



L'échographie de la veine jugulaire interne dans l'évaluation de la volémie : une étude descriptive

Quang Vu Jimmy Nguyen

► To cite this version:

Quang Vu Jimmy Nguyen. L'échographie de la veine jugulaire interne dans l'évaluation de la volémie : une étude descriptive. Médecine humaine et pathologie. 2021. dumas-03388423

HAL Id: dumas-03388423

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03388423>

Submitted on 20 Oct 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Université de Nice Sophia Antipolis
Faculté de médecine de Nice année universitaire 2020-2021

THÈSE D'EXERCICE EN MÉDECINE

Pour l'obtention du Diplôme d'État de Docteur en Médecine

L'échographie de la veine jugulaire interne dans l'évaluation de la volémie
—
une étude descriptive

Présentée et soutenue publiquement à la Faculté de Médecine de Nice

Le 14 septembre 2021 par

Monsieur Quang Vu Jimmy NGUYEN

Né le 25 janvier 1994 à Créteil

Interne des Hôpitaux de Nice

Sous la direction du Dr Raphaël CHAMBON

Diplôme d'Études Spécialisées de Néphrologie

Président du jury : Monsieur le Professeur Vincent ESNAULT

Membres du jury : Madame le Docteur Nathalie BERKANE

Monsieur le Docteur Raphaël CHAMBON

Madame la Professeur Barbara SEITZ-POLSKI

Monsieur le Docteur Antoine SICARD



Liste des enseignants au 1er novembre 2020 à la Faculté de Médecine de Nice

Doyen

Pr. BAQUÉ Patrick

Vice-doyens

Pédagogie

Recherche

Étudiants

Pr. ALUNNI Véronique

Pr. DELLAMONICA Jean

M. JOUAN Robin

Chargé de mission projet Campus

Conservateur de la bibliothèque

Directrice administrative des services

Doyens honoraires

Pr. PAQUIS Philippe

Mme AMSELLE Danièle

Mme CALLEA Isabelle

M. RAMPAL Patrick

M. BENCHIMOL Daniel



Liste des enseignants au 1er novembre 2020 à la Faculté de Médecine de Nice

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

- M. BAQUÉ Patrick Anatomie - Chirurgie Générale (42.01)
- M. BERNARDIN Gilles Réanimation Médicale (48.02)
- Mme BLANC-PEDEUTOUR Florence Cancérologie – Génétique (47.02)
- M. DAR COURT Jacques Biophysique et Médecine Nucléaire (43.01)
- M. DRICI Milou-Daniel Pharmacologie Clinique (48.03)
- M. ESNAULT Vincent Néphrologie (52.03)
- M. GILSON Éric Biologie Cellulaire (44.03)
- M. GUGENHEIM Jean Chirurgie Digestive (52.02)
- M. HASSEN KHODJA Reda Chirurgie Vasculaire (51.04)
- M. HÉBUTERNE Xavier Nutrition (44.04)
- M. HOFMAN Paul Anatomie et Cytologie Pathologiques (42.03)
- Mme ICHAI Carole Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
- M. LACOUR Jean-Philippe Dermato-Vénéréologie (50.03)
- M. LEFTHERIOTIS Georges Physiologie ; médecine vasculaire (51.04)
- M. MARQUETTE Charles-Hugo Pneumologie (51.01)
- M. MARTY Pierre Parasitologie et Mycologie (45.02)
- M. MICHIELS Jean-François Anatomie et Cytologie Pathologiques (42.03)
- M. MOUNIER Nicolas Cancérologie, Radiothérapie (47.02)
- M. MOUROUX Jérôme Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire (51.03)
- M. PADOVANI Bernard Radiologie et Imagerie Médicale (43.02)
- M. PAQUIS Philippe Neurochirurgie (49.02)
- Mme PAQUIS Véronique Génétique (47.04)
- M. PRADIER Christian Épidémiologie, Économie de la Santé et Prévention (46.01)
- M. QUATREHOMME Gérald Médecine Légale et Droit de la Santé (46.03)
- M. RAUCOULES-AIMÉ Marc Anesthésie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
- M. ROBERT Philippe Psychiatrie d'Adultes (49.03)
- M. SCHNEIDER Stéphane Nutrition (44.04)
- M. TRAN Albert Hépatogastro-entérologie (52.01)



Liste des enseignants au 1er novembre 2020 à la Faculté de Médecine de Nice

PROFESSEURS PREMIERE CLASSE

Mme ASKENAZY-GITTARD Florence Pédiopsychiatrie (49.04)
 M. BARRANGER Emmanuel Gynécologie Obstétrique (54.03)
 M. BÉRARD Étienne Pédiatrie (54.01)
 M. BONGAIN André Gynécologie-Obstétrique (54.03)
 Mme BREUIL Véronique Rhumatologie (50.01)
 M. CASTILLO Laurent O.R.L. (55.01)
 M. CHEVALLIER Patrick Radiologie et Imagerie Médicale (43.02)
 M. DE PERETTI Fernand Anatomie-Chirurgie Orthopédique (42.01)
 M. FERRARI Émile Cardiologie (51.02)
 M. FERRERO Jean-Marc Cancérologie ; Radiothérapie (47.02)
 M. FONTAINE Denys Neurochirurgie (49.02)
 M. GUÉRIN Olivier Méd. In ; Gériatrie (53.01)
 M. HANNOUN-LEVI Jean-Michel Cancérologie ; Radiothérapie (47.02)
 M JEAN BAPTISTE Elixène Chirurgie vasculaire (51.04)
 M. LEVRAUT Jacques Médecine d'urgence (48.05)
 M. LONJON Michel Neurochirurgie (49.02)
 M. PASSERON Thierry Dermato-Vénéréologie (50-03)
 M. PICHE Thierry Gastro-entérologie (52.01)
 Mme RAYNAUD Dominique Hématologie (47.01)
 M. ROSENTHAL Éric Médecine Interne (53.01)
 M. ROUX Christian Rhumatologie (50.01)
 M. STACCINI Pascal Biostatistiques et Informatique Médicale (46.04)
 M. THOMAS Pierre Neurologie (49.01)



Liste des enseignants au 1er novembre 2020 à la Faculté de Médecine de Nice

PROFESSEURS DEUXIEME CLASSE

Mme ALUNNI Véronique Médecine Légale et Droit de la Santé (46.03)
 M. ANTY Rodolphe Gastro-entérologie (52.01)
 M. BAHADORAN Philippe Cytologie et Histologie (42.02)
 Mme BAILLIF Stéphanie Ophtalmologie (55.02)
 Mme BANNWARTH Sylvie Génétique (47.04)
 M. BENIZRI Emmanuel Chirurgie Générale (53.02)
 M. BENOIT Michel Psychiatrie (49.03)
 M. BERTHET Jean-Philippe Chirurgie Thoracique (51-03)
 M. BOZEC Alexandre ORL - Cancérologie (47.02)
 M. BREAUD Jean Chirurgie Infantile (54-02)
 M. BRONSARD Nicolas Anatomie Chirurgie Orthopédique et Traumatologique (42.01)
 Mme BUREL-VANDENBOS Fanny Anatomie et Cytologie pathologiques (42.03)
 M. CHEVALIER Nicolas Endocrinologie, Diabète et Maladies Métaboliques (54.04)
 Mme CHINETTI Giulia Biochimie - Biologie Moléculaire (44.01)
 M. CLUZEAU Thomas Hématologie (47.01)
 M. DELLAMONICA Jean Réanimation médicale (48.02)
 M. DELOTTE Jérôme Gynécologie-obstétrique (54.03)
 Mme ESTRAN-POMARES Christelle Parasitologie et mycologie (45.02)
 M FAVRE Guillaume Physiologie (44.02)
 M. FOURNIER Jean-Paul Thérapeutique (48-04)
 Mme GIOR DANENGO Valérie Bactériologie-Virologie (45.01)
 Mme GIOVANNINI-CHAMI Lisa Pédiatrie (54.01)
 M. IANNELLI Antonio Chirurgie Digestive (52.02)
 M. ILIE Marius Anatomie et Cytologie pathologiques (42.03)
 M. ORBAN Jean-Christophe Anesthésiologie-réanimation ; Médecine d'urgence (48.01)
 M. ROHRLICH Pierre Pédiatrie (54.01)
 M. RUIMY Raymond Bactériologie-virologie (45.01)
 Mme SACCONI Sabrina Neurologie (49.01)
 Mme SEITZ-POLSKI Barbara Immunologie (47.03)
 M. VANBIERVLIET Geoffroy Gastro-entérologie (52.01)



Liste des enseignants au 1er novembre 2020 à la Faculté de Médecine de Nice

MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

M. AMBROSETTI Damien Cytologie et Histologie (42.02)
 Mme BERNARD-POMIER Ghislaine Immunologie (47.03)
 M. CAMUZARD Olivier Chirurgie Plastique (50-04)
 Mme CONTENTI-LIPRANDI Julie Médecine d'urgence (48-04)
 M. DOGLIO Alain Bactériologie-Virologie (45.01)
 M. DOYEN Jérôme Radiothérapie (47.02)
 M. FOSSE Thierry Bactériologie-Virologie-Hygiène (45.01)
 M. GARRAFFO Rodolphe Pharmacologie Fondamentale (48.03)
 Mme HINAULT Charlotte Biochimie et biologie moléculaire (44.01)
 M. HUMBERT Olivier Biophysique et Médecine Nucléaire (43.01)
 Mme LAMY Brigitte Bactériologie-virologie (45.01)
 Mme LONG-MIRA Elodie Cytologie et Histologie (42.02)
 M. LOTTE Romain Bactériologie-virologie ; Hygiène hospitalière (45.01)
 Mme MAGNIÉ Marie-Noëlle Physiologie (44.02)
 M. MASSALOU Damien Chirurgie Viscérale (52-02)
 Mme MOCERI Pamela Cardiologie (51.02)
 M. MONTAUDIE Henri Dermatologie (50.03)
 Mme MUSSO-LASSALLE Sandra Anatomie et Cytologie pathologiques (42.03)
 M. NAÏMI Mourad Biochimie et Biologie moléculaire (44.01)
 M. SAVOLDELLI Charles Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie (55.03)
 M. SQUARA Fabien Cardiologie (51.02)
 M. TESTA Jean Épidémiologie Économie de la Santé et Prévention (46.01)
 Mme THUMMLER Susanne Pédiopsychiatrie (49-04)
 M. TOULON Pierre Hématologie et Transfusion (47.01)
 M. TRAN Antoine Pédiatrie (54.01)



Liste des enseignants au 1er novembre 2020 à la Faculté de Médecine de Nice

PROFESSEUR DES UNIVERSITÉS

M. DARMON David Médecine Générale (53.03)

MAÎTRE DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS

Mme GROS Auriane Orthophonie (69)

PROFESSEURS AGRÉGÉS

Mme LANDI Rebecca Anglais

PRATICIENS HOSPITALIERS UNIVERSITAIRES

M. DURAND Matthieu Urologie (52.04)

M. SICARD Antoine Néphrologie (52-03)

PROFESSEURS ASSOCIÉS

M. GARDON Gilles Médecine Générale (53.03)

Mme MONNIER Brigitte Médecine Générale (53.03)

MAÎTRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS

Mme CASTA Céline Médecine Générale (53.03)

M. GASPERINI Fabrice Médecine Générale (53.03)

M. HOGU Nicolas Médecine Générale (53.03)



Liste des enseignants au 1er novembre 2020 à la Faculté de Médecine de Nice

Constitution du jury en qualité de 4ème membre

PROFESSEURS HONORAIRES

M. AMIEL Jean	M. GÉRARD Jean-Pierre
M. ALBERTINI Marc	M. GIBELIN Pierre
M. BALAS Daniel	M. GILLET Jean-Yves
M. BATT Michel	M. GRELLIER Patrick
M. BLAIVE Bruno	M. GRIMAUD Dominique
M. BOQUET Patrice	M. HOFLIGER Philippe
M. BOURGEON André	M. JOURDAN Jacques
M. BOUTTÉ Patrick	M. LAMBERT Jean-Claude
M. BRUNETON Jean-Noël	M. LAZDUNSKI Michel
Mme BUSSIERE Françoise	M. LEFEBVRE Jean-Claude
M. CAMOUS Jean-Pierre	M. LE FICHOUX Yves
M. CANIVET Bertrand	Mme LEBRETON Elisabeth
M. CASSUTO Jill-patrice	M. MARIANI Roger
M. CHATEL Marcel	M. MASSEYEFF René
M. COUSSEMENT Alain	M. MATTEI Mathieu
Mme CRENESSE Dominique	M. MOUIEL Jean
M. DAR COURT Guy	Mme MYQUEL Martine
M. DELLAMONICA Pierre	M. ORTONNE Jean-Paul
M. DELMONT Jean	M. PRINGUEY Dominique
M. DEMARD François	M. SANTINI Joseph
M. DESNUELLE Claude	M. SAUTRON Jean Baptiste
M. DOLISI Claude	M. SCHNEIDER Maurice
Mme EULLER-ZIEGLER Liana	M. THYSS Antoine
M. FENICHEL Patrick	M. TOUBOL Jacques
M. FUZIBET Jean-Gabriel	M. TRAN Dinh Khiem
M. FRANCO Alain	M. VAN OBBERGHEN Emmanuel
M. FREYCHET Pierre	M. GASTAUD Pierre



Liste des enseignants au 1er novembre 2020 à la Faculté de Médecine de Nice

M.C.U. Honoraires

M. ARNOLD Jacques	M. GIUDICELLI Jean
M. BASTERIS Bernard	M. MAGNÉ Jacques
M. BENOLIEL José	Mme MEMRAN Nadine
Mlle CHICHMANIAN Rose-Marie	M. MENGUAL Raymond
Mme DONZEAU Michèle	M. PHILIP Patrick
M. EMILIOZZI Roméo	M. POIRÉE Jean-Claude
M. FRANKEN Philippe	Mme ROURE Marie-Claire
M. GASTAUD Marcel	

PROFESSEURS CONVENTIONNÉS DE L'UNIVERSITÉ

M. BERTRAND François Médecine Interne
M. BROCKER Patrice Médecine Interne Option Gériatrie
M. CHEVALLIER Daniel Urologie
Mme FOURNIER-MEHOUAS Manuella Médecine Physique et Réadaptation
M. JAMBOU Patrick Coordination prélèvements d'organes
M. LEBOEUF Mathieu Gynécologie-obstétrique
Mme NADEAU Geneviève Uro-gynécologie
M. ODIN Guillaume Chirurgie maxillo-faciale
M. PEYRADE Frédéric Onco-Hématologie
M. PICCARD Bertrand Psychiatrie M. QUARANTA Jean-François Santé Publique

REMERCIEMENTS

Aux membres du jury,

Monsieur le Professeur Vincent Esnault,

Je vous remercie de me faire l'honneur de présider mon jury de thèse ainsi que pour votre pédagogie. Je serai ravi de continuer à apprendre la néphrologie à vos côtés.

Madame le Professeur Barbara Seitz-Polski

Je te remercie d'avoir accepté d'être dans mon jury de thèse. J'espère avoir davantage l'occasion de bénéficier de tes nombreuses connaissances en immunologie et néphrologie dans le futur.

Monsieur le Docteur Antoine Sicard

Je te remercie d'avoir accepté d'être dans mon jury de thèse et de juger mon travail. En espérant pouvoir avoir l'occasion de travailler ensemble ces prochaines années.

Madame le Docteur Nathalie Berkane

Je te remercie de m'avoir si bien accueilli dans ton service de cardiologie et de m'avoir encouragé sur ce projet de thèse, je n'oublierai pas tout ce que tu m'as appris.

Monsieur le Docteur Raphaël Chambon

Merci infiniment de m'avoir appris tant de choses sur la Réanimation puis d'avoir accepté de diriger ma thèse, c'était un plaisir d'avoir pu travailler avec toi sur ce projet purement cristolien.

A ma famille,

A mes parents, merci de m'avoir inculqué l'importance du travail toutefois sans restriction (majeure) dès ma jeunesse et de m'avoir permis de devenir celui que je suis aujourd'hui. Malgré la distance, je continue de penser à vous (presque) tous les jours !

A mon frère Rémy, merci de m'avoir soutenu depuis si longtemps et d'avoir été là durant ces longues années d'études à écouter mes nombreux monologues et péripéties. N'oublie pas que si je suis arrivé jusqu'à là, c'est parce qu'au tout début tu as cru en moi et que tu m'as montré que c'était possible ! (en même temps c'est toi qui voulais un petit frère médecin). Je suis fier de notre petit duo néphro/neurologue !

A Julie, ma belle-sœur, merci de prendre soin de mon frère chaque jour et j'ai hâte que la famille s'agrandisse !

A ma grand-mère, mes oncles et tantes, mes cousins et cousines, même si je ne parle pas souvent de mon métier, j'espère que vous continuerez à être fier du plus petit de la famille !

A Laura, ma chérie, on a vécu tellement de choses depuis maintenant près de deux ans. Tu m'acceptes tel que je suis, tu me soutiens dans mes épreuves et je serai là pour toi également (et pour Maki et Saori !). Merci de m'avoir intégré à ta famille si gentille que j'embrasse, j'ai hâte de pouvoir continuer à vivre pleins d'aventures à tes côtés et de voir ta réaction quand tu liras ce message, je t'aime.

A Anne, ma professeur de piano pendant 11ans et depuis mes 5ans, je ne donne pas souvent des nouvelles mais ça n'empêche pas que j'ai une pensée pour toi au moment où j'écris cette thèse.

A mes amis de l'externat : Calliste, Satcha, Matthias, Martin, Anthony, Nathan, Hichem, Memmi, Alban, Tina, Agathe, Zoé, Cédric, Artur et tous mes anciens coexternes de Créteil avec qui j'ai appris la médecine, un plaisir d'avoir pu grandir et passer ces six premières années gravées dans le marbre avec vous, mais qui me paraissent maintenant si loin...

A mes amis de l'internat et notamment ceux avec qui j'ai pu vivre mes débuts niçois à l'internat : Stephan, Kewan, Dany, Thibault, Fab, Benji, Constant et Hélène, les Julies, Marine, j'espère continuer à vous voir sur cette si belle Côte d'Azur !

A mes anciens colocos de la RDF, Victor et Clément puis Lyor et Adrien, ce fut une belle expérience dans la gestion des places de parking et des tâches ménagères !

A mon pote Yoann, on se connaît depuis dix ans maintenant, je te trouvais arrogant au premier abord en PACES mais c'était avant de découvrir notre passion commune pour la musique. Partenaire de révision et voisin inattendu d'ECN, c'est toi qui m'as motivé à venir découvrir le Sud. Ton Leveinard a fini par me porter chance et je continuerai à te montrer des photos de miliaire sudorale et papules érythémateuses pour te montrer ma gratitude !

Aux médecins,

Aux Docteur Albano, Docteur Cassuto et Pr Jourdan, merci de m'avoir accueilli à mes débuts en tant qu'interne en transplantation rénale il y a bientôt 4ans. Merci à Thierry pour tout ce que tu m'auras appris y compris mon tout premier cathéter simple comme tunnelisé (et celui de 4h du matin), Joël pour ton soutien et toute l'équipe paramédicale de transplant qui m'a permis de me construire en tant que tout jeune médecin.

A Marine (avec qui j'ai fait ma première PBR) et Aimèle, puis Audrey merci pour tout ce que vous m'avez appris sur la néphrologie générale, je n'oublierai pas la rigueur que vous m'avez inculquée (si si) . A Marion, ma « grande soeur » de néphro et première cointerne, merci pour tous les conseils que tu m'auras donnés ! Merci à l'équipe paramédicale de néphro, je me souviendrai de ces petits points pré/post visites et des réunions du lundi après midi. Merci également à Gabriel et Tristan, mes premiers modèles de jeunes néphrologues.

A l'équipe de réanimation médicale de Cannes, Pierre-Marie, Raphaël, Nicolas, Philippe et Matthieu, Claire et Jean-Philippe, Alain du mercredi, merci pour votre accueil et cette première expérience en réanimation qui m'a permis de transformer mes craintes en véritable confiance. Merci Nicolas d'avoir proposé l'idée de ce sujet de thèse qui m'a permis d'éclaircir cette fameuse intuition clinique ! Merci Raphaël pour avoir été notre mentor en réanimation en échange de canettes, puis d'avoir accepté d'être mon directeur de thèse. En même temps, j'ai quand même suivi tes traces du collège jusqu'à Nice par pur hasard !

Merci à mes premiers frères d'armes: le petit Jérémy, je suis content d'avoir été là à tes débuts en tant qu'interne et que sportif, Yohann l'apprenti aventurier, toi aussi au début je te

trouvais arrogant mais tu es devenu mon premier ami tahitien; et Olivier le plus qualifié en réanimation de nous 4 ! Merci à l'équipe paramédicale de la Réa Cannes qui a contribué à ce si bon souvenir que j'ai de ce stage.

A l'équipe d'hémodialyse de Pasteur, Hélène, Alex et Thomas puis Thibault, merci pour ce que vous m'avez appris dans ce domaine.

Également Alexandre, c'est un plaisir d'avoir pu être cointerne avec toi à deux reprises, j'espère que tu continueras à m'éclairer sur la pharmacovigilance quel que soit l'heure et je suis honoré d'avoir pu te connaître quand tu étais encore externe ! A Julie, j'espère que tu garderas un bon souvenir de notre spécialité malgré le dur labeur du C3 que tu as vécu ! Et Georgetta, je me souviendrai de ta gentillesse et j'espère que tu te portes bien là où tu es!

A l'équipe d'infectiologie : Johan, David, Elisa, Karine, Arthur, Camille, Céline, Dr Cua et Dr Mondain, merci pour ce semestre prolongé en infectiologie, entre tuberculose résistante, endocardite, l'arrivée du COVID19 et les jours de travail pendant le premier confinement. Merci au labo de bactériologie de m'avoir initié à votre travail pendant ces quelques mois.

A mes fiers compagnons d'infectio : Eléonore et Vincent les néos, Marion, Claire mon homologue de spé et tous les renforts covid, j'ai aimé pouvoir travailler avec une équipe si soudée.

A l'équipe de cardiologie de Cannes : Nathalie, les deux Laurent, Anne, Alexandre, Benjamin (je garde en mémoire ta classe et de ta pizza nutella), Gauthier, Gilles, et bien sûr Andrei, je me souviendrai de tous ces bons moments entre sonde d'échographie à la main et tasse de cafés sur la terrasse !

Merci à mes cointernes : Lolita et Stéphane, Imen, pour m'avoir guidé dans cette nouvelle spé et conseillé à mes débuts sur cette thèse, j'espère que vous retiendrez mes explications sur le ionogramme urinaire !

A l'équipe du STC néphro : Sofiane (j'espère que tu finiras par pardonner ma trottinette) et Hajar, quel plaisir de réapprendre la néphrologie à vos côtés après une année d'absence dans cette spécialité. Mille mercis pour avoir allié rire et apprentissage pendant cet avant dernier semestre. Merci à l'équipe paramédicale du STC, c'était un plaisir de vraiment apprendre à vous connaître !

A mes équipiers de ce semestre, mon petit Jérémie, je suis content d'avoir pu être là à tes débuts d'interne, et merci de m'avoir si souvent remplacé. Lydia c'était un plaisir d'avoir pu travaillé avec toi même si je crois que ma passion pour mes chats t'a rendu chat noir sur les gardes ! Séb, même si on ne s'est croisé que pour les gardes, merci pour tout ce que tu fais pour les internes, tu es quelqu'un en qui on peut avoir confiance et c'est un plaisir de t'avoir comme président de l'internat ! Sonia et Céline, je sais que vous n'aimiez pas mon bip d'avis mais j'espère que vous garderez un bon souvenir de la néphrologie!

Et un énorme merci à Kévin, d'avoir eu la patience et la gentillesse de réaliser mes statistiques pour cette étude.

A Florence, Sonia, Jean-François et Ahmed, les néphrologues d'Antibes, encore merci de m'avoir fait découvrir votre centre et pour votre confiance.

A l'équipe de réanimation médicale de l'Archet : Jean, Hervé, Denis, Clément, Emilie, Lucas et aussi Nihal, merci pour votre accueil pour le dernier stage de mon internat. Merci Hervé, je me souviendrais de ce PTT inespéré en entrée éclair. Malgré la crise sanitaire, je ne désespère pas de pouvoir revoir d'autres pathologies que le SDRA avant la fin du stage ! Et merci à ma formidable équipe de cointernes aguériss : Sonia, Jérôme, Alison et bien sûr mon cher Edmond tahitien !

TABLE DES MATIÈRES

PARTIE I : PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU TRAVAIL DE THÈSE	
INTRODUCTION.....	16
MATÉRIELS ET MÉTHODES	18
RÉSULTATS.....	22
DISCUSSION ET CONCLUSION.....	29
RÉFÉRENCES	33
PARTIE II :	
ARTICLE EN ATTENTE DE SOUMISSION.....	34
LE SERMENT D'HIPPOCRATE	50

PREMIÈRE PARTIE

INTRODUCTION

L'hyperhydratation extracellulaire (HEC) est l'augmentation du compartiment extracellulaire qui constitue 20% de l'eau du corps humain. Ce compartiment se compose aux 3/4 par le secteur interstitiel et pour 1/4 par le secteur intravasculaire. L'évaluation du secteur intravasculaire est un des principaux enjeux médicaux pour les cardiologues, les réanimateurs et les néphrologues.

Les oedèmes ne sont pas toujours associés à une augmentation du secteur intravasculaire comme en cas de baisse de la pression oncotique. Ainsi, l'hypoalbuminémie sévère, situation fréquente chez les sujets âgés dénutris, le syndrome néphrotique ou les patients de réanimation avec syndrome inflammatoire biologique persistant, est associée à une surcharge interstitielle et à une hypovolémie relative¹.

En cas d'augmentation de la pression hydrostatique, l'augmentation du secteur interstitielle est associée à une augmentation du secteur plasmatique qui peut être visualisée par la turgescence hépato-jugulaire². Bien que semblant assez spécifique de l'HEC, la sensibilité et spécificité de ce signe sont peu décrites dans la littérature. Elle peut paraître subjective selon le clinicien et est également difficile à identifier chez les patients en surcharge pondérale.

Afin de mieux approcher l'hyperhydratation extracellulaire, des marqueurs biologiques comme le BNP ou NT pro BNP ont été développés, mais ils peuvent également être pris en défaut en cas d'insuffisance rénale³ ou chez le sujet obèse⁴.

D'autres facteurs confondants existent comme la prise d'un inhibiteur calcique par vasodilatation ou l'insuffisance veineuse.

Ainsi, il est souvent difficile chez nos patients de mettre en place le bon traitement du secteur extracellulaire.

L'échographie cardiaque a été développée pour aider (notamment les cardiologues) dans ces situations complexes⁵. En effet, on peut approcher les pressions ventriculaires gauches et donc le secteur intravasculaire avec différents indices (onde E, rapport E/Ea, diamètre et modulation de la veine cave...). L'échographie cardiaque nécessite néanmoins un opérateur expérimenté et un échographe performant afin de pouvoir aboutir à des modifications thérapeutiques judicieuses.

Pour nous aider, au lit du malade et pour simplifier l'exploration, il a été montré que l'augmentation du diamètre de la veine cave inférieure (VCI) à l'échographie et sa perte de sa compliance à la respiration, étaient corrélées à la présence d'une insuffisance cardiaque⁶ mais cette mesure reste difficile à réaliser pour un opérateur non expérimenté ou encore chez des patients corpulents et peu échogènes.

La visualisation échographique des veines jugulaires internes semble une solution facile d'accès. Plus accessible, elle est déjà bien connue en néphrologie pour la pose de cathéter.

L'échographie des veines jugulaires internes (VJI) a déjà été étudiée pour estimer la pression veineuse centrale dans les années 2000^{7 8 9}. Cette échographie a pour but d'aider à différencier rapidement, lors d'une détresse respiratoire, une origine cardiaque d'une origine pulmonaire aux urgences. Bien que prometteuse, cette exploration est tombée en désuétude.

Il existe diverses modalités d'échographie de la jugulaire:

- Donahue et al¹⁰ suggéraient d'utiliser une coupe transversale, 2 centimètres au-dessus de la clavicule en position allongée à 35° de l'horizontale. On retrouvait alors qu'un diamètre entre 0,57 cm et 0,83 cm en fin d'expiration était associé à une pression veineuse centrale inférieure à 10 cmH₂O tandis qu'un diamètre entre 1,12 et 1,38 cm était associé à une pression veineuse centrale supérieure à 10cmH₂O.
- Sheher Banno et al¹¹ ont montré que le ratio veine jugulaire interne / carotide commune (VJI/CC) à l'expiration chez des patients non ventilés est corrélé à une pression veineuse centrale <10 cmH₂O quand le ratio était < 1,75. Cette différence significative n'est pas retrouvée pour des valeurs mesurées à l'inspiration.

L'échographie des VJI en débrouillage semble donc intéressante pour estimer facilement la volémie clinique des patients.

La pression veineuse centrale par cathétérisme étant de plus en plus prise en défaut¹² et de moins en moins usitée, nous avons pris comme gold standard l'échographie cardiaque avec évaluation des pressions gauches.

Ainsi, nous étudierons, dans une population où l'on évalue la volémie clinique et échographique, la performance de l'évaluation échographique de la veine jugulaire interne.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Il s'agit d'une étude transversale descriptive observationnelle multicentrique.

Un consentement oral des patients a été obtenu avant de les inclure dans l'étude.

Population de l'étude

Les inclusions ont été réalisées de manière non consécutive et concernaient les patients majeurs devant bénéficier d'une échographie transthoracique pour évaluation de la volémie dans les services de : Cardiologie du centre hospitalier de Cannes, Soins intensifs de Néphrologie de l'Hôpital Pasteur 2 de Nice et Réanimation Médicale de l'Hôpital Archet à Nice, entre septembre 2020 et juin 2021 .

Les échographies étaient réalisées par deux opérateurs: l'investigateur principal et un référent en cardiologie qui relisait les clichés de l'échographie cardiaque. Elles se déroulaient après un examen clinique usuel de soins courants.

Les critères de non inclusion étaient :

- un cathéter de dialyse ou voie veineuse centrale en jugulaire droite ou gauche au moment de l'examen
- une thrombose connue d'une veine jugulaire interne
- une chirurgie du cou < 3 mois
- un antécédent de radiothérapie du cou
- une ventilation mécanique au moment de l'examen
- une ventilation non invasive au moment de l'examen

Les critères d'exclusion étaient :

- la présence d'un rétrécissement mitral (tout grade)
- une insuffisance tricuspidiennne sévère (sévérité définie par le cardiologue)
- un thrombus de la veine jugulaire interne découvert lors de l'échographie

Données recueillies

En prenant un risque alpha à 5% et une puissance de 10% pour une différence de diamètre de VJI de 0.7cm et un écart type de 0.6 (basés sur la précédente étude de Sheher Bano et al¹¹), le nombre calculé de sujets nécessaires était de 28.

Pour chaque patient finalement inclus, étaient recueillies à partir de l'interrogatoire ou du

dossier médical informatisé (Dx care ®, Clinicom® , Orbis ®): les caractéristiques cliniques (sexe, âge, poids, taille), les antécédents (HTA, diabète, la présence d'une insuffisance rénale chronique), la présence d'une insuffisance rénale aiguë au moment de l'examen définie selon les critères KDIGO, le taux de BNP ou NT pro BNP si réalisé, la prise de médicament (notamment les inhibiteurs calciques, bêta bloquant, IEC/ARA2, le sacubitril-valsartan et les diurétiques au moment de l'examen)

L'examen de la turgescence hépato-jugulaire était réalisé avant l'échographie de la veine jugulaire interne (VJI).

L'examen clinique référençait la présence d'une turgescence de la veine jugulaire externe droite à l'inspiration chez un patient allongé à 0° et à 45° (absence ou présence d'une turgescence jugulaire).

L'échographie de la VJI était réalisée en position allongée, inclinée à 45°. La tête était légèrement tournée du côté opposé à la veine examinée afin de faciliter l'examen. La sonde d'échographie était placée 2cm au-dessus de la clavicule, en coupe transversale en prenant soin d'exercer sur les vaisseaux et les tissus mous la pression minimale nécessaire à l'examen. Les diamètres transversaux (en centimètre) du bord interne au bord externe de la veine jugulaire interne et de la carotide commune (CC) étaient mesurés en télé inspiratoire et en télé expiratoire. Le rapport VJI/CC était ainsi calculé. Ces mesures étaient réalisées à droite comme à gauche.

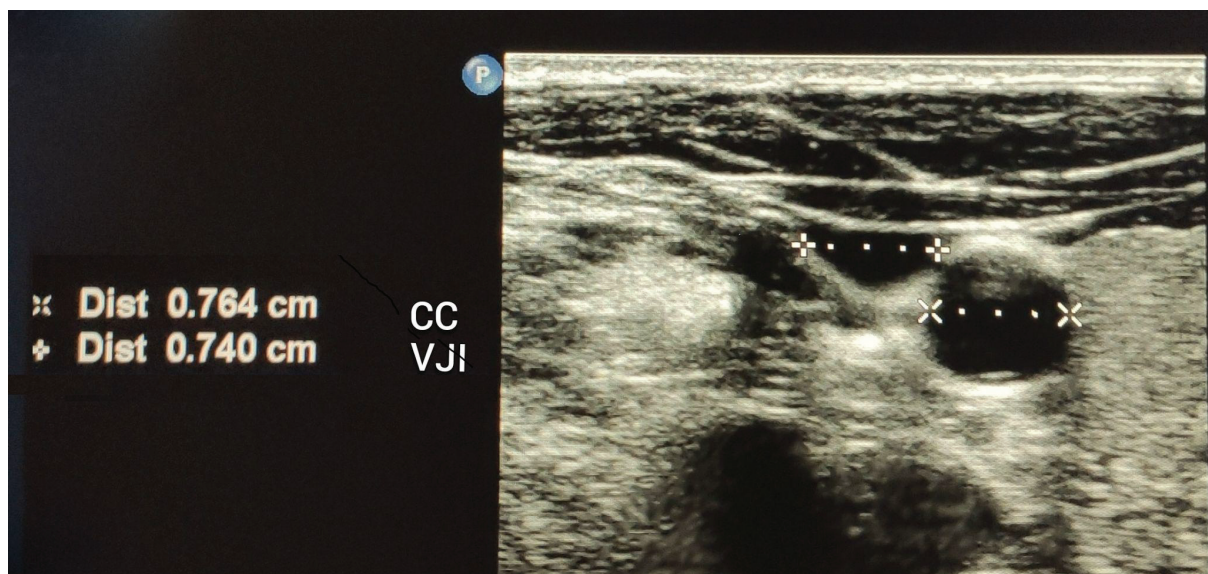


Figure 1. Veine jugulaire interne mesurée à 0.76cm en coupe transversale à 45°

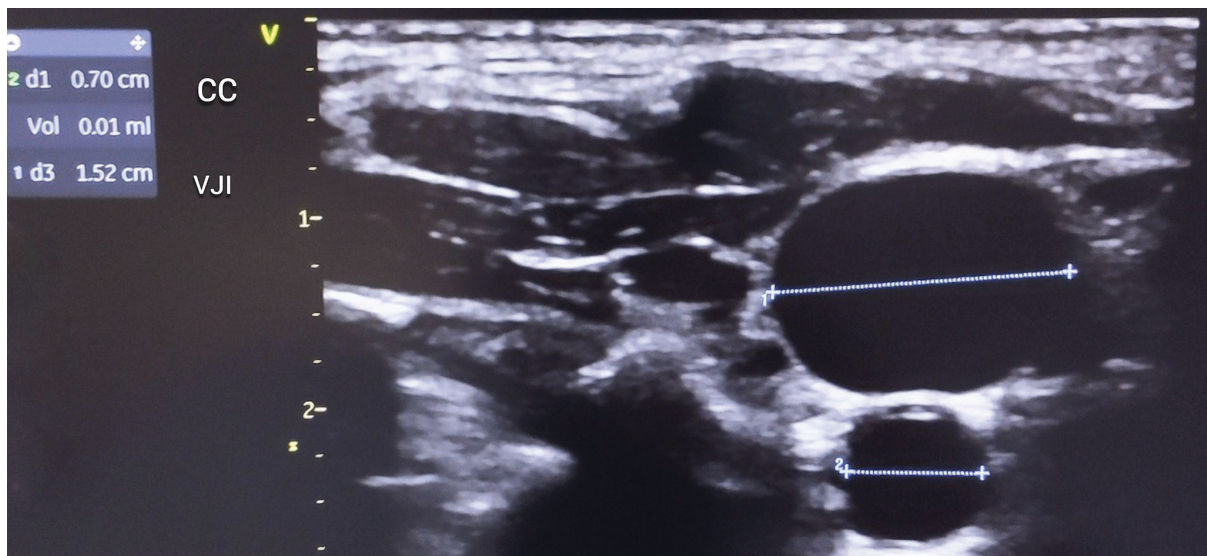


Figure 2. Veine jugulaire interne mesurée à 1.52cm en coupe transversale à 45° d'inclinaison

Les paramètres recueillis à l'échographie transthoracique étaient :

- la FEVG visuelle ou selon Simpson biplan
- la présence de trouble de cinétique (hypokinésie, akinésie)
- la vitesse de l'onde E et de l'onde A, le rapport E/A
- la vitesse de l'onde E' en latéral et septal, le rapport E/E' latéral et septal
- le diamètre de la veine cave inférieure
- le flux d'insuffisance tricuspидienne et les pressions artérielles pulmonaires systoliques (PAPS)
- la surface et le volume indexé de l'oreillette gauche
- la présence de valvulopathie mitrale, aortique ou tricuspидienne

Les pressions de remplissage étaient évaluées comme :

- élevées si le rapport E/A était >2 ou E/E'lat > 13 ou si le rapport E/A était entre 1 et 2 avec les deux éléments suivants : volume indexé de l'oreillette gauche $>34\text{mL/m}^2$, flux tricuspидien $> 2,8\text{m/s}$.
- normale si le rapport E/A était <1 ou E/E' lat <8 ou E/A entre 1 et 2 avec au moins un de ces deux critères : volume indexé de l'oreillette gauche $<34\text{mL/m}^2$ ou un flux tricuspидien $< 2,8\text{m/s}$.

Les patients qui présentaient des valeurs intermédiaires selon l'algorithme ci-dessus ont été

reclassés en fonction de l'expertise cardiologique.

Les échographies de la VJI et cardiaque pour un patient donné étaient réalisées avec le même appareil mais avec des sondes dédiées (vasculaire et cardiaque).

En cardiologie, les échographes utilisés étaient le Philips Healthcare et le Vivid iq.

En néphrologie, l'échographe utilisé était le Vivid iq.

En réanimation, l'échographe utilisé était le Vivid E9.

Analyse statistique

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SAS Enterprise Guide 7.1 (SAS Institute Inc., Cary, NC). Les résultats sont présentés avec la médiane, le premier et troisième quartiles pour les variables quantitatives avec une distribution non normale après test de normalité de Shapiro & Wilk et diagramme Quantile-Quantile (Q-Q plot). Les résultats sont présentés avec la moyenne et l'écart-type pour les variables quantitatives avec distribution normale. Le test de Wilcoxon-Mann-Whitney a été utilisé pour la comparaison des données quantitatives.

Les variables qualitatives sont présentées sous forme de fréquence et pourcentage. Les tests du Chi2 ou Fischer ont été utilisés pour comparer les données qualitatives.

La performance diagnostique du diamètre de la VJID et du ratio VJI/CC à l'inspiration a été déterminée à partir de l'aire sous la courbe ROC avec détermination d'un rapport de cotes et intervalle de confiance.

RÉSULTATS

54 patients, dont 31 hommes et 23 femmes avec une moyenne d'âge à 78,5 ans, ont été inclus dans cette étude, de septembre 2020 à juin 2021. Parmi eux, 25 avaient des PRVG élevées à l'ETT et 29 étaient évaluées comme normales. Les caractéristiques cliniques et biologiques de la population de l'étude sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques cliniques et biologiques de la population étudiée

	PRVG normales (n=29)	PRVG élevées (n=25)	Valeur p
<i>Caractéristiques cliniques</i>			
Age (années)	75,0 ± 12	81,8 ± 9,5	0,04
Sexe masculin (%)	16 (55,2)	15 (60)	0,72
Poids (kg)	70,9 ± 15,7	70,5 ± 10,8	0,80
Taille (cm)	168,6 ± 11,8	167,7 ± 7,8	0,66
<i>Comorbidités et traitements (%)</i>			
Hypertension artérielle	19 (65)	16 (66,7)	0,93
Diabète	7 (24,1)	10 (43,4)	0,14
Insuffisance rénale aiguë			
KDIGO 1 & 2 (%)	6 (21)	5 (20)	0,95
KDIGO 3 (%)	2 (6,8)	6 (24)	
Insuffisance rénale chronique			
DFG 30-60mL/min/1,73m ²	6 (21)	6 (24)	
DFG <30mL/min/1,73m ²	2 (6,8)	6 (24)	
Cardiopathie ischémique (%)	7 (24)	9 (36)	0,34
Cardiopathie valvulaire (%)	2 (6,8)	7 (28)	
Fibrillation atriale (%)	8 (27)	9 (36)	0,51
Inhibiteur calcique (%)	5 (17,2)	3 (12,5)	0,63
Diurétique (%)	11 (38)	14 (60)	0,10
Bêtabloquant (%)	6 (20,7)	11 (47,8)	0,04
IEC ou ARA2 (%)	5 (17,2)	8 (32)	0,26
Sacubitril valsartan (%)	1 (3,45)	1 (4)	0,87
<i>Biologie</i>			
NT proBNP pg/mL	7751[113-3580]	12388 [3800-19969]	<0,01

BNP pg/mL	350[113-250]	1024 [693-1354]	0,06
-----------	--------------	-----------------	------

Examen clinique

Turgescence hépatojugulaire à 0° (%)	8 (27,6)	20 (80)	0.0001
Turgescence hépatojugulaire à 45° (%)	4 (13,7)	20 (80)	<0,0001

Echographie transthoracique

FEVG %	58 [57,5-62,5]	41,7 [30-60]	<0,0001
Vitesse de l'onde E (cm/s)	73 [45-90]	115,5 [100-140]	0,0001
Vitesse de l'onde A (cm/s)	82 [65-120]	79 [60-93]	
Rapport E/A	0,7 [0,5-1,0]	1,5 [1,1-2,0]	0,0003
Onde E' latéral	8,9	8,2	
Rapport E/E' latéral	8,6 [6,0-10,6]	14,8 [12,2-16,8]	<0,0001
Onde E' septal	9,3	6,7	
Rapport E/E' septal	7,52 [6,6-9,0]	16,3 [15,1-17,6]	<0,01
VCI (cm)	1,5 [1,1-1,6]	2,17 [2,0-2,5]	<0,001
Flux d'insuffisance tricuspideenne (m/s)	1,46 [0,0-2,9]	3,02 [3,2-3,9]	<0,001
PAPs	22,2 [0,0-35,0]	51,0 [48,0-62,0]	0,0003
Volume oreillette gauche indexé (ml/m ²)	30,9 [22,0-36,3]	49,9 [35,4-57,0]	<0,0001

Veine jugulaire externe (VJE)

Allongés avec une inclinaison de 0°, 27,5% des patients (8/25) du groupe PRVG normales présentaient une turgescence jugulaire pour 80% des patients (20/25) dans le groupe PRVG élevées avec une différence significative (p=0,0001).

La turgescence jugulaire à 0° était en faveur de PRVG élevées avec une sensibilité de 80% et une spécificité de 72% (OR=10.5, IC95% [2.9-37.5]).

A 45°, 13.7% des patients (4/25) du groupe PRVG normales présentaient une turgescence jugulaire pour 80% des patients (20/25) dans le groupe PRVG élevées avec une différence significative (p< 0,0001),

La turgescence jugulaire à 45° était en faveur de PRVG élevées avec une sensibilité de 80% et une spécificité de 86% (OR=25, IC95% [5.9-105.5]).

Veine jugulaire interne (VJI)

Les mesures du diamètre des veines jugulaires suivaient une distribution non normale (VJI droite à l'inspiration : test de normalité de Shapiro Wilk $p=0,0009$) (figure 3)

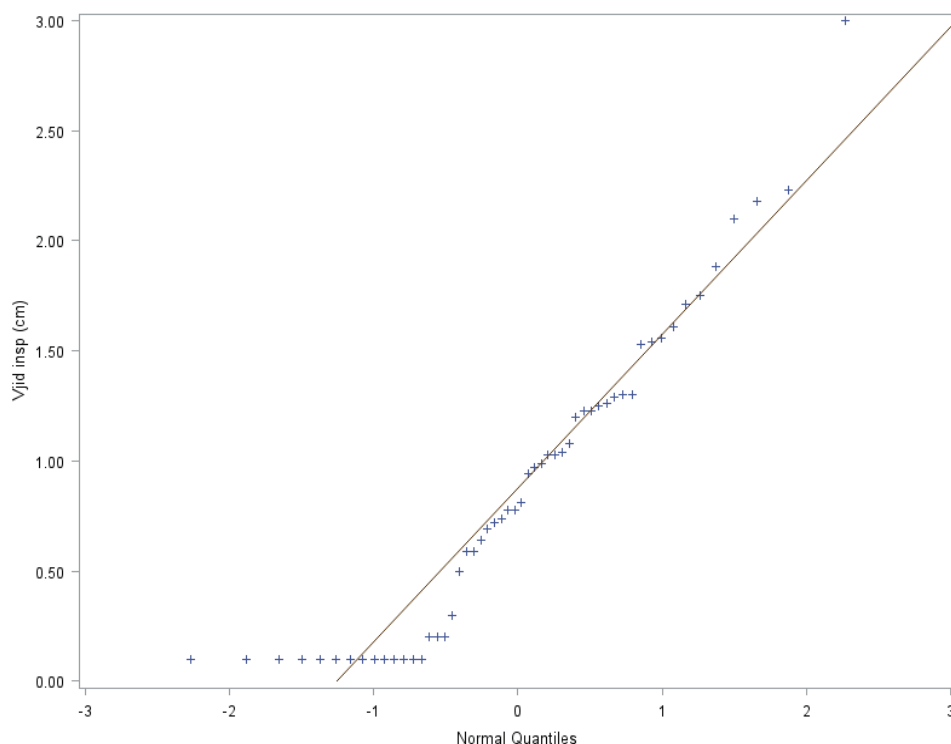


Figure 3. Diagramme quantile-quantile comparant la distribution du diamètre de la veine jugulaire interne droite à l'inspiration.

A droite et à l'inspiration, la médiane du diamètre de la VJI droite (VJID) était évaluée à 0,30cm [0,1-0,99] dans le groupe PRVG normales pour 1,26cm [0,74-1,56] dans le groupe PRVG élevées avec une différence significative. ($p=0,0006$). L'analyse multivariée ajustée avec la FEVG et l'âge confirmait cette différence ($p=0,02$).

A l'expiration, la médiane du diamètre de la VJID était évaluée à 1,06cm [0,82-1,31] dans le groupe PRVG normales et 1,63cm [1,08-2,05] dans le groupe PRVG élevées avec une différence significative ($p=0,005$).

A gauche et à l'inspiration, la médiane du diamètre de la VJI gauche (VJIG) était évaluée à 0,48cm [0,10-1,00] dans le groupe PRVG normales pour 1,00cm [0,71-1,35] dans le groupe

PRVG élevées avec une différence significative. ($p=0,009$).

A l'expiration, la médiane du diamètre de la VJIG était évaluée à 1,05cm [0,89-2,24] dans le groupe PRVG normales et 1,20cm [0,90-1,61] dans le groupe PRVG élevées avec une différence non significative ($p=0,3$) (Tableau 2).

Carotide commune (CC)

La médiane du diamètre de la CC droite était de 0,83cm [0,7-0,9] dans le groupe PRVG normales et 0,70cm [0,65-0,83] dans le groupe PRVG élevées sans différence significative ($p=0,08$).

A gauche, le diamètre de la CC était de 0,76cm [0,70-0,85] dans le groupe PRVG normales et 0,73cm [0,65-0,80] dans le groupe PRVG élevées sans différence significative ($p=0,43$) (Tableau 2).

Rapport diamètre veine jugulaire interne/carotide commune (VJI/CC)

A droite, la médiane du VJID/CC à l'inspiration était de 0,31 [0,15-1,18] dans le groupe PRVG normales et 1,88 [1,01-2,48] dans le groupe PRVG élevées avec une différence significative ($p=0,0005$).

A l'expiration, la médiane du VJID/CC était de 1,35 [1,08-1,87] dans le groupe PRVG normales et 2,25 [1,79-2,98] dans le groupe PRVG élevées avec une différence significative ($p=0,002$).

A gauche, la médiane du VJIG/CC à l'inspiration était de 0,67 [0,15-1,29] dans le groupe PRVG normales et 1,45 [0,97-1,86] dans le groupe PRVG élevées avec une différence significative ($p=0,01$).

A l'expiration, la médiane du VJIG/CC était de 1,41 [0,29-2,24] dans le groupe PRVG normales et 1,72 [1,37-2,00] dans le groupe PRVG élevées avec une différence non significative ($p=0,4$) (Tableau 2).

Tableau 2. Résultat de l'échographie jugulaire interne en fonction des PRVG

	<i>PRVG normales</i> (n=29)	<i>PRVG élevées</i> (n=25)	<i>Valeur p</i>
<i>Echographie de la veine jugulaire</i>			
Veine jugulaire interne droite inspiration (cm)	0,30 [0,1-0,99]	1,26 [0,74-1,56]	<0,001
Veine jugulaire interne droite expiration (cm)	1,06 [0,82-1,31]	1,63 [1,08-2,05]	0,005
Carotide commune droite (cm)	0,83 [0,70-0,90]	0,70 [0,65-0,83]	0,08
Rapport VJID/CC inspiration	0,31 [0,15-1,18]	1,88 [1,01-2,48]	<0,001
Rapport VJID/CC expiration	1,35 [1,08-1,87]	2,25 [1,79-2,98]	<0,003
Veine jugulaire interne gauche inspiration (cm)	0,48 [0,10-1,00]	1,00 [0,71-1,35]	0,009
Veine jugulaire interne gauche expiration (cm)	1,05 [0,89-2,24]	1,20 [0,90-1,61]	0,30
Carotide commune gauche (cm)	0,76 [0,70-0,85]	0,73 [0,65-0,80]	0,43
Rapport VJIG/CC inspiration	0,67 [0,15-1,29]	1,45 [0,97-1,86]	<0,01
Rapport VJIG/CC expiration	1,41 [0,29-2,24]	1,72 [1,37-2,00]	0,26

Détermination d'un seuil prédictif des PRVG

L'aire sous la courbe ROC de la VJID à l'inspiration en fonction des PRVG était de 0,772 permettant la détermination de deux seuils (Figure 4):

Un diamètre de la VJID à l'inspiration supérieur à 1,08cm était associé à des PRVG élevées avec une sensibilité de 64% et une spécificité de 86% (OR=11,1; IC95 [2,92 - 42,2]).

Un diamètre inférieur à 0,59cm était associé à des PRVG normales avec une sensibilité 62% et une spécificité de 88% (OR=12 ; IC95 [2,90-49,67]).

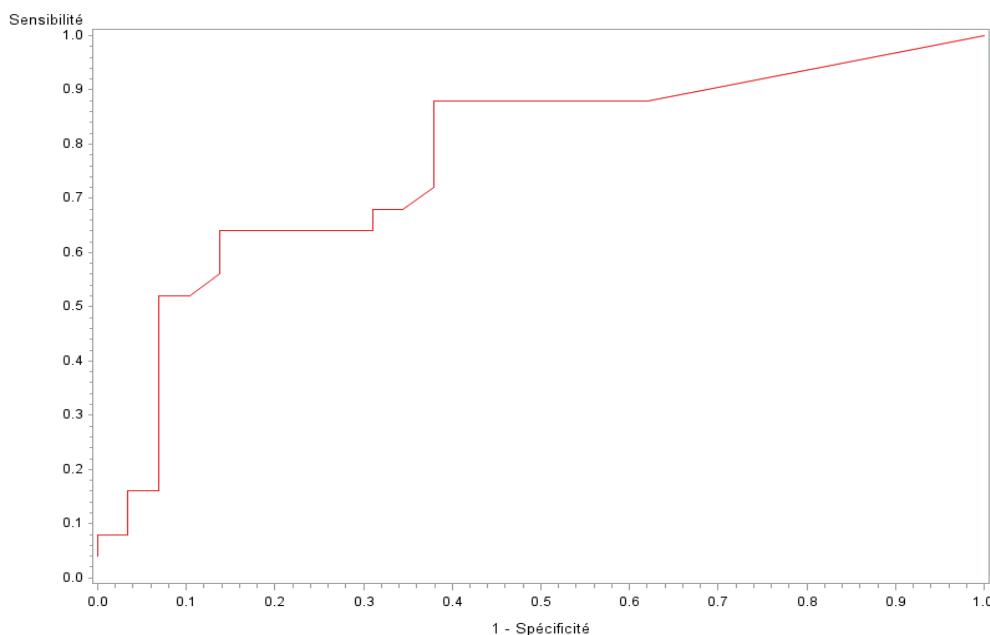


Figure 4. Courbe ROC concernant la veine jugulaire interne droite à l'inspiration afin de déterminer les PRVG (aire sous la courbe = 0,772)

L'aire de la courbe ROC du rapport VJID/CC à l'inspiration en fonction des PRVG était de 0,779 et a également pu permettre la détermination de deux seuils. (Figure 5),

Un rapport supérieur à 1,43cm était associé à des PRVG élevées avec une sensibilité de 68% et une spécificité de 83% (OR=10,2 : IC95 [2,84 - 36,62]).

Un rapport inférieur à 0,79 était associé à des PRVG normales avec une sensibilité 66% et une spécificité de 84% (OR=9,98 : IC95 [2,68-37,16]

En revanche, l'aire sous la courbe ROC de la VJID à l'expiration et de la VJIG à l'inspiration et l'expiration n'étaient pas suffisamment satisfaisantes pour déterminer un seuil pertinent en lien avec les PRVG avec une sensibilité >60% et spécificité >80%.

Veine cave inférieure

Dans le groupe PRVG normales, la médiane du diamètre de la VCI était de 1.5cm [1.12-1.59] et de 2.17cm [2.0-2.5] dans le groupe PRVG élevées, avec une différence significative ($p < 0.001$).

L'aire sous la courbe de la VCI en fonction des PRVG était de 0.879 (Figure 6) et avait permis d'établir un seuil à 1.93cm prédictif de PRVG élevées avec une sensibilité de 78% et une spécificité de 88% (OR=27.6, IC95 [5.8 -131]).

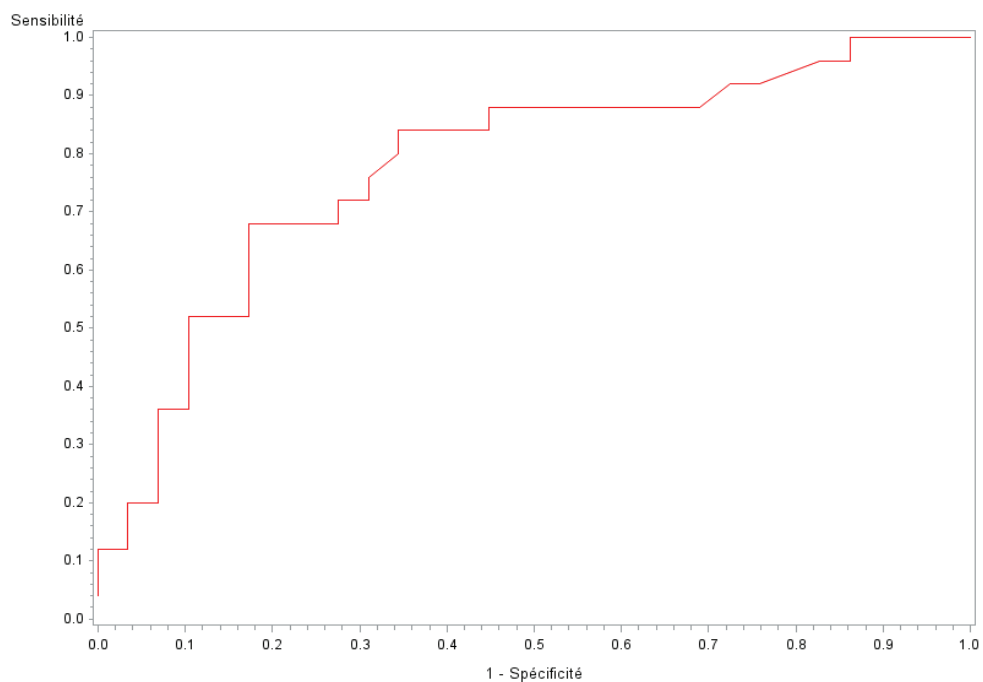


Figure 5. Courbe ROC concernant le rapport VJID/CC à l'inspiration afin de déterminer les PRVG (aire sous la courbe = 0,779).

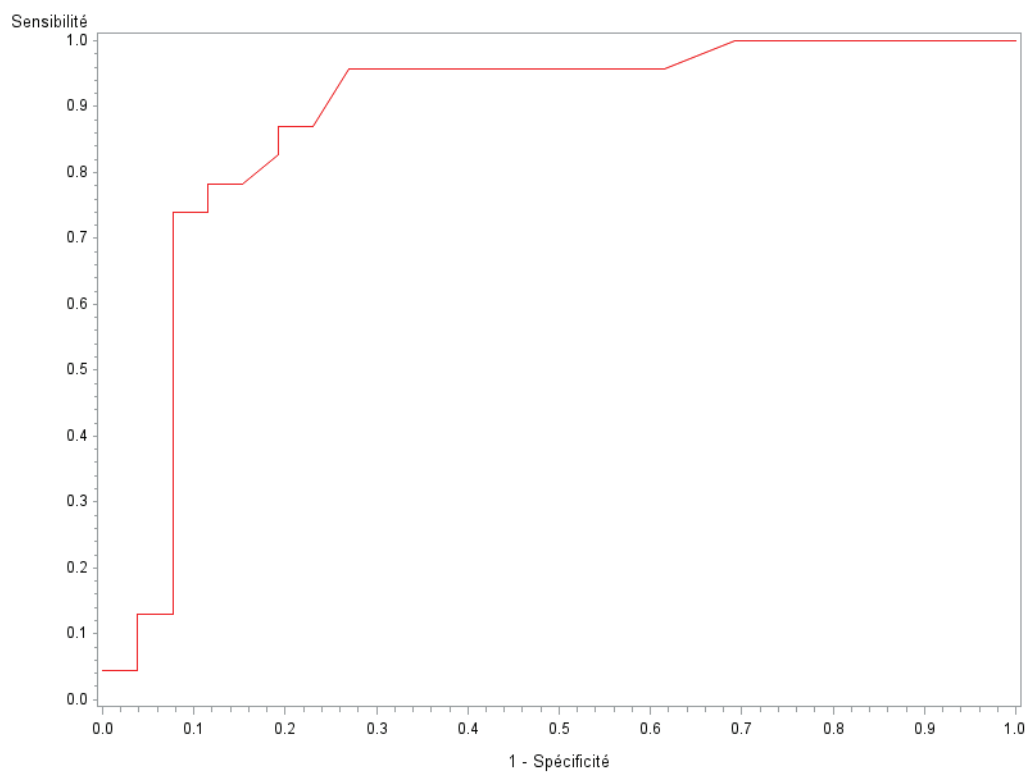


Figure 6. Courbe ROC concernant la veine cave inférieure afin de déterminer les PRVG (aire sous la courbe = 0,879)

DISCUSSION

Notre objectif était de déterminer si l'échographie de la VJI était utile dans l'estimation des PRVG en l'absence d'échographie cardiaque. Nous avons montré qu'un diamètre de la VJID à l'inspiration inférieur à 0,59cm était en faveur de PRVG normale (sensibilité=62%, spécificité=88%) alors qu'un diamètre supérieur à 1,08cm était évocateur de PRVG élevées (sensibilité=64% spécificité 86%). Nous pouvons ajouter que 34% (10/29) des patients du groupe PRVG normales avaient un diamètre inférieur de la VJID à 0.1cm à l'inspiration, soit une VJI collabée contre 9% des patients (3/25) dans le groupe PRVG élevées, rendant cette valeur discriminante pour le groupe PRVG normale.

De même, le rapport VJID/CC à l'inspiration était en faveur de PRVG normal s'il était inférieur à 0,79 (sensibilité=66%, spécificité=84%) et de PRVG élevées si le rapport était supérieur à 1,43 (sensibilité 68% spécificité 83%).

Bien que la sensibilité de ces deux tests soit inférieure à 70%, ils possèdent une bonne spécificité permettant d'aider le clinicien à l'évaluation de la volémie dans les cas difficiles en complément de l'examen clinique et des résultats biologiques à défaut de pouvoir réaliser une échographie cardiaque.

Cependant, malgré un gain modeste en sensibilité, l'utilisation du rapport VJID/carotide à l'inspiration semble redondant par rapport à l'utilisation seule de la VJID et rallonge la durée de cet examen de débrouillage. On privilégiera l'évaluation seule de la VJID à l'inspiration.

Par ailleurs, les mesures réalisées à l'expiration étaient plus élevées qu'à l'inspiration ce qui peut être expliqué par une augmentation du retour veineux à l'inspiration secondaire à une baisse de la pression intrathoracique¹³ chez un patient en ventilation spontanée. Néanmoins, le diamètre de la VJID à l'expiration et aussi les mesures de la VJIG semblent retrouver des résultats moins fiables dans l'estimation des PRVG et nous ne retenons donc pas leur utilisation en pratique clinique.

Notre étude a montré que la recherche de turgescence jugulaire restait un signe clinique discriminant dans l'évaluation de la volémie avec une sensibilité de 80% et ne doit donc pas être délaissée au profit de l'échographie de la VJI. Cependant, son évaluation nécessite une certaine rigueur difficilement objectivable d'où l'intérêt des mesures codifiées utilisables en échographie. La recherche de la turgescence de la VJE a été réalisée à 45° mais également à 0° afin de mieux identifier son trajet, variable selon les patients, en diminuant le retour

veineux. Ainsi un patient présentant une VJE douteuse à 45° mais pas de turgescence nette à 0° n'était pas évocateur d'une congestion clinique et ce sans échographie.

Afin d'éviter un biais de classement et pour limiter la subjectivité induite par les échographies, l'examen de la VJE était effectué avant l'échographie de la VJI qui était elle-même réalisée avant l'échographie cardiaque. Les deux échographies étaient réalisées à la suite afin d'éviter toute variation volémique entre les deux examens.

Dans le groupe PRVG élevées, 5 patients sur 25 ne présentaient pas de turgescence jugulaire et parmi eux, 3 d'entre eux avaient un diamètre de VJID à l'inspiration > 1.08cm. Dans le groupe PRVG normales, 4 patients présentaient une turgescence jugulaire dont 3 avec un diamètre de la VJID à l'inspiration < 0.59cm.

Concernant l'échographie de la veine cave inférieure qui avait déjà montré son intérêt dans l'estimation de la volémie¹⁴, nous avons retrouvé un seuil de diamètre >1.93cm prédictif de PRVG élevées avec une meilleure sensibilité que la VJID à 78% pour une spécificité à 88%. Sa visualisation peut être difficile chez les sujets obèses ou peu échogènes, ce qui a notamment été le cas dans notre étude chez 9.2% des patients (5/54), situations dans lesquelles l'échographie de la VJI devient intéressante. Néanmoins, la mesure de la VJI peut être gênée par un cathéter jugulaire interne, situation assez fréquente en pratique.

Aucun patient intubé et ventilé n'a été inclus au cours de cette étude afin d'éviter un éventuel biais de mesure. En effet, la pression expiratoire positive, appliquée usuellement en ventilation mécanique, agit sur le retour veineux de manière très variable^{15 16}. De plus, l'utilisation de l'échographie de la VJI dans l'estimation des PRVG sur une population en réanimation semble moins pertinente à étudier du fait de l'accès facile à l'échographie cardiaque.

Les modalités de mesure du diamètre de la VJI en coupe transversale ont été choisies en raison de leur simplicité et de leur reproductibilité. En effet, plusieurs articles^{7 8} avaient étudié l'échographie jugulaire en coupe longitudinale. Ainsi, ils ont cherché à extrapoler la pression veineuse jugulaire interne chez un patient allongé à 30° en mesurant la distance entre l'angle sternal (situé classiquement 5cm au dessus de l'oreillette droite) et le point le plus effilé de la jugulaire interne droite en coupe longitudinale à l'échographie. Cet endroit reflète l'endroit où se situent les pulsations jugulaires ce qui permet d'estimer la pression veineuse centrale en cm d'H₂O. Cette technique nécessite un opérateur entraîné et semble

moins reproductible en pratique.

L'examen de référence dans cette étude pour l'évaluation des PRVG était l'échographie cardiaque. Bien qu'opérateur dépendant, le choix de cet examen de référence, par rapport à la mesure de la pression veineuse centrale par cathétérisme dont la fiabilité est assez critiquée dans la littérature¹², a été réalisé en raison de son critère non invasif et de son utilisation courante en pratique clinique pour l'estimation des PRVG.

Malgré la fiabilité de notre test, il doit être intégré aux autres éléments que sont l'examen clinique et le contexte du malade. En effet, on note le cas d'un patient ayant bénéficié d'une échographie cardiaque pour un infarctus du myocarde sur occlusion de la coronaire droite ayant présenté une dilatation de la VJID à l'inspiration à 2,18cm, une dilatation de la veine cave inférieure à 2.9cm mais sans augmentation des PRVG à l'échographie cardiaque. Ceci est expliqué par le tableau d'insuffisance cardiaque droite isolée sans défaillance des cavités gauches. Cependant, le contexte clinique a permis d'éviter une mauvaise prise en charge thérapeutique. Le patient a donc bénéficié d'un traitement diurétique à faible dose afin d'améliorer la précharge.

Un autre patient avait présenté une dilatation de la VJID à l'inspiration à 1.7cm et une dilatation de la veine cave inférieure à 2.64cm sans augmentation des PRVG à l'échographie cardiaque mais dans un contexte d'embolie pulmonaire avec dilatation des cavités droites ce qui fausse évidemment l'examen. C'est pour cela que les patients présentant une insuffisance tricuspidiennne sévère ont été exclus de l'étude.

Notre étude présente un certain nombre de limites. Le diamètre mesuré des veines jugulaires était réalisé du bord interne au bord externe, mais aucune étude n'a analysé le diamètre du bord supérieur au bord inférieur, ce qui aurait pu être plus discriminant du fait de la forme ovale de la veine jugulaire interne en coupe transversale à l'échographie. Une étude serait intéressante sur ce critère.

Certains patients ont présenté des difficultés à réaliser une inspiration ou une expiration profonde maximale pouvant rendre le retour veineux non homogène dans la population étudiée. Une étude analysant la différence de diamètre des veines jugulaires internes entre inspiration et inspiration profonde et entre expiration et expiration profonde pourrait être intéressante.

De plus, on note également que la mesure de l'onde Ea septale n'a été réalisée que sur un

faible effectif de patients ce qui peut induire un biais de classement. Quant à l'absence de différence significative du BNP en fonction des PRVG peut être expliquée par le faible effectif de BNP réalisé dans la population au détriment du NT proBNP. La compliance de la veine cave inférieure n'avait pas été recueillie dans notre étude.

CONCLUSION

La mesure du diamètre de la veine jugulaire interne droite à l'inspiration en coupe transversale chez un patient allongé à 45° permet d'estimer les PRVG avec une sensibilité satisfaisante entre 60 et 65% et une spécificité > 80%. Cet examen s'inscrit comme un outil pratique, accessible et efficient pour compléter l'examen clinique dans l'évaluation de la volémie au lit du malade, d'autant que les solutions d'échographie Point of Care se multiplient, notamment en néphrologie.

RÉFÉRENCES

1. Caraceni P, Domenicali M, Tovoli A, et al. Clinical indications for the albumin use: Still a controversial issue. *European Journal of Internal Medicine*. 2013;24(8):721-728. doi:10.1016/j.ejim.2013.05.015
2. Kelder JC, Cramer MJ, van Wijngaarden J, et al. The Diagnostic Value of Physical Examination and Additional Testing in Primary Care Patients With Suspected Heart Failure. *Circulation*. 2011;124(25):2865-2873. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.111.019216
3. Han X, Zhang S, Chen Z, et al. Cardiac biomarkers of heart failure in chronic kidney disease. *Clinica Chimica Acta*. 2020;510:298-310. doi:10.1016/j.cca.2020.07.040
4. Madamanchi C, Alhosaini H, Sumida A, Runge MS. Obesity and natriuretic peptides, BNP and NT-proBNP: Mechanisms and diagnostic implications for heart failure. *International Journal of Cardiology*. 2014;176(3):611-617. doi:10.1016/j.ijcard.2014.08.007
5. Nagueh SF. Non-invasive assessment of left ventricular filling pressure: Non-invasive estimation of LV filling pressure. *Eur J Heart Fail*. 2018;20(1):38-48. doi:10.1002/ehf.971
6. Pellicori P, Carubelli V, Zhang J, et al. IVC Diameter in Patients With Chronic Heart Failure. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2013;6(1):16-28. doi:10.1016/j.jcmg.2012.08.012
7. Lipton B. Estimation of central venous pressure by ultrasound of the internal jugular vein. *The American Journal of Emergency Medicine*. 2000;18(4):432-434. doi:10.1053/ajem.2000.7335
8. Siva B, Hunt A, Boudville N. The sensitivity and specificity of ultrasound estimation of central venous pressure using the internal jugular vein. *Journal of Critical Care*. 2012;27(3):315.e7-315.e11. doi:10.1016/j.jcrc.2011.09.008
9. Jang T, Aubin C, Naunheim R, Lewis LM, Kaji AH. Jugular venous distension on ultrasound: sensitivity and specificity for heart failure in patients with dyspnea. *The American Journal of Emergency Medicine*. 2011;29(9):1198-1202. doi:10.1016/j.ajem.2010.07.017
10. Donahue SP, Wood JP, Patel BM, Quinn JV. Correlation of sonographic measurements of the internal jugular vein with central venous pressure. *The American Journal of Emergency Medicine*. 2009;27(7):851-855. doi:10.1016/j.ajem.2008.06.005
11. Bano S, Qadeer A, Akhtar A, et al. Measurement of Internal Jugular Vein and Common Carotid Artery Diameter Ratio by Ultrasound to Estimate Central Venous Pressure. *Cureus*. Published online March 5, 2018. doi:10.7759/cureus.2277
12. Marik PE, Baram M, Vahid B. Does Central Venous Pressure Predict Fluid Responsiveness?*: A Systematic Review of the Literature and the Tale of Seven Mares. *Chest*. 2008;134(1):172-178. doi:10.1378/chest.07-2331
13. Pinsky MR. Cardiopulmonary Interactions: Physiologic Basis and Clinical Applications. *Annals ATS*. 2018;15(Supplement_1):S45-S48. doi:10.1513/AnnalsATS.201704-339FR
14. Berthelot E, Jourdain P, Bailly M tam, et al. Echocardiographic Evaluation of Left Ventricular Filling Pressure in Patients With Heart Failure With Preserved Ejection Fraction: Usefulness of Inferior Vena Cava Measurements and 2016 EACVI/ASE Recommendations. *Journal of Cardiac Failure*. 2020;26(6):507-514. doi:10.1016/j.cardfail.2020.01.018
15. J. Sleep Res. (1995) 4, Suppl.1, 44-49 Effects of CPAP on venous return
16. Berger D, Moller PW, Weber A, et al. Effect of PEEP, blood volume, and inspiratory hold maneuvers on venous return. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. 2016;311(3):H794-H806. doi:10.1152/ajpheart.00931.2015

DEUXIÈME PARTIE

Internal jugular vein ultrasound in volemia assessment – a descriptive study

ABSTRACT

Objective

The objective of this study is to find a correlation between internal jugular vein (IJV) sonography and left ventricular filling pressure (LVFP) and a threshold to predict LVFP.

Materials and methods

We conducted this descriptive cross-sectional study in the cardiology unit in Cannes Hospital, in the intensive unit of nephrology in Hospital Pasteur 2 in Nice and the intensive care of Hospital Archet 1 in Nice from September 2020 to June 2021. A sample of 54 patients were included. First, we searched for an external jugular distension, then we did an echography of right internal jugular vein (RIJV) and left internal jugular vein (LIJV) with a patient lying down at 45° in cross section, during inspiration and expiration and finally an echocardiography was realized to assess the LVFP to determine two groups of patients : normal and elevated LVFP

Results

29 patients of mean age of $74,96 \pm 12$ were included in the normal LVFP group and 25 patients of mean age of $81,79 \pm 9,5$ were included in the elevated LVFP.

The median of RIJV during inspiration was 0.30cm [0.1-0.99] for the normal LVFP group and 1.26cm [0.74-1.56] in the elevated LVFP group with significant difference ($p < 0.001$).

A threshold lower than 0.59cm for IJV diameter was predictive of normal LVFP with a sensibility of 62% and specificity of 88%.

A threshold greater than 1.08cm was predictive of elevated LVFP with a sensibility of 64% and specificity of 86% .

The ratio of RIJV/common carotid found similar results but measures during expiration and with the LIJV do not seem to be useful in practice.

Conclusion

Right internal jugular vein ultrasound appeared to be helpful for extracellular assessment with a sensibility of 60-65% and a specificity >80%.

INTRODUCTION

Human body is composed of 60% of water including 20% extracellular water. Extracellular hyperhydration (EH) is the increase of that compartment. 1/4 of the extracellular compartment is plasma and 3/4 is the interstitial tissue. Extracellular assessment is one of the main concerns for cardiologists, nephrologists and intensive care physicians.

Edema is not always associated with an increase of plasma sector notably in case of oncotic pressure decrease. Severe hypoalbuminemia, which is frequent in elderly and malnourished patients, nephrotic syndrome or in intensive care units, is associated with edema but hypovolemia¹. Hydrostatic pressure increase leads to interstitial tissue and plasma increase which can be seen with jugular distension². Although this sign is specific to heart failure or sodium retention of renal origin, its sensibility and specificity are not well described in literature.

Jugular distension may appear subjective for the physician and difficult to be seen in overweight patients. Biomarkers like BNP or NT pro BNP have been developed but they can be unreliable with chronic renal failure³ and overweight patients⁴.

Other confounding factors exist, like calcium channel blocker use or venous insufficiency, so hypervolemia is difficult to diagnose.

Echocardiography has been developed to be an answer in those complex situations⁵. Indeed, left ventricular filling pressure (LVFP) and therefore EH can be evaluated with several indices (E wave, E/A ratio, E/E' ratio ...). However it requires a skilled operator and a powerful machine in order to achieve therapeutic changes. To simplify the explorations, inferior vena cava (IVC) ultrasound has been used for years. An increased diameter and a loss of its compliance are correlated to heart failure⁶ but this ultrasound can still remain difficult for an inexperienced operator or with overweight patients.

Internal jugular vein (IJV) ultrasound seems to be more simple to use. It is already well known by nephrologists for catheter placement. It has already been studied to assess the central venous pressure in the 2000s^{7 8} to quickly separate cardiac origin from pulmonary origin in dyspnea at the emergency room. Although promising, this exploration has fallen

into disuse.

There are several modalities of IJV ultrasound:

- Donahue and al¹⁰ used a cross sectional, 2 centimeters above the clavicle lying 35° from the horizontal. They found that a diameter between 0,57cm and 0,83cm at the end of expiration is associated with a central venous pressure lower than 10 cm H₂O while a diameter between 1,12 and 1,38cm is associated with a central venous pressure higher than 10cm H₂O.
- Sheher Banno and al¹¹ has shown that the internal jugular venous / common carotid ratio (IJV/CC) < 1,75 at the expiration was correlated with a central venous pressure < 10 cmH₂O. This significant difference has not been found for values measured during inspiration.

It is therefore interesting to use ultrasonography of IJV to evaluate the extracellular compartment of patients.

Since central venous pressure measure with catheter is invasive and less used because of its lack of reliability¹², it seems reasonable to use echocardiography for volemia assessment as the gold standard.

We studied the performance of IJV ultrasound in a population where we assessed EH clinically and with echocardiography.

MATERIALS AND METHODS

This is a cross sectional observational multicentre descriptive study. Oral consent was obtained before inclusion.

Study population

Inclusion was made not consecutively and were included patients > 18 years old who required an echocardiography in the cardiology unit in Cannes Hospital, in the intensive unit of nephrology in Hospital Pasteur 2 in Nice and the intensive care of Hospital Archet 1 in Nice from September 2020 to June 2021,

Ultrasonounds were performed by two operators : the principal investigator and a cardiology expert who reviewed the exam. They were performed after the usual clinical examination.

Non inclusion criteria were :

- a jugular catheter at the time of the ultrasound
- a recent internal jugular vein thrombosis
- a neck surgery less than 3 months
- a previous history of neck radiation treatment
- a mechanical ventilation or non invasive ventilation at the time of the ultrasound

Exclusion criteria were :

- the presence of mitral stenosis (any grade)
- a severe tricuspid insufficiency (severity determined by cardiologist)
- a thrombosis of the jugular vein discovered at the time of the ultrasound

For each patient enrolled, data were collected from anamnesis or electronic medical record (*Dx care* ®, *Clinicom*® , *Orbis* ®). Clinical features were : sex, age, height, weight, high blood pressure, diabetes, chronic renal failure, acute kidney injury at the time of ultrasound according to the criteria KDIGO, BNP or NT pro BNP plasma level, medication (calcium channel blocker, beta antagonist, IEC/ARA2, sacubitril valsartan, diuretic).

External jugular vein distention examination was realized during inspiration in a patient placed at 45° and 0° (no jugular vein distention or jugular distention) and before the IJV ultrasound and echocardiography.

IJV ultrasound was performed in a patient placed at 45°. The transducer was placed on the neck in a transverse plane over the IJV, 2 cm above the level of the clavicle with the least amount of pressure needed with the patient's chin turned slightly on the other side. The transverse diameter of the inner edge to the outer edge was measured in centimeters for the IJV and the CC at both sides. The ratio IJV/CC was calculated. These measures were done at the end of inspiration and expiration.

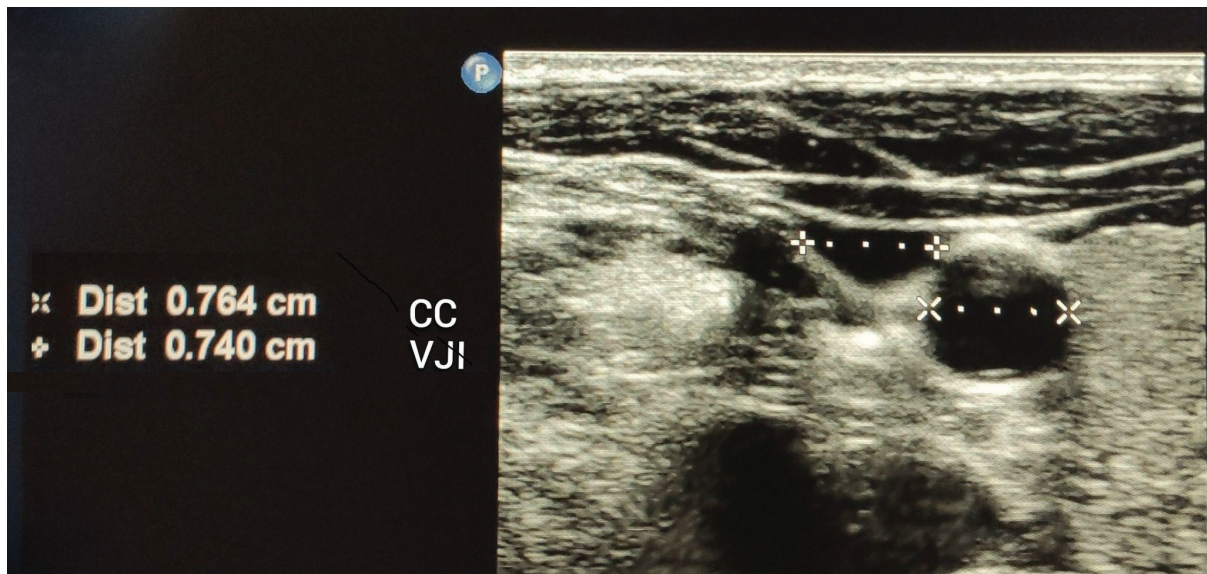


Figure 1. Internal jugular vein measured at 0.76cm in cross-sectional at 45°

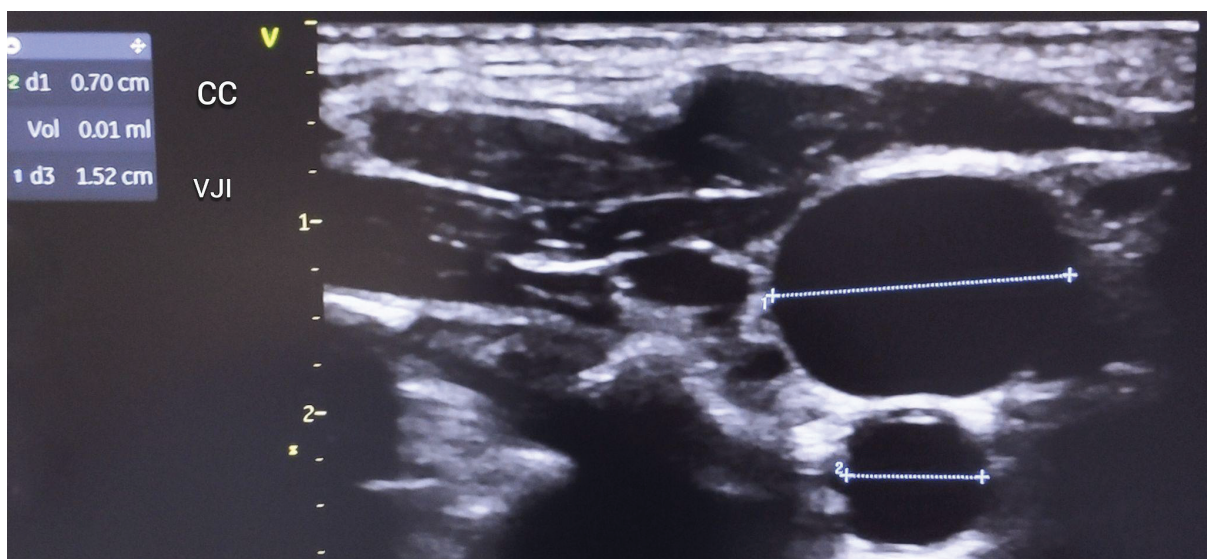


Figure 2. Internal jugular vein measured at 1.52cm in cross-sectional at 45°

The collected parameters with echocardiography were :

Visual left ventricular ejection fraction (LVEF) or measured with Simpson biplan

Kinetic disorder

E wave, A wave , E/A ratio

E' velocity and E/E' ratio

inferior vena cava diameter and its compliance

Peak tricuspid regurgitation velocity and systolic pulmonary artery pressure

Left atrial area and indexed volume

Aortic or mitral or tricuspid valve disease

Left ventricular filling pressure (LVFP) were evaluated as :

- elevated if E/A ratio was >2 or $E/E' >13$ or if E/A ratio was between 1 and 2 with two of the following elements : indexed volume of left atrial $> 34\text{mL/m}^2$, peak tricuspid regurgitation velocity $> 2,8\text{m/s}$.

- normal if E/A ratio was < 1 or $E/E' >8$ or if E/A ratio was between 1 and 2 with an indexed volume of left atrial $< 34\text{mL/m}^2$ or peak tricuspid regurgitation velocity $< 2,8\text{m/s}$ or these two criterias.

If the classification was still uncertain, patients were reclassified according to the cardiologist expertise.

The same ultrasonographer was used but with different probe (cardiac or vascular) for each patient :

In the cardiology unit, the ultrasonographers were Philips Healthcare and Vivid iq.

In the nephrology unit, the ultrasonographer was Vivid iq.

In the intensive care unit, the ultrasonographer was Vivid E9.

Statistical analysis

The sample size was calculated as 28, taking the 5% level of significance, 90% power, mean value of IJV diameter of 0.7cm and a standard deviation of 0.6 reported in the previous study by Sheher bano and al¹¹.

The statistical analysis was achieved with the SAS software Enterprise Guide 7.1 (SAS Institute Inc., Cary, NC). Results were presented with median and first and third quartiles for quantitative variables with non-normal distribution after normality test of Shapiro & Wilk and Quantile-Quantile diagram (Q-Q plot). Results were presented with mean and standard

deviation for quantitative variables with normal distribution. Wilcoxon-Mann-Whitney test has been used for comparison of quantitative datas.

Qualitative variables were presented with frequency and percentage. Chi2 test and Fischer test were used for comparison of qualitative datas.

The diagnostic efficacy of the IJV diameter and IJV/CC ratio at the end of inspiration was determined with ROC curve and confidence interval.

RESULTS

54 patients, including 31 men et 23 women with a mean age of 78.5 were included from September 2020 to June 2021. Among them, 25 had elevated left ventricular filling pressure and 29 had normal LV filling pressure, according to our study criteria. Clinical and laboratory characteristics of the population are presented in Table 1.

Table 1. Clinical et laboratory characteristics of the study population

	normal LVFP (n=29)	elevated LVFP (n=25)	Valeur p
Clinical characteristics			
Age (years)	75,0 ± 12	81,8 ± 9,5	0,04
Male (%)	16 (55,2)	15 (60)	0,72
Weight (kg)	70,9 ± 15,7	70,5 ± 10,8	0,80
Height (cm)	168,6 ± 11,8	167,7 ± 7,8	0,66
Comorbidity and treatment (%)			
High blood pressure	19 (65,5)	16 (66,7)	0,93
Diabetes	7 (24,1)	10 (43,4)	0,14
Acute renal failure			
KDIGO 1 & 2 (%)	6 (21)	5 (20)	0,95
KDIGO 3 (%)	2 (6,8)	6 (24)	
Chronic renal failure			
GFR 30-60mL/min/1,73m ²	6 (21)	6 (24)	
GFR <30 mL/min/1,73m ²	2 (6,8)	6 (24)	
Ischemic heart disease(%)	7 (24)	9 (36)	0,341

Valvular heart disease(%)	2 (6,8)	7 (28)	
Atrial fibrillation (%)	8 (27)	9 (36)	0,51
Calcium blocker (%)	5 (17,2)	3 (12,5)	0,63
Diuretic (%)	11 (38)	14 (60)	0,10
Betablocker (%)	6 (20,7)	11 (47,8)	0,04
Angiotensin converting enzyme inhibitor (%)	5 (17,2)	8 (32)	0,26
Sacubitril valsartan (%)	1 (3,45)	1 (4)	0,87

Biology

NT pro BNP pg/mL	7751[113-3580]	12388 [3800-19969]	<0,01
BNP pg/mL	350[113-250]	1024 [693-1354]	0,06

Clinical exam

Jugular distension at 0° (%)	8 (27,6)	20 (80)	0,0001
Jugular distension at 45° (%)	4 (13,7)	20 (80)	<0,0001

Echocardiography

LVEF %	58 [57,5-62,5]	41,7 [30-60]	<0,0001
E wave (cm/s)	73 [45-90]	115,5 [100-140]	0,0001
A wave (cm/s)	82 [65-120]	79 [60-93]	
E/A ratio	0,7 [0,5-1,0]	1,5 [1,1-2,0]	0,0003
Lateral E' wave	8,9	8,2	
Lateral E/E' ratio	8,6 [6,0-10,6]	14,8 [12,2-16,8]	<0,0001
Septal E' wave	9,3	6,7	
Septal E/E' wave	7,52 [6,6-9,0]	16,3 [15,1-17,6]	<0,01
IVC (cm)	1,5 [1,1-1,6]	2,17 [2,0-2,5]	<0,001
Peak tricuspid regurgitation velocity (m/s)	1,46 [0,0-2,9]	3,02 [3,2-3,9]	<0,001
Systolic pulmonary artery pressure	22,2 [0,0-35,0]	51,0 [48,0-62,0]	0,0003
Left atrial indexed volume (ml/m ²)	30,9 [22,0-36,3]	49,9 [35,4-57,0]	<0,0001

External jugular vein (EJV)

At 0°, 27.5% of patients (8/25) in normal LVFP group presented a jugular distension versus 80% of patients (20/25) in elevated LVFP group with a significant difference (p=0.0001).

At 45°, 13.7% of patients (4/25) in normal LVFP group presented a jugular distension versus 80% of patients (20/25) in elevated LVFP group with a significant difference (p<0.0001).

Internal jugular vein (IJV)

Measures of IJV diameter followed non-normal distribution (Shapiro Wilk test for right IJV during inspiration : $p=0.0009$) (figure 3)

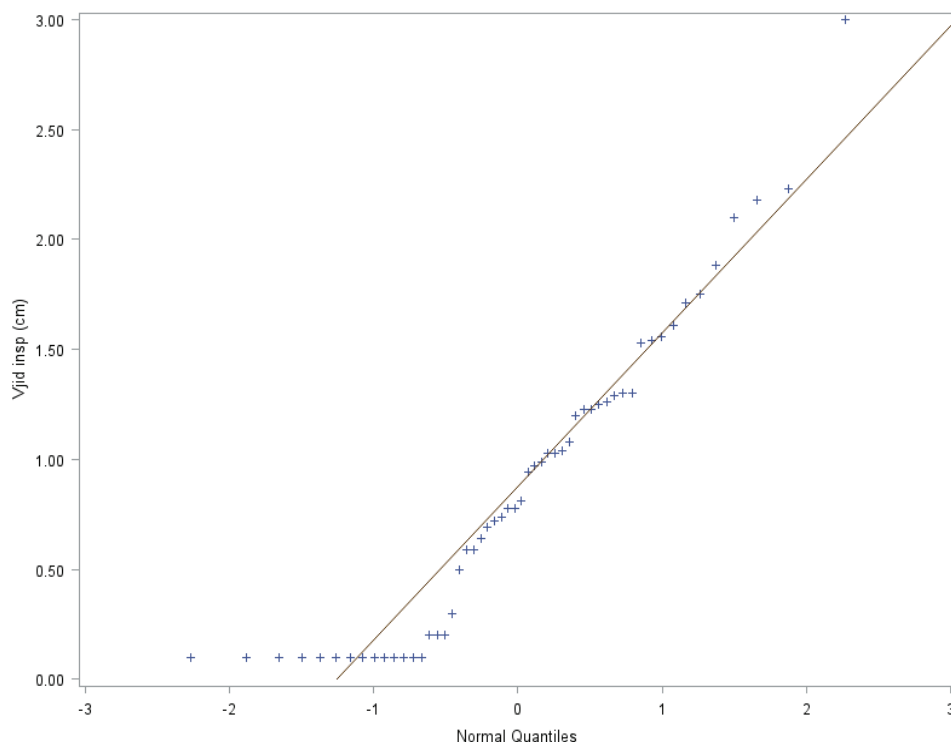


Figure 3. Quantile-quantile diagram comparing right IJV distribution during inspiration.

During inspiration, median of diameter of RIJV was evaluated at 0.30cm [0.10-0.99] in normal LVFP group against 1.26cm [0.74-1.56] in elevated LVFP group with significant difference ($p=0.0006$). Multivariate analysis adjusted with age and LVEF confirmed this difference ($p=0.02$).

During expiration, median of diameter of RIJV was evaluated at 1.06cm [0.82-1.31] in normal LVFP group and 1.63cm [1.08-2.05] in elevated LVFP groupe with significant difference ($p=0.005$)

During inspiration, median of diameter of left IJV (LIJV) was evaluated at 0.48cm [0.1-1.00] in normal LVFP group against 1.00cm [0.71-1.35] in elevated LVFP group with significant difference ($p=0.009$).

During expiration, median of diameter of LIJV was evaluated at 1.05cm [0.89-2.24] in normal LVFP group and 1.20cm [0.90-1.61] in elevated LVFP group with no significant difference ($p=0.3$) (Table 2).

Common carotid (CC)

Right CC median diameter was 0.83cm [0.70-0.90] in the normal LVFP group and 0.70cm [0.65-0.83] in the elevated LVFP group without significant difference ($p=0.08$).

Left CC median diameter was 0.76cm [0.70-0.85] in the normal LVFP group and 0.73cm [0.65-0.83] in the elevated LVFP group without significant difference ($p=0.43$) (Table 2).

Internal jugular vein diameter/common carotid ratio (IJV/CC)

RIJV/CC median during inspiration was 0.31 [0.15-1.18] in the normal LVFP group and 1.88 [1.01-2.48] in the elevated LVFP group with a significant difference ($p=0.0005$).

During expiration, the RIJV/CC median was 1.35 [1.08-1.87] in the normal LVFP group and 2.25 [1.79-2.98] in the elevated LVFP group with significant difference ($p=0.002$).

LIJV/CC median during inspiration was 0.67 [0.15-1.29] in the normal LVFP group and 1.45 [0.97-1.86] in the elevated LVFP group with a significant difference ($p=0.01$).

During expiration, the LIJV/CC median was 1.41 [0.29-2.24] in the normal LVFP group and 1.72 [1.37-2.00] in the elevated LVFP group with no significant difference ($p=0.4$). (Table 2).

Table 2. Internal jugular vein ultrasound results according to LVFP

	Normal LVFP (n=29)	Elevated LVFP (n=25)	p value
Internal vein ultrasound			
RIJV inspiration (cm)	0,30 [0,1-0,99]	1,26 [0,74-1,56]	<0,001
RIJV expiration (cm)	1,06 [0,82-1,31]	1,63 [1,08-2,05]	0,005
Right CC (cm)	0,83 [0,7-0,9]	0,70 [0,65-0,83]	0,08
RIJV/CC ratio inspiration	0,31 [0,15-1,18]	1,88 [1,01-2,48]	<0,001
RIJV/CC ratio expiration	1,35 [1,08-1,87]	2,25 [1,79-2,98]	<0,003
LIJV inspiration (cm)	0,48 [0,10-1,00]	1,00 [0,71-1,35]	0,009
LIJV expiration (cm)	1,05 [0,89-2,24]	1,20 [0,895-1,61]	0,30
Left CC (cm)	0,76 [0,70-0,85]	0,73 [0,65-0,80]	0,43
LIJV/CC ratio inspiration	0,67 [0,15-1,29]	1,45 [0,97-1,86]	<0,01
LIJV/CC ratio expiration	1,41 [0,29-2,24]	1,72 [1,37-2,00]	0,26

Determining of LVFP predictif threshold

Area under the ROC curve of RIJV during inspiration according to LVFP was 0.772 and showed two thresholds (Figure 4) :

RIJV diameter during inspiration greater than 1.08cm was associated with elevated LVFP with a sensibility of 64% and a specificity of 86% (OR=11.1; IC95 [2.92-42.2]).

RIJV diameter lower than 0.59cm was associated with normal LVFP with a sensibility of 62% and a specificity of 88% (OR=12; IC95 [2.90-49.67]).

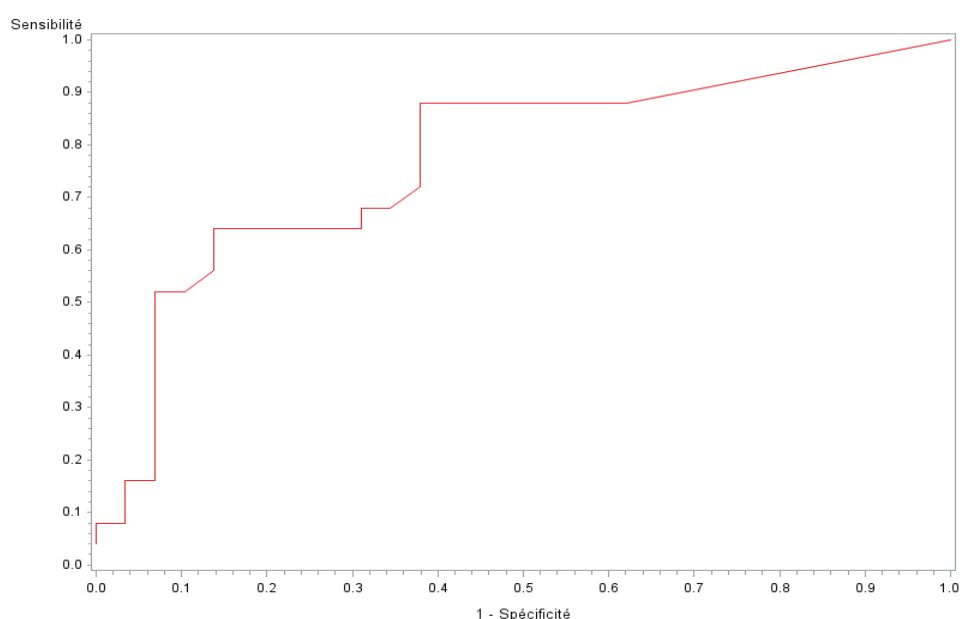


Figure 4. ROC curve with RIJV during inspiration to determine LVFP (AUC=0.772)

Area under the ROC curve of RIJV/CC ratio during inspiration according to LVFP was 0.779 and revealed two thresholds (Figure 4) :

A ratio greater than 1.43cm was associated with elevated LVFP with a sensibility of 68% and a specificity of 83% (OR=10.2; IC95 [2.84-36.62]).

A ratio lower than 0.79cm was associated with normal LVFP with a sensibility of 66% and a specificity of 84% (OR=9.98; IC95 [2.68-37.16]).

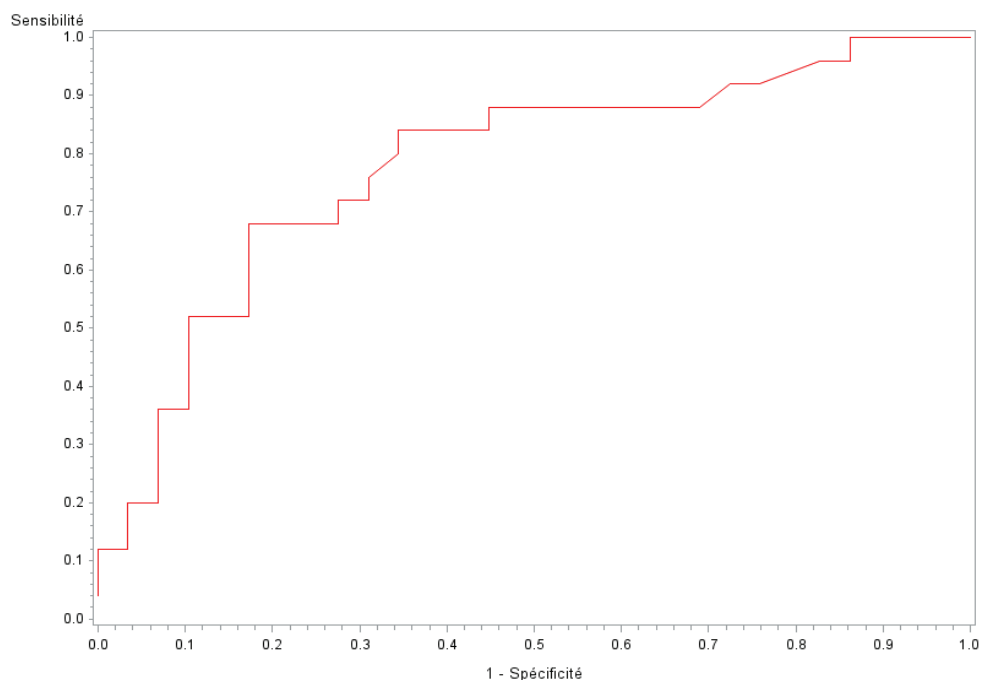


Figure 5. ROC curve with RIJV/CC ratio during inspiration to determine LVFP (AUC=0.779)

However, areas under the ROC curve of RIJV during expiration, and LIJV during inspiration and expiration were not sufficient to determine a relevant threshold according to LVFP with a sensibility >60% and a specificity >80%.

Inferior vena cava

In the normal LVFP group, the IVC diameter median was 1.5cm [1.12-1.59] and 2.17cm [2.0-2.5] for the elevated LVFP group, with a significant difference ($p<0.001$).

Area under the ROC curve of the IVC according to LVFP was 0.879 (Figure 6) and determine a threshold of 1.93cm, predictive of elevated LVFP with a sensibility of 78% and a specificity of 88% (OR=27.6, IC95 [5.8-131])

DISCUSSION

Our goal was to determine if IJV ultrasound was useful in LVFP assessment. A RIJV diameter during inspiration lower than 0.59cm was associated with normal LVFP (sensitivity=62%, specificity=88%) whereas a diameter greater than 1.08cm was associated with elevated LVFP (sensitivity=64%, specificity=84%). Moreover, 34% (10/29) of patients with normal LVFP group had a RIJV diameter less than 0.1cm during inspiration (collapsible vein during inspiration) versus 9% (3/25 patients) in the elevated LVFP group, which makes this value very discriminating.

RIJV/CC ratio during inspiration was associated with normal LVFP if the ratio was lower than 0.79 (sensitivity=66%, specificity=84%) and was associated with elevated LVFP if the ratio was greater than 1.43 (sensitivity 68%, specificity 83%).

Even if the sensibility of these two tests was lower than 70%, they have a good specificity allowing to help the clinician in extracellular hydration assessment. This test should be integrated with clinical exam and biological results when echocardiography is unavailable.

However, in spite of a modest gain of sensibility, the use of RIJV/CC ratio during inspiration seemed redundant to RIJV diameter. Thus, RIJV during inspiration should be prioritized in our clinical practice.

Likewise, the IJV diameter was higher during expiration than during inspiration which can be explained by a venous return secondary to intra thoracic pressure increase during inspiration in a non ventilated patient. Nevertheless, we notice that the RIJV diameter during expiration and LIJV measures showed less reliable results for LVFP assessment and we do not recommend their use.

Clinical external jugular vein distension remained a discriminating clinical sign and should not be neglected in favour of jugular vein ultrasound. We did this exam at 45° but also at 0° to better identify the road of the external jugular vein. Then, a patient with a doubtful jugular distension at 45° but no clear jugular distension at 0° is not suggestive of hypervolemia without resorting to ultrasound.

To avoid bias and not be influenced by the echography, external jugular vein examination was realized before internal jugular vein ultrasound and the echocardiography was done afterward. The two ultrasounds were realized one after the other to avoid variation of volemia between them.

In the elevated LVFP group, 5 patients did not present a jugular distension. 3 of them had a

RIJV during inspiration $> 1.08\text{cm}$. In the normal LVFP group, 4 patients had a jugular distention, 3 of them had a RIJV during inspiration $< 0.59\text{cm}$.

Concerning inferior vena cava ultrasound which has already shown its interest in volemia assessment¹⁴, we showed that a diameter threshold $> 1.93\text{cm}$ was predictive of elevated LVFP with a better sensibility than RIJV at 78% and a specificity of 88%. Unlike IJV, IVC can be difficult to visualize in overweight or poorly echogenic patients, notably in our study for 9.2% (5/54) of our patients. However, IJV measures cannot be used with an internal jugular catheter which is a rather frequent situation in practice.

No intubated and ventilated patients were included during this study to avoid a measured bias due to positive end expiratory pressure which makes the venous return variable^{15 16}. Moreover, IJV ultrasound for volemia assessment in intensive care units seems less reliable because of echocardiography current practice.

The mean of measures of RIJV diameter in the cross section were chosen for their simplicity and reproducibility. Indeed, several articles^{7 8 9} had studied jugular vein ultrasound in the longitudinal section. Thus, they searched to estimate the jugular vein pressure with a patient lying down at 30° by measuring the distance between the sternal angle, which is classically located 5cm above the right atrium, and the most superior point of the tapering portion of the IJV in a longitudinal section with echography. This reflects the pulsation jugular spot, which allows to assess the central venous pressure in cmH₂O. This procedure needs a trained operator and seems less reproducible than ours, in practice.

We use echocardiography as the gold standard in this study to assess LVFP. Although it is operator-dependent, this examination is not invasive and frequently used in practice for LVFP assessment compared to determination of central pressure with catheterization¹².

Clinical exam and medical history must complete our test in spite of its reliability. For instance, we relate the case of one patient who had an echocardiography for myocardial infarction secondary to right coronary occlusion. He presented a dilation of the RIJV during inspiration of 2.18cm, a IJV dilation of 2.9cm but no LVFP increase at echocardiography. This can be explained with isolated right-sided heart failure without left-sided heart failure. However, the clinical context in this case helps to improve therapeutic management. The

patient was treated with low-dose diuretic to improve preload.

Another patient had a RIJV dilatation of 1.7cm with IJV dilatation of 2.64cm without LVFP increase at echocardiography but with pulmonary embolism and dilated right cavities which bias the result of the test.

Likewise, patients with severe tricuspid regurgitation have been excluded.

Our study had few limits. IJV diameter was measured from internal edge to external edge but no study has analyzed the diameter from superior to inferior edge which could have been discriminating because of the oval shape of the IJV with cross-sectional at echography. A study would be interesting for this criterion.

Few patients presented difficulty to realize deep inspiration or expiration which can make inhomogenous venous return within the study population. A study measuring the IJV diameter between inspiration and deep inspiration and expiration and between deep expiration can be interesting.

Finally, we also noticed that septal E' wave had not been measured in all patients which can induce a classifying bias. The absence of significant difference between BNP and LVFP could be explained by the low effectiveness of BNP dosed in the study population unlike NT pro BNP. IVC compliance has not been registered in this study.

CONCLUSION

Measure of the diameter of the cross sectional right internal jugular vein during inspiration at 45° permitted LVFP assessment with a sensibility between 60 and 65% and a specificity >80%. This examination was a practical, accessible and efficient tool to complete clinical examination for volemia assessment at the patient's bedside. Especially as Point of care ultrasound are more and more available in nephrology.

RÉFÉRENCES

1. Caraceni P, Domenicali M, Tovoli A, et al. Clinical indications for the albumin use: Still a controversial issue. *European Journal of Internal Medicine*. 2013;24(8):721-728. doi:10.1016/j.ejim.2013.05.015
2. Kelder JC, Cramer MJ, van Wijngaarden J, et al. The Diagnostic Value of Physical Examination and Additional Testing in Primary Care Patients With Suspected Heart Failure. *Circulation*. 2011;124(25):2865-2873. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.111.019216
3. Han X, Zhang S, Chen Z, et al. Cardiac biomarkers of heart failure in chronic kidney disease. *Clinica Chimica Acta*. 2020;510:298-310. doi:10.1016/j.cca.2020.07.040
4. Madamanchi C, Alhosaini H, Sumida A, Runge MS. Obesity and natriuretic peptides, BNP and NT-proBNP: Mechanisms and diagnostic implications for heart failure. *International Journal of Cardiology*. 2014;176(3):611-617. doi:10.1016/j.ijcard.2014.08.007
5. Nagueh SF. Non-invasive assessment of left ventricular filling pressure: Non-invasive estimation of LV filling pressure. *Eur J Heart Fail*. 2018;20(1):38-48. doi:10.1002/ejhf.971
6. Pellicori P, Carubelli V, Zhang J, et al. IVC Diameter in Patients With Chronic Heart Failure. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2013;6(1):16-28. doi:10.1016/j.jcmg.2012.08.012
7. Lipton B. Estimation of central venous pressure by ultrasound of the internal jugular vein. *The American Journal of Emergency Medicine*. 2000;18(4):432-434. doi:10.1053/ajem.2000.7335
8. Siva B, Hunt A, Boudville N. The sensitivity and specificity of ultrasound estimation of central venous pressure using the internal jugular vein. *Journal of Critical Care*. 2012;27(3):315.e7-315.e11. doi:10.1016/j.jcrc.2011.09.008
9. Jang T, Aubin C, Naunheim R, Lewis LM, Kaji AH. Jugular venous distension on ultrasound: sensitivity and specificity for heart failure in patients with dyspnea. *The American Journal of Emergency Medicine*. 2011;29(9):1198-1202. doi:10.1016/j.ajem.2010.07.017
10. Donahue SP, Wood JP, Patel BM, Quinn JV. Correlation of sonographic measurements of the internal jugular vein with central venous pressure. *The American Journal of Emergency Medicine*. 2009;27(7):851-855. doi:10.1016/j.ajem.2008.06.005
11. Bano S, Qadeer A, Akhtar A, et al. Measurement of Internal Jugular Vein and Common Carotid Artery Diameter Ratio by Ultrasound to Estimate Central Venous Pressure. *Cureus*. Published online March 5, 2018. doi:10.7759/cureus.2277
12. Marik PE, Baram M, Vahid B. Does Central Venous Pressure Predict Fluid Responsiveness?*: A Systematic Review of the Literature and the Tale of Seven Mares. *Chest*. 2008;134(1):172-178. doi:10.1378/chest.07-2331
13. Pinsky MR. Cardiopulmonary Interactions: Physiologic Basis and Clinical Applications. *Annals ATS*. 2018;15(Supplement_1):S45-S48. doi:10.1513/AnnalsATS.201704-339FR
14. Berthelot E, Jourdain P, Bailly M tam, et al. Echocardiographic Evaluation of Left Ventricular Filling Pressure in Patients With Heart Failure With Preserved Ejection Fraction: Usefulness of Inferior Vena Cava Measurements and 2016 EACVI/ASE Recommendations. *Journal of Cardiac Failure*. 2020;26(6):507-514. doi:10.1016/j.cardfail.2020.01.018
15. J. Sleep Res. (1995) 4, Suppl.1, 44-49 Effects of CPAP on venous return
16. Berger D, Moller PW, Weber A, et al. Effect of PEEP, blood volume, and inspiratory hold maneuvers on venous return. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. 2016;311(3):H794-H806. doi:10.1152/ajpheart.00931.2015

Serment d'Hippocrate

“Au moment d’être admis(e) 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(e) dans l’intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu(e) 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(e) et méprisé(e) si j’y manque.”