimation (jours)	5 [3 ; 10]

La cohorte comprenait une population mixte médico-chirurgicale de réanimation dont 43 (53%) avaient une congestion clinique à l'inclusion avec un score de congestion médian de 4 [4 ; 5] (Tableau 2).

Tableau 2 : Evolution des paramètres de la cohorte sur la période d'étude. Les données sont exprimées en nombre (%), médiane [25^{ème} ; 75^{ème} percentiles] ou moyenne (\pm écart-type). * = $p < 0,05$ (référence = inclusion). NA = non applicable ; NT-proBNP = extrémité N-terminale du propeptide natriurétique de type B.

	Inclusion	H2	J1	Sortie réanimation
Noradrénaline	21 (26)	18 (22)	15 (19)	0
Dobutamine	14 (17)	10 (12)	3 (4)	0
Diurèse				
A 6 heures (ml)	238 [170 ; 348]	740 [525 ; 1100]	650 [329 ; 948]	470 [342 ; 650]
A 6 heures (ml.kg ⁻¹ .h ⁻¹)	0,5 [0,4 ; 0,8]	1,7 [1,2 ; 2,3]	1,4 [0,6 ; 2,1]	1 [0,8 ; 1,5]
Natriurèse (mmol.l ⁻¹)	25 [12 ; 55]	96 [69 ; 116]	81 [50 ; 105]	NA
Bilan liquidien des dernières 24h (ml)	989 [171 ; 1589]	NA	-660 [-1451 ; -263]	-1110 [-2384 ; -16]
Score de congestion veineuse	3 [1 ; 4]		2 [1 ; 3]	1 [0 ; 1] *
Critères de congestion cliniques	43 (53)	NA	32 (40)	4 (5) *
Crépitants pulmonaires	29 (36)		10 (12)	4 (5)
Œdèmes périphériques	43 (53)		30 (37)	2 (2)
Lignes B	17 (21)		11 (14)	2 (2)
Epanchements pleuraux	20 (25)		19 (23)	8 (10)
NT-proBNP (pg/ml)	2905 [929 ; 5818]	NA	2693 [1191 ; 5194]	2175 [845 ; 5854] *
Poids (kg)	76 (\pm 17)	NA	NA	75 (\pm 15)

Groupe congestifs

Le dosage du NT-proBNP plasmatique était plus élevé chez les patients présentant une congestion clinique : 4014 pg/ml [1504 ; 9407] vs 2265 pg/ml [831 ; 3261], $p = 0,01$. La surcharge hydrosodée ne différait pas entre les deux groupes : 1025 ml.kg⁻¹ [224 ; 1713] vs 1403 ml.kg⁻¹ [382 ; 2535], $p = 0,159$. Davantage de patients avaient un VExUS plus élevé dans le groupe congestif : 2 [0 ; 3] vs 1 [0 ; 2], $p = 0,033$. Les patients avec une congestion clinique différaient de ceux sans congestion clinique au niveau de l'IPP (37% [26 ; 58] vs 27% [20 ; 37], $p = 0,004$) et de l'IIVR (0,29 [0,05 ; 0,41] vs -0,03 [-0,33 ; 0,34], $p = 0,001$).

Le score de congestion était corrélé avec l'IPP ($r = 0,414$, $p < 0,001$), le diamètre de la VCI ($r = 0,246$, $p = 0,027$), le flux veineux sus-hépatique ($r = -0,249$, $p = 0,029$), la forme du flux veineux rénal ($r = 0,342$, $p < 0,001$). Ni la diurèse ni le bilan liquidien n'étaient corrélés avec le diamètre de la VCI, l'IPP, l'IIVR et le score congestif ($p > 0,05$). Le taux plasmatique de NT-proBNP était corrélé au flux veineux sus-hépatique ($r = -0,364$, $p = 0,001$), à l'IPP ($r = 0,249$, $p = 0,026$), à l'IIVR ($r = -0,34$, $p = 0,034$) et à la forme du flux veineux rénal ($r = 0,253$, $p = 0,024$). Le VExUS était corrélé au score de congestion ($r = 0,24$, $p = 0,024$) et non au taux plasmatique de NT-proBNP ($r = 0,91$, $p = 0,42$).

Groupe congestifs répondeurs au traitement par diurétique de l'anse

Parmi les patients congestifs, 34 (79 %) ont bénéficié d'une correction des signes cliniques de congestion (groupe des répondeurs congestifs) après diurétique de l'anse au cours du séjour en réanimation. La dose de diurétique du bolus initial, la dose de diurétique quotidienne totale, le bilan liquidien total au premier jour et à la sortie de réanimation ne différaient pas entre les deux groupes (*Tableau 3*).

Tableau 3 : Evolution des paramètres cliniques et paracliniques, cardiovasculaires et rénaux, selon la réponse à la décongestion par diurétique de l'anse. Les données sont exprimées en moyenne (\pm écart-type) ou médiane [25^{ème} ; 75^{ème} percentiles]. \$ = $p < 0,05$ (référence = groupe non répondeurs), * = $p < 0,05$ (référence = inclusion). NT-proBNP = extrémité N-terminale du propeptide natriurétique de type B ; NA = non applicable.

	Inclusion	H2	J1
<i>Paramètres cardiovasculaires</i>			
Fréquence cardiaque (/min)			
Répondeurs	83 (\pm 16)	82 (\pm 14)	80 (\pm 15)
Non répondeurs	80 (\pm 18)	82 (\pm 16)	84 (\pm 19)
Pression artérielle moyenne (mmHg)			
Répondeurs	80 (\pm 11)	79 (\pm 12)	79 (\pm 10)
Non répondeurs	84 (\pm 13)	85 (\pm 13)	84 (\pm 14)
Pression veineuse centrale (mmHg)			
Répondeurs	14 (\pm 4)	12 (\pm 4)	13 (\pm 5) \$, *
Non répondeurs	13 (\pm 5)	12 (\pm 5)	10 (\pm 5) *
Index cardiaque (l.min ⁻¹ .m ⁻²)			
Répondeurs	2,7 (\pm 0,9)	2,6 (\pm 1)	2,6 (\pm 0,8)
Non répondeurs	2,5 (\pm 0,4)	2,6 (\pm 0,8)	2,7 (\pm 0,8)
NT-proBNP (pg/ml)			
Répondeurs	5658 [2011 ; 9891] \$		3928 [2595 ; 8374] \$
Non répondeurs	1925 [720 ; 3604]		2183 [1014 ; 4020]
<i>Paramètres rénaux</i>			
Diurèse (ml.kg ⁻¹ .h ⁻¹)			
Répondeurs	0,5 [0,4 ; 0,7]	1,6 [0,8 ; 2,7] *	1,4 [0,7 ; 2] *
Non répondeurs	0,6 [0,3 ; 0,8]	1,7 [0,9 ; 2,8]	1,4 [0,6 ; 2,4]
Balance liquidienne (ml)			
Répondeurs	955 [-80 ; 1527]	NA	-505 [-1465 ; 385]
Non répondeurs	1024 [135 ; 1793]		-770 [-1452 ; 155]
Natriurèse (mmol.l ⁻¹)			
Répondeurs	34 (\pm 28)	91 (\pm 33)	73 (\pm 31)
Non répondeurs	39 (\pm 30)	92 (\pm 35)	76 (\pm 36)
Diurétique de l'anse (mg)			
Répondeurs	40 [23 ; 48]	NA	70 [35 ; 134]
Non répondeurs	40 [40 ; 80]		60 [40 ; 120]

A l'inclusion, l'IPP était plus élevé dans le groupe des répondeurs congestifs (45 % [30 ; 68] vs 28 % [22 ; 35], $p = 0,001$). La forme du flux veineux rénal était significativement plus altérée dans le groupe des répondeurs congestifs (3 [2 ; 3] vs 2 [1 ; 2], $p = 0,011$) (Tableau 4).

Tableau 4 : Evolution des paramètres échographiques hépatiques et rénaux selon la réponse à la décongestion par diurétique de l'anse. Les données sont exprimées en moyenne (\pm écart-type), médiane [25^{ème} ; 75^{ème} percentiles] ou nombre (%). $^{\$}$ = $p < 0,05$ (référence = groupe non répondeurs), * = $p < 0,05$ (référence = inclusion). VCI = veine cave inférieure ; S = systolique ; D = diastolique ; IPP = indice de pulsativité portale ; IRR = indice de résistivité rénale ; IIVR = indice d'impédance veineuse rénale.

	Inclusion	H2	J1
<i>Paramètres échographiques hépatiques</i>			
Diamètre VCI (mm)			
Répondeurs	22 (\pm 4)	21 (\pm 4)	21 (\pm 4)
Non répondeurs	22 (\pm 4)	21 (\pm 4)	20 (\pm 5)
Variations VCI (%)			
Répondeurs	6 (\pm 7)	8 (\pm 11)	8 (\pm 9)
Non répondeurs	7 (\pm 7)	8 (\pm 6)	9 (\pm 11)
Onde S sus-hépatique (cm.s ⁻¹)			
Répondeurs	16 [-19 ; 25]	17 [-19 ; 22] $^{\$}$	17 [-15 ; 22] $^{\$}$
Non répondeurs	23 [16 ; 33]	22 [14 ; 30]	27 [21 ; 33]
Onde D sus-hépatique (cm.s ⁻¹)			
Répondeurs	30 [24 ; 36]	30 [23 ; 39] $^{\$}$	29 [19 ; 39]
Non répondeurs	25 [23 ; 31]	20 [14 ; 30]	27 [21 ; 29]
S/D sus-hépatique			
Répondeurs	0,6 [-0,6 ; 1,1]	0,9 [0,6 ; 1,4] $^{\$}$	0,6 [-0,4 ; 1] $^{\$}$
Non répondeurs	0,9 [0,6 ; 1,1]	0,5 [-0,5 ; 1,1]	1,1 [0,9 ; 1,3]
Vitesse portale moyenne (cm.s ⁻¹)			
Répondeurs	19 (\pm 6)	19 (\pm 6)	20 (\pm 6)
Non répondeurs	21 (\pm 6)	21 (\pm 5)	21 (\pm 5)
IPP (%)			
Répondeurs	45 [30 ; 68] $^{\$}$	30 [23 ; 54] $^{\$, *}$	24 [19 ; 36] *
Non répondeurs	28 [22 ; 35]	22 [12 ; 31] *	27 [19 ; 35]
<i>Paramètres échographiques rénaux</i>			
IRR			
Répondeurs	0,71 (\pm 0,07)	0,69 (\pm 0,09)	0,70 (\pm 0,09)
Non répondeurs	0,67 (\pm 0,1)	0,68 (\pm 0,07)	0,68 (\pm 0,06)
IIVR			
Répondeurs	-0,1 [-0,3 ; 0,4]	-0,2 [-0,3 ; 0,1] $^{\$}$	-0,09 [-0,2 ; 0,1] $^{\$}$
Non répondeurs	0,15 [-0,03 ; 0,3]	0,15 [-0,1 ; 0,28]	0,2 [0,04 ; 0,3]

Forme du flux veineux rénal (n)			
Continu			
Répondeurs	1 (1)	2 (2)	2 (2)
Non répondeurs	5 (6)	5 (6)	10 (12)
Pulsatile			
Répondeurs	7 (9)	3 (4)	6 (7)
Non répondeurs	18 (22)	17 (21)	20 (25)
Biphasique (S > D)			
Répondeurs	6 (7)	6 (7)	8 (10)
Non répondeurs	15 (19)	16 (20)	9 (11)
Biphasique (S < D)			
Répondeurs	16 (20)	20 (25)	17 (21)
Non répondeurs	9 (11)	9 (11)	8 (10)
Monophasique D			
Répondeurs	4 (5)	3 (4)	1 (1)
Non répondeurs	0	0	0

Le VExUS était plus élevé dans le groupe des répondeurs congestifs (2 [0 ; 3] vs 1 [0 ; 2], $p = 0,002$). Aucun des autres paramètres échographiques ne différaient entre les deux groupes (Tableau 5).

Tableau 5 : Evolution du VExUS et des paramètres échocardiographiques selon la réponse à la décongestion par diurétique de l'anse. Les données sont exprimées en nombre (%) ou en moyenne (\pm écart-type). ^s = $p < 0,05$ (référence = groupe non répondeurs). VExUS = veinous excess ultrasonography score ; FEVG = fraction d'éjection du ventricule gauche ; ITVssAo = intégrale temps-vitesse sous-aortique ; LJP = levé de jambe passif ; RVFAC = right ventricular fractional area change ; TAPSE = tricuspid annular plane systolic excursion ; PAPs = pression artérielle pulmonaire systolique.

	Inclusion	H2	J1
<i>Grade VExUS (n)</i>			
0			
Répondeurs	10 (12)	12 (15)	15 (19)
Non répondeurs	16 (20)	23 (28)	24 (30)
1			
Répondeurs	4 (5)	1 (1)	0
Non répondeurs	10 (12)	11 (14)	2 (2)
2			
Répondeurs	5 (6)	9 (11)	11 (16)
Non répondeurs	16 (20)	10 (12)	14 (17)
3			
Répondeurs	15 (19)	12 (15)	8 (10)
Non répondeurs	5 (6)	3 (4)	7 (9)

<i>Paramètres échocardiographiques</i>			
FEVG (%)			
Répondeurs	41 (± 13)	41 (± 13)	42 (± 13)
Non répondeurs	41 (± 11)	41 (± 13)	42 (± 13)
Onde E mitrale (cm.s ⁻¹)			
Répondeurs	101 (± 29)	99 (± 33)	101 (± 32)
Non répondeurs	93 (± 33)	92 (± 33)	99 (± 31)
E/A mitral			
Répondeurs	1,9 (± 1,1)	1,7 (± 0,7)	1,7 (± 0,8)
Non répondeurs	1,4 (± 0,6)	1,5 (± 1,0)	1,5 (± 0,8)
E/E' mitral			
Répondeurs	11 (± 5)	11 (± 6)	11 (± 6)
Non répondeurs	11 (± 6)	12 (± 7)	11 (± 5)
Variation ITVssAo après LJP (%)			
Répondeurs	-1,3 (± 11)	1,7 (± 13)	0,7 (± 10)
Non répondeurs	2 (± 12)	-1,6 (± 11)	5,8 (± 14)
RVFAC (%)			
Répondeurs	35 (± 12)	35 (± 11)	38 (± 12)
Non répondeurs	38 (± 10)	40 (± 10)	40 (± 9)
TAPSE (mm)			
Répondeurs	11 (± 4)	12 (± 4)	12 (± 4) ^{\$}
Non répondeurs	14 (± 5)	13 (± 5)	13 (± 5)
PAPs (mmHg)			
Répondeurs	42 (± 12)	37 (± 7)	40 (± 9)
Non répondeurs	39 (± 13)	38 (± 12)	41 (± 14)

Les paramètres échocardiographiques droits et le diamètre de la VCI ne différaient pas entre les deux groupes à l'inclusion.

La diurèse et la natriurèse à H2 ne différaient pas entre les deux groupes : 558 ml (± 319) vs 683 ml (± 354), $p = 0,137$, et 90 mmol.l⁻¹ (± 33) vs 92 mmol.l⁻¹ (± 36), $p = 0,87$. À H2, l'IPP était plus élevé dans le groupe des répondeurs congestifs : 30 % [23 ; 54] vs 22 % [12 ; 31], $p = 0,001$. La forme du flux veineux rénal était significativement plus altérée dans le groupe des répondeurs congestifs. Aucun des autres paramètres échographiques ne différaient entre les deux groupes. Les paramètres échocardiographiques droits et le diamètre de la VCI ne différaient pas entre les deux groupes. Le VExUS était plus élevé dans le groupe des répondeurs congestifs que dans le groupe des non-répondeurs (2 [0 ; 3] vs 0 [0 ; 2], $p = 0,03$).

Prédiction de la congestion et de la décongestion

A l'inclusion, l'IPP et la forme du flux veineux rénal étaient associés à la réponse au traitement diurétique. L'aire sous la courbe (ASC) de l'IPP était de 0,80 [0,70 ; 0,88], $p < 0,0001$. Un seuil optimal de 40% équivalait à une sensibilité de 58% [41 ; 75] et une spécificité de 98% [89 ; 100]. Un seuil de 20% équivalait à une sensibilité de 94% [80 ; 99] et une spécificité de 28% [16 ; 43]. L'ASC de la forme du flux veineux rénal était de 0,72 [0,61 ; 0,82], $p = 0,0001$. Une forme du flux veineux rénal supérieure à un grade 2 équivalait à une sensibilité de 69% [41 ; 75] et une spécificité de 81% [67 ; 91]. Avec une ASC de 0,69 [0,57 ; 0,79], $p = 0,012$, le VExUS était peu prédictif de l'amélioration de la congestion clinique (*Figure 2*).

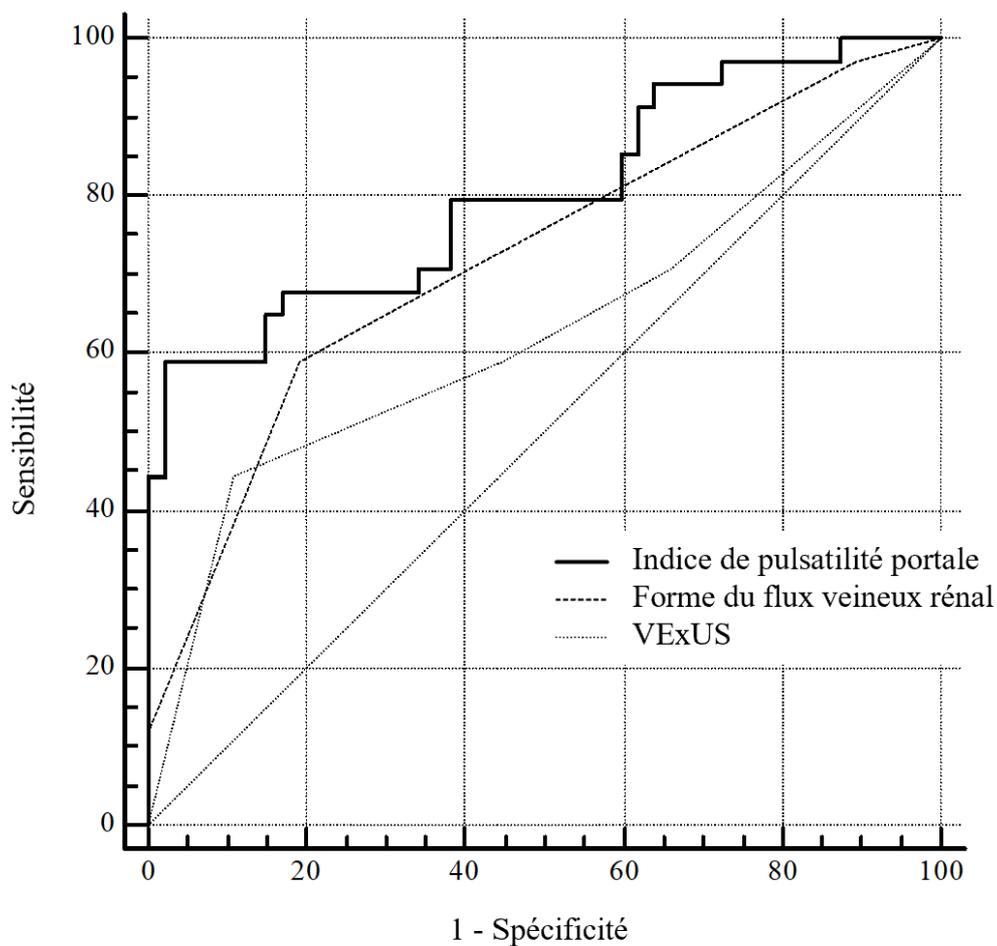


Figure 2 : Comparaison des courbes ROC à l'inclusion. VExUS = veinous excess ultrasonography score.

À H2, l'IPP et la forme du flux veineux rénal prédisaient toujours une amélioration supplémentaire de la congestion clinique. L'ASC de l'IPP était de 0,71 [0,60 ; 0,81], $p = 0,0006$. L'ASC de la forme du flux veineux rénal était de 0,76 [0,65 ; 0,85], $p < 0,0001$. Le VExUS était peu prédictif de l'amélioration de la congestion clinique avec une ASC de 0,69 [0,58 à 0,79], $p = 0,006$. La diurèse et la natriurèse à H2 n'étaient pas prédictives d'une réponse appropriée aux diurétiques à type de décongestion.

Discussion

Cette étude a démontré plusieurs points. [1] Les patients de réanimation souffrant de congestion veineuse présentaient un IPP plus élevé et une forme de flux veineux rénal plus altérée. [2] Les paramètres échocardiographiques droit et gauche n'étaient pas associés à la congestion veineuse. [3] Le VExUS était peu associé à la congestion veineuse. [4] L'IPP et la forme du flux veineux rénal étaient associés à une réponse appropriée aux diurétiques en termes de déplétion hydrosodée en cas de congestion veineuse. [5] L'IPP et la forme du flux veineux rénal étaient deux paramètres de la congestion veineuse en relation avec la volémie.

Il existe un intérêt croissant dans l'évaluation de la congestion veineuse au sein des réanimations, en particulier concernant les paramètres (cliniques et non cliniques) pouvant informer sur la réponse au traitement et associés à l'évolution clinique du patient. Nos résultats ont confirmé pour la première fois une association significative entre l'IPP ainsi que l'IIVR et la congestion/décongestion veineuse. Aucun des autres paramètres échocardiographiques n'étaient associés à la congestion tout comme le VExUS qui prédisait mal la congestion/décongestion veineuse. Bien que ces résultats soient importants, ils ne sont pas surprenants et ce pour plusieurs raisons.

L'insuffisance cardiaque droite et/ou gauche est un processus complexe qui peut être associé à plusieurs phénotypes d'altérations échocardiographiques, y compris avec des paramètres habituellement utilisés pour évaluer la précharge et la congestion veineuse. La maladie sous-jacente ayant amené le patient en réanimation (syndrome de détresse respiratoire aigu, pneumonie, cirrhose, ...), la ventilation mécanique et les thérapeutiques mises en place peuvent également modifier ces paramètres. Le diamètre de la VCI et le flux veineux sus-hépatique sont deux paramètres qui pourraient mieux refléter la gravité de l'état cardiovasculaire sous-jacent du patient que sa volémie. La dilatation de la VCI est souvent présente dans l'insuffisance

cardiaque droite, l'hypertension pulmonaire ou le cœur pulmonaire aigu et a été associée à une altération de la fonction rénale (6). Une question quotidienne demeure cependant : la dilatation de la VCI reflète-t-elle la volémie, l'insuffisance cardiaque ou les deux ? Dans une élégante série de cas, *R. Argaiiz et al* ont discuté ce point qui est également confirmé par notre travail (12). L'IPP reflétait mieux la volémie que le diamètre de la VCI qui reflétait mieux, quant à elle, l'état du cœur droit/gauche. Dans l'étude de *R. Argaiiz et al* ainsi que dans la nôtre, la balance liquidienne était peu associée au diamètre de la VCI et à ses modifications. A l'inclusion, l'IPP était élevé puis diminuait avec la déplétion hydrosodée (25). Les mêmes résultats ont été démontrés pour le flux veineux rénal. La congestion veineuse due à une expansion volémique augmentait l'IIVR qui diminuait lui aussi lors d'une déplétion hydrosodée induite par diurétiques (26).

En revenant à la physiologie, nous pouvons facilement expliquer pourquoi l'IPP est un indicateur de congestion veineuse. La circulation splanchnique a un rôle de réservoir sanguin comprenant le sang de l'intestin, de l'estomac, de la rate et du foie (27). Le réservoir sanguin splanchnique peut être modulé pour augmenter le retour veineux. Chez les patients souffrant d'insuffisance cardiaque, le volume sanguin splanchnique est élevé et sa capacitance diminue. L'IPP peut informer indirectement sur le débit sanguin splanchnique et sur la relation entre sa capacitance et la volémie. Au contraire, la VCI et les veines sus-hépatiques peuvent être plus sensibles à la fonction cardiaque et aux interactions thoraco-abdominales (28). Ainsi, l'analyse échographique peut refléter ces points. Le flux veineux rénal est un indicateur de congestion veineuse en raison de la position anatomique du rein. Les reins sont des organes rétropéritonéaux avec un volume limité par une capsule rigide, ainsi ils ont une faible capacitance vasculaire. Ces particularités physiologiques rendent les reins sensibles à tout phénomène de congestion veineuse (29). Comme les reins ont une faible capacitance veineuse, toute augmentation de la volémie est associée à une pulsatilité précoce de leur flux veineux.

C'est pourquoi nous avons démontré une faible prédictibilité du VExUS. La première étape du VExUS étant de mesurer le diamètre maximal de la VCI qui doit être supérieur à 2 cm (11). Mais ce diamètre n'a pas de lien physiologique fort avec la congestion veineuse car il dépend de plusieurs facteurs précédemment discutés (28). Le diamètre de la VCI dans notre étude n'était pas significativement différent entre les patients congestifs et non congestifs, notamment en cas d'insuffisance cardiaque mixte sous-jacente. De plus, nous avons observé des patients avec un diamètre de la VCI inférieur à 2 cm mais avec une pulsatilité veineuse des flux portal et/ou rénal (données non montrées).

La majorité des prises en charge de nos patients étaient en accord avec les recommandations sur la déplétion hydrosodée. Malgré ces points, et comme démontré précédemment, la réponse de la congestion veineuse à la déplétion hydrosodée est très variable et peu prédictive (30). Nous n'avons pas démontré d'association entre le volume de déplétion hydrosodée et l'évolution de la congestion veineuse. Le volume de déplétion hydrosodée ne préjuge pas de la réponse à celle-ci car il y a trop de variabilité intra- et/ou interindividuelle alors que le flux veineux portal permet de juger individuellement de la réponse au traitement. Nous pensons que l'évaluation de ces flux veineux doit être répétée dans le temps, probablement deux heures après l'administration des diurétiques, de manière concomitante à l'évaluation de la diurèse et de la natriurèse. Comme nous avons observé des variations précoces, cette évaluation peut confirmer l'effet de la déplétion hydrosodée sur les paramètres de congestion veineuse. L'insuffisance cardiaque et/ou la surcharge hydrosodée ne sont pas nécessairement des "congestions veineuses", ainsi l'évaluation Doppler des flux veineux portal et rénal peut apporter des éléments cliniques importants, d'autant plus lors d'une évaluation précoce après traitement.

L'étude présente certaines limites. Il s'agit d'une étude observationnelle, prospective, monocentrique qui comporte les limites habituelles d'une telle conception. Bien que médico-chirurgicale, la population comportait une part importante de patients en post-opératoire de

chirurgie cardiaque pouvant expliquer la fréquence des altérations de la fonction cardiaque retrouvées. Nous avons défini la congestion veineuse en utilisant un score de congestion veineuse. Ce score a été adapté à partir de précédents scores de congestion veineuse dont la pertinence clinique a été démontrée. Nous pensons que ce score de congestion veineuse est plus robuste et reproductible. Les patients congestifs présentaient des signes cliniques et non-cliniques cohérents de congestion veineuse. Nous n'avons pas réalisé d'analyse longitudinale sur des mesures répétées échographiques par manque de puissance, ce dernier est en partie explicable par une échogénicité variable en fonction du temps chez un même patient aboutissant à des pertes de données. Cependant un des aspects importants en pratique clinique étant la rapidité de prise en charge et de traitement, nous nous sommes focalisés sur des indices pertinents en termes de précocité de leur apport dans la réflexion clinique.

En conclusion, notre étude a démontré que l'évaluation Doppler des flux veineux portal et rénal était associée à la congestion veineuse et à la surcharge hydrosodée. L'IPP et l'IIVR ainsi que la forme du flux veineux rénal prédisaient une réponse appropriée à la déplétion hydrosodée chez les patients congestifs. D'autres études randomisées intégrant ces indices pourraient confirmer ces observations.

THESE SOUTENUE PAR M. BAHR Pierre-Alain

CONCLUSIONS

La surcharge hydrosodée, pouvant entraîner congestion veineuse et œdème interstitiel, suscite un intérêt croissant en réanimation de par son impact sur la morbi-mortalité des patients. Son traitement actuel repose sur une déplétion hydrosodée par diurétiques de l'anse. Cependant ni les critères diagnostiques, ni les paramètres de suivi de l'efficacité thérapeutique ne sont actuellement satisfaisants.

Notre travail a permis de mettre en évidence que dans une population de réanimation médico-chirurgicale dichotomisée sur la base d'un score de congestion veineuse clinique, l'indice de pulsatilité portale, l'indice d'impédance veineuse rénale ainsi que la forme du flux veineux rénal, évalués par échodoppler, étaient respectivement plus importants et d'un grade plus élevé chez les patients congestifs que chez les non congestifs et ce de manière significative.

De plus ces paramètres sont également associés significativement à la réponse à la déplétion hydrosodée lorsque l'on compare les patients corrigeant leur score de congestion veineuse clinique au reste de la population et ce après traitement par diurétique de l'anse.

Ces résultats sont en faveur d'un apport dans la démarche diagnostique et le monitoring thérapeutique de nos patients en réanimation où la proportion de congestion veineuse est loin d'être négligeable avec des conséquences importantes en termes de morbi-mortalité.

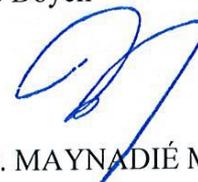
Ils ouvrent la voie à une meilleure compréhension et à un monitoring accru de ce phénomène en pratique courante grâce à ces indices échographiques hépatorénaux dont l'efficacité et la pertinence restent à confirmer par des travaux de plus grande ampleur.

Le Président du jury,



Pr. GUINOT Pierre-Grégoire

Vu et permis d'imprimer
Dijon, le 8 SEPTEMBRE 2022
Le Doyen



Pr. MAYNADIÉ Marc

Bibliographie

1. Lowell JA, Schifferdecker C, Driscoll DF, Benotti PN, Bistrain BR. Postoperative fluid overload: not a benign problem. *Crit Care Med.* juill 1990;18(7):728-33.
2. Miller WL. Fluid Volume Overload and Congestion in Heart Failure: Time to Reconsider Pathophysiology and How Volume Is Assessed. *Circ: Heart Failure* [Internet]. août 2016;9(8).
3. Beaubien-Souligny W, Benkreira A, Robillard P, Bouabdallaoui N, Chassé M, Desjardins G, et al. Alterations in Portal Vein Flow and Intrarenal Venous Flow Are Associated With Acute Kidney Injury After Cardiac Surgery: A Prospective Observational Cohort Study. *J Am Heart Assoc.* 20 sept 2018;7(19):e009961.
4. Ambrosy AP, Pang PS, Khan S, Konstam MA, Fonarow GC, Traver B, et al. Clinical course and predictive value of congestion during hospitalization in patients admitted for worsening signs and symptoms of heart failure with reduced ejection fraction: findings from the EVEREST trial. *European Heart Journal.* 1 mars 2013;34(11):835-43.
5. Gnanaraj JF, von Haehling S, Anker SD, Raj DS, Radhakrishnan J. The relevance of congestion in the cardio-renal syndrome. *Kidney International.* mars 2013;83(3):384-91.
6. Guinot PG, Arab OA, Longrois D, Dupont H. Right ventricular systolic dysfunction and vena cava dilatation precede alteration of renal function in adult patients undergoing cardiac surgery: An observational study. *European Journal of Anaesthesiology.* août 2015;32(8):535-42.
7. Van Regenmortel N, Verbrugghe W, Roelant E, Van den Wyngaert T, Jorens PG. Maintenance fluid therapy and fluid creep impose more significant fluid, sodium, and chloride burdens than resuscitation fluids in critically ill patients: a retrospective study in a tertiary mixed ICU population. *Intensive Care Med.* 2018;44(4):409-17.
8. Meyhoff TS, Møller MH, Hjortrup PB, Cronhjort M, Perner A, Wetterslev J. Lower vs Higher Fluid Volumes During Initial Management of Sepsis. *Chest.* juin 2020;157(6):1478-96.
9. de la Espriella-Juan R, Núñez E, Miñana G, Sanchis J, Bayés-Genís A, González J, et al. Intrarenal venous flow in cardiorenal syndrome: a shining light into the darkness. *ESC Heart Fail.* 8 oct 2018;5(6):1173-5.
10. Husain-Syed F, Birk H, Ronco C, Schörmann T, Tello K, Richter MJ, et al. Doppler-Derived Renal Venous Stasis Index in the Prognosis of Right Heart Failure. *J Am Heart Assoc.* 19 oct 2019;8(21):e013584.
11. Beaubien-Souligny W, Rola P, Haycock K, Bouchard J, Lamarche Y, Spiegel R, et al. Quantifying systemic congestion with Point-Of-Care ultrasound: development of the venous excess ultrasound grading system. *Ultrasound J.* 9 avr 2020;12:16.

12. Argaiz ER, Rola P, Gamba G. Dynamic Changes in Portal Vein Flow during Decongestion in Patients with Heart Failure and Cardio-Renal Syndrome: A POCUS Case Series. *Cardiorenal Med.* 21 janv 2021;1-8.
13. Husain-Syed F, Birk H, Tello K, Richter MJ, Ronco C, McCullough PA, et al. Alterations in Doppler-derived renal venous stasis index during recompensation of right heart failure and fluid overload in a patient with pulmonary hypertension. *Reviews in Cardiovascular Medicine.* 2019;20(4):263.
14. Mullens W, Damman K, Harjola V-P, Mebazaa A, Brunner-La Rocca H-P, Martens P, et al. The use of diuretics in heart failure with congestion — a position statement from the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology. *European Journal of Heart Failure.* 2019;21(2):137-55.
15. Aronson D, Abassi Z, Allon E, Burger AJ. Fluid loss, venous congestion, and worsening renal function in acute decompensated heart failure. *European Journal of Heart Failure.* 2013;15(6):637-43.
16. Caravaca Pérez P, Nuche J, Morán Fernández L, Lora D, Blázquez-Bermejo Z, López-Azor JC, et al. Potential Role of Natriuretic Response to Furosemide Stress Test During Acute Heart Failure. *Circ: Heart Failure [Internet].* juin 2021;14(6).
17. Kenig A, Kolben Y, Asleh R, Amir O, Ilan Y. Improving Diuretic Response in Heart Failure by Implementing a Patient-Tailored Variability and Chronotherapy-Guided Algorithm. *Front Cardiovasc Med.* 11 août 2021;8:695547.
18. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, Flachskampf FA, Foster E, Pellikka PA, et al. Recommendations for Chamber Quantification: A Report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, Developed in Conjunction with the European Association of Echocardiography, a Branch of the European Society of Cardiology. *Journal of the American Society of Echocardiography.* déc 2005;18(12):1440-63.
19. Mitchell C, Rahko PS, Blauwet LA, Canaday B, Finstuen JA, Foster MC, et al. Guidelines for Performing a Comprehensive Transthoracic Echocardiographic Examination in Adults: Recommendations from the American Society of Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography.* janv 2019;32(1):1-64.
20. Huette P, Guinot P-G, Haye G, Moussa MD, Beyls C, Guilbart M, et al. Portal Vein Pulsatility as a Dynamic Marker of Venous Congestion Following Cardiac Surgery: An Interventional Study Using Positive End-Expiratory Pressure. *J Clin Med.* 12 déc 2021;10(24):5810.
21. Guinot P-G, Bernard E, Abou Arab O, Badoux L, Diouf M, Zogheib E, et al. Doppler-Based Renal Resistive Index Can Assess Progression of Acute Kidney Injury in Patients Undergoing Cardiac Surgery. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia.* oct 2013;27(5):890-6.
22. Tang WHW, Kitai T. Intrarenal Venous Flow. *JACC: Heart Failure.* août 2016;4(8):683-6.

23. International Liaison Committee on Lung Ultrasound (ILC-LUS) for the International Consensus Conference on Lung Ultrasound (ICC-LUS), Volpicelli G, Elbarbary M, Blaiwas M, Lichtenstein DA, Mathis G, et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med.* avr 2012;38(4):577-91.
24. Kim IY, Kim JH, Lee DW, Lee SB, Rhee H, Seong EY, et al. Fluid overload and survival in critically ill patients with acute kidney injury receiving continuous renal replacement therapy. *Burdmann EA, éditeur. PLoS ONE.* 14 févr 2017;12(2):e0172137.
25. Bajaj D, Koratala A. Utility of portal venous Doppler in the assessment of fluid status in end-stage kidney disease: think beyond IVC ultrasound. *CEN Case Rep.* 9 nov 2021;
26. Nijst P, Martens P, Dupont M, Tang WHW, Mullens W. Intrarenal Flow Alterations During Transition From Euvolemia to Intravascular Volume Expansion in Heart Failure Patients. *JACC: Heart Failure.* sept 2017;5(9):672-81.
27. Verbrugge FH, Dupont M, Steels P, Grieten L, Malbrain M, Tang WHW, et al. Abdominal Contributions to Cardiorenal Dysfunction in Congestive Heart Failure. *Journal of the American College of Cardiology.* août 2013;62(6):485-95.
28. Via G, Tavazzi G, Price S. Ten situations where inferior vena cava ultrasound may fail to accurately predict fluid responsiveness: a physiologically based point of view. *Intensive Care Med.* juill 2016;42(7):1164-7.
29. Boorsma EM, ter Maaten JM, Voors AA, van Veldhuisen DJ. Renal Compression in Heart Failure. *JACC: Heart Failure.* mars 2022;10(3):175-83.
30. Regolisti G, Antoniotti R, Pastorini G, Fani F, Fiaccadori E. Management of Congestion and Diuretic Resistance in Heart Failure. *Nephrology @ Point of Care.* janv 2016;2(1):pocj.5000200.

TITRE DE LA THESE : Etude du flux veineux portal et rénal dans le diagnostic de la congestion veineuse et l'évaluation de la réponse à la déplétion hydrosodée par diurétique de l'anse

AUTEUR : M. BAHR Pierre-Alain

RESUME :

Introduction : La surcharge hydrosodée, pouvant entraîner congestion veineuse et œdème interstitiel, suscite un intérêt croissant en réanimation de par son impact sur la morbi-mortalité des patients. Son traitement actuel repose sur une déplétion hydrosodée par diurétiques. Cependant ni les critères diagnostiques, ni les paramètres de suivi de l'efficacité thérapeutique ne sont actuellement satisfaisants. Or des indices échographiques par analyse Doppler des flux hépatiques et rénaux pourraient remplir ces critères. Notre objectif est donc d'évaluer l'intérêt de l'analyse des flux veineux portal et rénal en termes de diagnostic de congestion veineuse et de suivi thérapeutique après déplétion hydrosodée par diurétique de l'anse.

Matériels et méthodes : Nous avons réalisé une étude prospective, observationnelle, monocentrique, chez des patients tout venant admis en réanimation médico-chirurgicale et nécessitant l'introduction d'un traitement par diurétique de l'anse. Un score de congestion veineuse clinique (permettant la dichotomie entre patients congestifs et non congestifs) ainsi que des mesures échographiques étaient réalisés à l'inclusion, deux heures et vingt-quatre heures après, puis à la sortie de réanimation. Le critère d'évaluation principal était l'évolution de ce score de congestion clinique après déplétion hydrosodée par diurétique de l'anse.

Résultats : Sur les 81 patients inclus, 43 (53%) ont présenté une congestion veineuse clinique et 34 (79%) d'entre eux ont répondu favorablement à la déplétion hydrosodée par diurétique de l'anse. L'indice de pulsativité portale ainsi que l'indice d'impédance veineuse rénale étaient associés à la congestion veineuse à l'inclusion, respectivement 45% [30 ; 68] vs 28% [22 ; 35] ($p = 0,001$) et 0,29 [0,05 ; 0,41] vs -0,03 [-0,33 ; 0,34] ($p = 0,001$) entre les patients congestifs et non congestifs. Ces deux indices étaient également associés à la réponse thérapeutique, que ce soit à l'inclusion ou à deux heures, avec une aire sous la courbe ROC respectivement à 0,80 [0,70 ; 0,88] ($p < 0,0001$) et 0,71 [0,60 ; 0,81] ($p = 0,0006$) pour l'indice de pulsativité portale, et à 0,72 [0,61 ; 0,82] ($p = 0,0001$) et 0,76 [0,65 ; 0,85] ($p < 0,0001$) pour la forme du flux veineux rénal.

Conclusion : Dans notre étude, l'évaluation Doppler des flux veineux portal et rénal est associée au diagnostic de congestion veineuse et à la prédiction de la réponse à la déplétion hydrosodée par diurétique de l'anse.

MOTS-CLES : congestion veineuse, déplétion hydrosodée, diurétique de l'anse, échographie Doppler, flux veineux hépatique et rénal, réanimation