



Université de Bourgogne
UFR des Sciences de Santé
Circonscription Médecine



ANNEE 2020

N°

Observation du diamètre de l'enveloppe du nerf optique à l'échographie chez les patients évoluant vers la mort encéphalique

THESE
Présentée

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

et soutenue publiquement le 10 avril 2020

pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

par Elodie Bergmann-Vatran

Né(e) le 19 Juin 1989

A Strasbourg

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 2020

N°

Observation du diamètre de l'enveloppe du nerf optique à l'échographie chez les patients évoluant vers la mort encéphalique

THESE
Présentée

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

et soutenue publiquement le 10 avril 2020

pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

par Elodie Bergmann-Vatran

Né(e) le 19 Juin 1989

A Strasbourg

Année Universitaire 2019-2020
au 1^{er} Novembre 2019

Doyen :
Assesseurs :

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

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

		Discipline	
M.	Sylvain	AUDIA	Médecine interne
M.	Marc	BARDOU	Pharmacologie clinique
M.	Jean-Noël	BASTIE	Hématologie - transfusion
M.	Emmanuel	BAULOT	Chirurgie orthopédique et traumatologie
M.	Yannick	BEJOT	Neurologie
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	BOUHEMAD	Anesthésiologie - réanimation chirurgicale
M.	Alexis	BOZORG-GRAYELI	Oto-Rhino-Laryngologie
M.	Alain	BRON	Ophthalmologie
M.	Laurent	BRONDEL	Physiologie
Mme	Mary	CALLANAN	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
M.	Gilles	CREHANGE	Oncologie-radiothérapie
Mme	Catherine	CREUZOT-GARCHER	Ophthalmologie
M.	Frédéric	DALLE	Parasitologie et mycologie
M.	Alexis	DE ROUGEMONT	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
M.	Hervé	DEVILLIERS	Médecine interne
M.	Serge	DOUVIER	Gynécologie-obstétrique
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
M.	François	GHIRINGHELLI	Cancérologie
M.	Pierre Grégoire	GUINOT	Anesthésiologie – réanimation chirurgicale
M.	Frédéric	HUET	Pédiatrie
M.	Pierre	JOUANNY	Gériatrie
M.	Sylvain	LADOIRE	Histologie
M.	Gabriel	LAURENT	Cardiologie
M.	Côme	LEPAGE	Hépatogastroentérologie
M.	Romarc	LOFFROY	Radiologie et imagerie médicale
M.	Luc	LORGIS	Cardiologie

M.	Jean-Francis	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
M.	Klaus Luc	MOURIER	Neurochirurgie
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	RAY	Médecine d'urgence
M.	Patrick	RAT	Chirurgie générale
M.	Jean-Michel	REBIBOU	Néphrologie
M.	Frédéric	RICOLFI	Radiologie et imagerie médicale
M.	Paul	SAGOT	Gynécologie-obstétrique
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.	Benoit	TROJAK	Psychiatrie d'adultes ; addictologie
M.	Pierre	VABRES	Dermato-vénéréologie
M.	Bruno	VERGÈS	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
M.	Narcisse	ZWETYENGA	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie

PROFESSEURS EN SURNOMBRE

M.	Alain	BERNARD (surnombre jusqu'au 31/08/2021)	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
M.	Bernard	BONIN (Surnombre jusqu'au 31/08/2020)	Psychiatrie d'adultes
M.	Jean-Marie	CASILLAS-GIL (Surnombre jusqu'au 31/08/2020)	Médecine physique et réadaptation
M.	Pascal	CHAVANET (Surnombre jusqu'au 31/08/2021)	Maladies infectieuses

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

			Discipline Universitaire
M.	Jean-Louis	ALBERINI	Biophysiques et médecine nucléaire
Mme	Lucie	AMOUREUX BOYER	Bactériologie
Mme	Shaliha	BECHOUA	Biologie et médecine du développement
M.	Mathieu	BLOT	Maladies infectieuses
M.	Benjamin	BOUILLET	Endocrinologie
Mme	Marie-Claude	BRINDISI	Nutrition
Mme	Marie-Lorraine	CHRETIEN	Hématologie
Mme	Vanessa	COTTET	Nutrition
M.	Damien	DENIMAL	Biochimie et biologie moléculaire
Mme	Ségolène	GAMBERT-NICOT	Biochimie et biologie moléculaire
Mme	Marjolaine	GEORGES	Pneumologie
Mme	Françoise	GOIRAND	Pharmacologie fondamentale
M.	Charles	GUENANCIA	Physiologie
Mme	Agnès	JACQUIN	Physiologie
M.	Alain	LALANDE	Biophysique et médecine nucléaire
M.	Louis	LEGRAND	Biostatistiques, informatique médicale
Mme	Stéphanie	LEMAIRE-EWING	Biochimie et biologie moléculaire
M.	Pierre	MARTZ	Chirurgie orthopédique et traumatologie
M.	Alain	PUTOT	Gériatrie
M.	Paul-Mickaël	WALKER	Biophysique et médecine nucléaire

PROFESSEURS EMERITES

M.	Laurent	BEDENNE	(01/09/2017 au 31/08/2020)
M.	Jean-François	BESANCENOT	(01/09/2017 au 31/08/2020)
M.	François	BRUNOTTE	(01/09/2017 au 31/08/2020)
M.	Philippe	CAMUS	(01/09/2019 au 31/08/2022)
M.	Jean	CUISENIER	(01/09/2018 au 31/08/2021)
M.	Jean-Pierre	DIDIER	(01/11/2018 au 31/10/2021)
Mme	Monique	DUMAS-MARION	(01/09/2018 au 31/08/2021)
M.	Claude	GIRARD	(01/09/2019 au 31/08/2022)
M.	Maurice	GIROUD	(01/09/2019 au 31/08/2022)
M.	Patrick	HILLON	(01/09/2019 au 31/08/2022)
M.	François	MARTIN	(01/09/2018 au 31/08/2021)
M.	Henri-Jacques	SMOLIK	(01/09/2019 au 31/08/2022)
M.	Pierre	TROUILLOUD	(01/09/2017 au 31/08/2020)

PROFESSEURS DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

M.	Jean-Noël	BEIS	Médecine Générale
----	-----------	-------------	-------------------

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

Mme	Katia	MAZALOVIC	Médecine Générale
-----	-------	------------------	-------------------

PROFESSEURS ASSOCIES DE MEDECINE GENERALE

M.	Didier	CANNET	Médecine Générale
M.	François	MORLON	Médecine Générale

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES DE MEDECINE GENERALE

M.	Clément	CHARRA	Médecine Générale
Mme	Anne	COMBERNOUX -WALDNER	Médecine Générale
M.	Benoit	DAUTRICHE	Médecine Générale
M.	Alexandre	DELESVAUX	Médecine Générale
M.	Rémi	DURAND	Médecine Générale
M.	Arnaud	GOUGET	Médecine Générale

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

Mme	Lucie	BERNARD	Anglais
M.	Didier	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	EVRARD	Anglais
Mme	Lucie	MAILLARD	Anglais

PROFESSEURS CERTIFIES

Mme	Anaïs	CARNET	Anglais
M.	Philippe	DE LA GRANGE	Anglais
Mme	Virginie	ROUXEL	Anglais (Pharmacie)

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

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES PRATICIENS HOSPITALIERS DES DISCIPLINES PHARMACEUTIQUES

M.	Philippe	FAGNONI	Pharmacie clinique
M.	Frédéric	LIRUSSI	Toxicologie
M.	Marc	SAUTOUR	Botanique et cryptogamie
M.	Antonin	SCHMITT	Pharmacologie

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 : Professeur Bélaïd Bouhemad

Membres : Professeur Frédéric Ricolfi
Professeur Pierre-Grégoire Guinot
Dr René-Gilles Patrigeon
Dr Abdelaouid Nadji

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."

DEDICACES ET REMERCIEMENTS

A mon Maître et Président de jury

Monsieur le Professeur Bélaïd Bouhemad, merci d'avoir accepté de présider le jury de cette thèse, et même permis de partager ce moment avec Caroline et nos proches, en acceptant de nous accorder de votre temps. Merci de protéger un cursus d'anesthésie réanimation Dijonnais de qualité, autonomisant, et humain. Je suis heureuse d'avoir pu profiter de cette formation, honorée d'avoir bénéficié de vos connaissances et conseils, et profondément reconnaissante du soutien que vous procurez à vos internes. Soyez assuré que vos enseignements répétés 7 fois sont retenus.

A mes Juges

Monsieur le Professeur Frédéric Ricolfi, je vous remercie sincèrement de prendre de votre temps pour participer au jury de cette thèse. Votre excellence en neuroradiologie interventionnelle et vos qualités relationnelles garantissent l'atmosphère sereine régnant en salle. Votre disponibilité et bienveillance lors de nos sollicitations permettent de nous transmettre à chaque fois une nouvelle connaissance.

Monsieur le Professeur Pierre-Grégoire Guinot, je suis honorée que vous ayez accepté de juger cette thèse, merci d'y avoir accordé de votre temps. Vous êtes un exemple d'énergie de travail, toujours à l'affût de recherche et progrès, et insufflez une dynamique encourageante. Stimulant la curiosité scientifique en partant toujours des bases physiopathologiques, l'hémodynamique s'éclaire.

Monsieur le Docteur René-Gilles Patrigeon, je reste émue et particulièrement touchée de l'honneur que tu me fais en acceptant de faire partie de mon jury. C'est toi qui m'as donné goût à la réanimation. Le patient est ta seule préoccupation. Incorruptible, tu appliques notre serment au quotidien, armé de ton savoir. Ta modestie, véritable, est un exemple. Merci infiniment, pour tout ce que tu m'apprends. J'espère de tout cœur ne jamais te décevoir.

Monsieur le Docteur Abdelaouid Nadji, ta proposition de ce sujet de thèse signifie énormément, c'est un réel honneur à mes yeux. Merci de m'avoir offert un très beau souvenir de mon internat. Merci de m'avoir laissé essayer, et encadrée même à distance.

Abdel, j'admire et essaierai toujours d'appliquer cette qualité sincère, et intacte en toi qu'est le souci constant du collectif. D'emblée, tu nous transmets les outils indispensables à l'approche de ta spécialité, soucieux de faire rayonner qualité et discipline dans sa pratique, pour le bien des patients. Patiemment, tu valorises les atouts de chacun, conseilles, accompagnes, puis aides à sortir de sa zone de confort pour progresser. Lorsque des qualités individuelles se révèlent, tu ouvres les portes de ton équipe, proposant un enrichissement et un épanouissement toujours mutuels, garants d'harmonie. S'appliquer comme tu le fais à entretenir et protéger cet équilibre, en restant attentif, à l'écoute et disponible doit te demander beaucoup de temps, et d'expérience. Ainsi soudée et motivée, ta formation donne le meilleur d'elle-même.

Finalement, si la réa NTC n'existait pas, la France aurait déjà sa troisième étoile.

Aux Vatron

Maman. Merci, pour tout ce que tu as fait, et fais encore. Ton amour de toujours me construit tous les jours, ta force et ta ténacité m'impressionnent, ta sagesse me guide et m'apaise. Je t'aime de tout mon cœur ma petite Mamounette et serai toujours ton bébé puce.

Julie, ma petite sœur. Je suis très très fière de toi. Tu as souvent été une grande sœur. Crois en toi comme tu l'as fait pour moi. Merci de ton aide, ton écoute. Continue de sonner la soupe Lafayette, je t'aime fort

Mamie, merci pour tout l'amour que tu m'as donné. Je te promets de toujours essayer d'être à la hauteur des tes valeurs. Tu m'as toujours accompagnée. Tu me manques terriblement Mamie, je pense tous les jours à toi. Sans travailler chez toi, je n'y serai jamais arrivé.

Marraine. Si mamie m'appelle souvent Evelyne, c'est à chaque fois pour mon plus grand bonheur. Je si suis heureuse et fière d'avoir de toi. Tu es pleine de tendresse et d'écoute, merci ma Marraine. **Jean-Jacques** merci pour tes conseils, dédramatisation, humour et gibiers. Tu es un modèle de père de famille.

Anne-Laure et Camille, mes cousines grandes sœurs. J'ai hâte de compléter nos souvenirs d'enfance et adolescence avec ceux des étapes à venir. Vous êtes des piliers pour moi. Merci Anne-Laure pour nos échanges, de m'avoir éclairé. Tu seras une maman si formidable. Merci Camille pour tes rires, nos paillettes, ton énergie. Tu vois tout du bon côté et relativises, tu es toujours là pour les autres. Top Girls, ne tardons pas à partir en tournée après nos formalités d'adultes, le feu de notre public brûle d'impatience.

Antoine et Olivier mes cousins frères. Votre aptitude record à supporter nos pouletteries est mérite d'être saluée. Elle est sûrement due à la sérénité, et la sensibilité qui sont présentes à leur manière chez chacun de vous. Merci Antoine pour tes conseils au début de mes études, et avec Aude de m'avoir proposé d'être la Marraine de votre fille. Merci Oliv pour nos escapades Martiniquaises, grimper la Pelée à tes cotés finira par être une ballade de santé, éternel grand gentil, nous avons de la chance de t'avoir.

Alix, ma petite filleule. J'ai hâte de partager des moments de Marraine avec toi, et ferai tout pour être la hauteur de la confiance que tes parents m'ont accordée, en m'inspirant de ta grand-mère.

Merci à tous pour votre patience et votre tolérance durant ces 12 dernières années. En choisissant médecine je n'en mesurais pas les sacrifices de temps. Car je ne me ferai jamais à nos moments loupés. Votre soutien sans faille m'a permis de me lancer, puis d'avancer, même dans les moments de doute car grâce à vous, l'échec n'est pas effrayant. Je sais que vous êtes là, d'où je viens, et où je vais. Vous êtes ma force, et mon phare.

(Olivier je t'ai entendu dire à On).

Aux Vatron de cœur, notre bonheur et avenir. Aude, Florian, Nicolas et Aleks, merci pour ces moments passés ensemble. Merci de l'amour que vos portez à votre moitié. Notre famille s'enrichit depuis que vous êtes parmi nous. Et commence à s'agrandir...

Madame Sassou toujours présente jusqu'aux heures tardives des révisions quand la maison dort profondément.

Natacha et Sophie 20 ans que nos destins sont scellés, nos âmes ne font qu'une. Vous me connaissez mieux que moi. Découvrir, se lancer, oser, faillir, tomber, s'épauler, se relever en partageant tout nous construit. Grandir ensemble, c'est l'éclate. Vous êtes trop balèzes.

Aux Strasbourgeois Matthieu, le plus Montréalais des Schilikois. La distance n'aura rien changé. Tu me manques Baboubabou .

Emma la plus intrépides des Morena, à nos fous rire, premières fois, bigophone à rallonge, paquet d'omo de chips, LV2 espagnol pour toujours, merci d'être toujours là. Je vous souhaite plein de belles choses avec Philou.

Nounou des bises vers la Suède, merci pour ces souvenirs aux Arcs, Part time lover Djohn Davitt.

Mamel merci pour ces rigolades, ces supers moments avec toute l'équipe à Wishes dont nous gardons tous un super souvenir. Je te souhaite tout le bonheur avec Jyce et Théo. A Elo, Yasaman, Lucile F. *Merci Débo* pour notre Terminale géniale, les heures à papoter avec Lucile en cours, Lloret, Barcelone, shooters caramel Ciara à l'Era et j'en passe. Ta sincérité dans les bons comme les mauvais moments fais de toi quelqu'un d'authentique. Merci à vous d'être là depuis le collège et lycée, c'est une chance de vous avoir.

A Terminator ma robocopine, soleil perçant à Horizon Le samedi matin de P1 était enjoué, grâce à toi. Et je suis heureuse que ça continu à chaque fois que je te vois. On peut toujours te parler à cœur ouvert, de tout. Discuter avec toi est enrichissant. Julie notre italienne à bord de sa Fiat Panda RBS à fond.

A Clémence, la rencontre des bancs de la fac. Des TP d'anat à Hanoi, tu nous as attendu au Living, pour notre plus grand bonheur. Tu es ma compère d'externat, de groupe de TD, et de confessions. Cléclé tu vas tellement être une super gynéco...toutes mes félicitations. Mais n'oublie pas le vrai projet : ouvrir une parapharmacie.

Régis, merci, de tout mon cœur, pour nos 7 années. Tente de conquérir ce monde Minus (grâce à la force de tes jambes en mannala). *Ce que l'on désire ardemment, constamment, on l'obtient toujours ; impossible n'est pas...toi.*

Marie-Pierre, Pascal, Thib et Thomas Behr. Merci de m'avoir si gentiment accueillie dans votre famille. J'ai aussi grandi parmi vous. Merci pour ces souvenirs de moments chaleureux, ces rires, petits gâteaux, le plus beau liner de Wickerschwih, qui veut épouser mon fils, les chtis, secret story, LPDLA.

A « Strasbourg mon amour », ta cathédrale, les manalas, les bords de l'Ill, les flams, le café des anges, les bibelskäse, les VRAIES pistes cyclables, la PMG, la Sala, notre lycée Saint Etienne, le Fat (black pussycat pour les anciens), la petite France, les mauricettes, le RCS, les bradeles, ton christkindelmärik, et la mémoire du 11.12.2018.

Aux rencontres Dijonnaises : *Caro*, ma Bestah, merci. Pour nos fous rires, nos partages, nos soirées, ton écoute et soutien infaillibles, ton aide, nos goûters, nos thés, tes eaux détox, nos commandes Melle Bio, nous coups de téléphone. Tu es mon soleil dans le brouillard Dijonnais depuis le début. Je t'aime tant que tu m'as fait manger un légume vert. Ces 5ans ne sont qu'un début. Passer cette étape à tes côtés était une évidence. Une pensée pour le réseau que nous avons dû saturer ces derniers mois. Merci à toi *Coach* d'être là pour elle et d'avoir plongé pour moi ;) Tu es un roc. Merci pour nos we Strasbourgeois, Jurassiens et tous les moments avec vous. Finit les hivers Dijonnais, je vous souhaite de superbes aventures.

Marine, aucun stage ensemble mais que de galops ! Merci pour ton accueil à Dijon dès notre arrivée, pour nos randos équestres, nos discussions sincères et partages. Je te souhaite du fond du cœur de superbes aventures, hâte de te retrouver pour que tu me racontes tout !

Les Canards quelle joie de vous connaître ! Camille je suis très très heureuse de t'avoir retrouvée, grâce à notre Marseillais préféré. Ta bonne humeur et ton rire sont un vrai plaisir ! Hâte de tout donner lors de notre prochain séjour au Cloub, maintenant que nous sommes sélectionnées dans le groupe secret 5+ (contrairement à nos guidos du dimanche). Concernant le pancréatum divisatum, je cherche encore. *Loïc*, merci de tout cœur pour ton soutien en réa poly, et après qui m'a beaucoup touché. Merci beaucoup pour tes conseils avisés. Tu es un exemple de travail, et de droiture, où tu donnes sans compter. Amis avant d'être collègues, je garde en mémoire Céline, K Maro, les soirées pré cours de DES et les autres, les plans lons le saunier, les repas chez vous, vos visites en Alsace, où je suis sûre que tu te plairais super bien ;) Prochain mercato Stras et Payet ?

Mon ptit Gillou, tes Zépol Karé sont le contour de ton très grand cœur. On s'y appuie souvent. Protecteur avec les tiens, tout peut t'être confié, tu ne condamnes jamais. Amateur du décollage à sa juste valeur, ce séjour Martiniquais était juste le premier ;) Hâte de remettre ça avec Nadjla et ses Gaous que j'embrasse fort.

Yannou un énorme merci pour ton aide durant l'internat dès la mat/HE, ta remotivation pour ne pas lâcher. Merci pour tous ces rires, soirées, et sorties des galères traversées.

Bettina, si enjouée, il me tarde de te revoir, merci pour ton accueil à Dijon, ton écoute.

Quentin dit DG, merci pour ces souvenirs à la mat/HE de notre trio avec Gillou, les soirées Dijonnaises, les footings à la colombière, votre visite en Alsace, ta bonne humeur.

Guillaume, impossible de ne pas s'apaiser même quand ça va mal grâce à tes paroles réconfortantes. Merci pour la neurochir neuroradio ortho, un début suivi de super stages à tes côtés ! Co interne fiable et équitable, tu es surtout un ami à l'écoute. Merci pour votre venue en Alsace. Hâte de vous revoir avec Soso, profitez bien.

Bastien, les heures à papoter au 3^{ème} étage ou relai H de la mat, je suis vraiment contente d'avoir fait ta connaissance ! A toi et notre 3^{ème} mousquetaire *Guillaume*, merci de comprendre la passion des couleurs du planning. Surtout, ce travail a pu se faire grâce à votre soutien, et à l'énergie que vous m'avez refilée ;) Merci beaucoup.

A la team du « seul et véritable organe ». Bim bam boum. (Tenter de) faire du Hearth cet été, c'était génial.

Anne, mais du coup toi, tu lis les antibiogrammes genre ? De #exrelou en passant par Yzma (le protocole, c'est moi. Naaaaaan Tiberiuuuu) et sexyM, nos abdos sont en béton à force de fous rires. Au bout de 6 mois la beauté bio n'avait plus aucun secret pour nous. Pense à acheter des hauts avec assez de tissu. Au fond, je sais que tu aimes la meilleure musique du monde, le reggeaton. Tu es un exemple de Maman dynamique et rayonnante. Et encore, je pèse mes mots

Merci *Justine* notre princesse du Koweït d'avoir maintenu et confirmé ton choix même quand nous n'étions que deux. Tu es appliquée, empathique, rigoureuse et persévérante. Ton arme secrète est sûrement ton café/IPP que tu nous préparais le matin avant de faire consciencieusement tes CCAM.

Pierre-Alain tu transmets tes connaissances sans prétention, avec clarté, et une envie sincère de donner des outils à tes collègues. On peut te poser toutes les questions sans crainte d'être moqué. Grâce à toi (et ta patience) la flemme de brancher l'échographe s'envole laissant voir ce que c'est qu'un VD qui se donne grave. Je n'oublierai plus qu'un commensal saprophyte du tube digestif ne se traite pas avec du Claforan C2G. Plein de love à toi et Nono.

Yoann notre team leader. Toujours plein d'entrain, fiable et efficace, chaleureux et enjoué, le sourire, bon son dans le bureau, ta petite ratatouille pour le summer body. Yvan le taliban, tu es avant tout un grand gentil, aux vraies valeurs.

Clémence merci pour notre première pyjama party, et nos jolies discussions, merci *Édouard* pour la caution et ta bonne humeur ! Avec *Florian*, *Pauline*, *Mylène* (merci pour nos échanges et ton soutien, tu es super Mymy), *Mathieu*, et *Maxime F*, vous avez contribué à ce travail, sans vous je n'aurais pas pu inclure. *Anouck (tatie d'Auxerre de Mushi)* et *Marie B*, Yconnaises dans l'âme. *Thomas R*, Chalonnais jusqu'au bout. Merci à vous tous.

Bernard, *Françoise*, *Emile* et *Zoé*, un énorme merci pour votre accueil si chaleureux. Nous gardons de supers souvenirs grâce à vous 4. Merci *Bernard* de m'avoir autonomisée et enseigné ce qu'on ne lit pas. J'en profite à chaque anesthésie...et dans la vie ;) *Merci Danièle*, pour ces beaux souvenirs, « ses petits internes » n'oublie pas *Didier*.

Aux Auxerrois du début... : *Adrien*, *Fabulous Fab*, *Greg*, je suis émue et fière de vous avoir transmis des bases solides de wake. Nous retiendrons les tentatives de 180° de *Greg*, vaines contrairement à la légende qu'il entretient. *Sylvain* (mention spéciale pour ta force mentale tous au long de ton internat) et *Lionel*, un bonheur. Votre couple est inspirant (et pas que sur le style vestimentaire). Et bien sûr, merci aux meilleures Cagoles : *Hélène*, *Justine*, *Marie*, et *Marion*. Merci les filles d'être toujours enjouées, motivées, organisées, débordantes de bonheur humeur et d'énergie. Merci les Anges pour ces we et vacances. Rendez-vous cet été sur W9 pour de nouvelles aventures. *Éléonore*, *Florian* et *Choco Brahim*. Merci pour ce semestre d'été en réa Auxerre. Bosser avec vous était un vrai plaisir, progresser dans une super ambiance n'a pas de prix. *Delphine* boule d'énergie inépuisable, source de rire intarissable. Continu de croquer la vie comme tu le fais, fidèle à tes principes comme tu l'es. Merci de nous avoir aidé. *Black C*, des bitcoins à *Dr Maher Yatim*, nous avons résolu des mystères. Je te souhaite plein de love love avec notre Boudi !

...et de la fin : *Claire* et tes relèves *Desigual*, *Héloïse* qui ne prévient pas notre carte des sorties, *Ka-dia-tou* qui ne croit que moyen à l'encéphalopathie urémique, *Tiphaine* vivant dans les SIMS, et notre *Florian* chef des nurses et sécréteuses nourrit au BK. Merci à vous 5, sans qui ce manuscrit n'aurait pas eu le temps d'être écrit. Vous m'avez bichonnée.

A la famille Morawski. *Marianne*, *Jean-François*, *Valérianne*, *Alex*, *Olga*, *Wanda* et *Casimir* merci de m'accueillir et de la jolie place que vous me faites.

Aux séniors du pôle MAT/HE où j'ai fait mes premiers pas. Merci pour votre patience, et de m'avoir transmis les règles et reflexes exigés pour l'anesthésie obstétricale en sécurité. Merci Julie d'avoir pris soin de moi.

Isabelle tu es un rayon de soleil. Merci de m'avoir gentiment appris les bases, la physiologie et la rigueur de l'anesthésie pédiatrique. Merci d'avoir toujours répondu patiemment à mes questions. J'aurai aimé apprendre plus longtemps à tes côtés.

Merci à l'équipe des réanimateurs NTC. Claire-Marie la douceur et vraie conscience écolo, Manue calme et soucieuse du détail, Sandrine notre maman chaleureuse ; t'entendre rire... nous emporte toujours avec toi, Nadine, Abdel je me souviendrai de nos 4heures de techniquage de l'angoisse, tes rires à mes prescriptions d'euphytose et présentation en staff d'un patient « émotionnellement orienté » ; Aurélien (promis je ne mets plus les seringues dans mes poches) et Pierre compères de ponctualité au déjeuner, Jean-Christophe (pour être écouté j'ai compris que le secret est de chuchoter les dé choc n'ont jamais été aussi calmes), Thomas B (des gardes sport dès la poly), Romain toujours super motivé. Apprendre à vos côtés est indispensable quoiqu'on fasse après. Vos pratiques complémentaires sont une chance et un plaisir à observer. Grâce à vos efforts, diagnostiquer, ne pas aggraver, déléguer, stabiliser et orienter s'apprivoise au cours du stage. Calme, rigueur, précision, efficacité, concertation et surtout empathie guident vos décisions éclairées, et humaines. Merci de vous être impliqués, et d'avoir pris le temps de me mettre en alerte pendant ces 6 mois. **A l'équipe paramédicale de réa NTC.** Laurence, Floriane, J-Lo, Céline, Nathalie, Alice, Maria, Cécile, Sylvie, Héliette, Élixa, Elisabeth, Marion, Céline, Cécile, Estelle, Morgane, Lisa, Christelle, Stéphanie, Charlotte, Marion, Karen, Francis, Goeffrey, Benjamin, Benoît, Thomas, Raph, Ingmar, Vincent... vos sourires, votre aide et accueil à toute heure de jour et nuit, vos encouragements, blagues et appels ont été indispensables pour ce travail.

A l'équipe de coordination. Anne Sophie, Ingmar, Sophie M, Raph, Virginie, Sophie C. Merci de m'avoir appelée. La jolie surprise de ces 6 mois d'inclusion était de passer de temps à vos côtés pour parler de votre métier. Merci pour vos explications, d'avoir partagé vos connaissances. J'en suis reconnaissante.

A l'équipe de réa Poly. Elodie dévouée et toujours accessible, Ophélie merci pour ta disponibilité lors des appels/conseils (c'est spécial ça, cette antibiothérapie c'est les recos dans l'Yonne ?) et ta bonne humeur. Charlotte pas le temps de tergiverser, on se bouge efficacement. Florence, merci pour ton empathie, ton partage d'expérience et ton soutien pendant cette triste garde. Merci Christophe pour cette patience, ta diplomatie et tes connaissances qui forcent le respect de tous. Pr Nono, tu sais ma reconnaissance, sincère. Tes internes et externes ont beaucoup de chance de t'avoir comme chef. Tes visites en réa Auxerre sont toujours top ! Merci Maxime. Anaïs, Gé, Karine, Camille, Hélène, Elodie John, Simon et toute l'équipe paramédicale, merci de m'avoir accordé votre confiance.

A l'équipe de réa CCV. Un énorme merci à tous pour ce dernier stage d'été. Sandrine, merci pour vos lignes de conduites, toujours claires. La réanimation prend son sens en discutant avec vous. Vous observer m'a également rappelé que la clinique reste au cœur de tout, je ne l'oublierai plus. Chef merci pour vos Jeudi couscous, Anis va y avoir de l'action, même d'Auxerre on t'en trouve ;) JB l'efficacité incarnée. Tu m'as appris à toujours avoir un plan B, et C, puis se lancer. Mohamed « mais t'as plus de fesse Mr M », jamais couché en garde, toujours très humain. Omar merci beaucoup pour ta patience lors de mes premières gardes (et les autres), tes explications, et ton calme même pour les appels réassurance. J'espère monter la Pelée tous ensemble un jour ! Tiberiù la vitamine C n'a plus de secret, ton esprit d'équipe et calme à toute épreuve sont un exemple. Vivien j'ai n'ai toujours pas trouvé le nœud sinusal. Merci pour ces délicieux repas, votre accueil dans votre si jolie maison, nous gardons de bon souvenirs grâce à ces moments. Emeline, Alicia, Elodie, Cindy, Ibtissame, Virginie, Alizée, Charlotte, Anne Laure, Sophie, Mélodie, Myriam, Anne So, Arnaud, Aurélie, Aymeric, Bruno, Charly Emeline, Guillaume Camille Pauline Nicolas Bruno Romain Vincent

Encore un fois **Isabelle et Vivien** merci, du fond du cœur, pour Mirabelle. Cela représente beaucoup pour moi Je n'oublierai pas votre geste.

Aux kinés. Anne, Julie, Mag, Lucie, Siam, Juan.

Aux IADES qui nous forment, nous font une vraie place, nous consolent. Faouzia, Marie-Pierre, Anne-Marie, Fabienne, Jocelyne, Severine, Noémie, Claire, Béné, Laurence, Odile, Sylvaine, Sandrine, Odile, Loïc, Raph, Philippe, Pierre, Benjamin

Adrien Acquier, merci pour ton aide au DENO, scanner cérébral et dissection carotidienne. Le réanimateur qui sommeille en toi peut encore se révéler. Toujours prêt à donner un coup de main. Good mood sur les trajets Auxerre Dijon en train de papoter. D'Auxerre aux Anges en passant par votre mariage, merci pour tous ces souvenirs. Je vous souhaite tant de bonheur avec Justine.

Au Docteur Michael Mervant, source intarissable de connaissance. Modeste et disponible. Tu ressembles beaucoup à René. Merci pour tes coups de pouce et conseils. Tu fais les bons choix. Plein de bonheur avec Sarah, hâte de rencontrer ton petit Raphael.

Au Docteur Samy Tedjini le vénère tendre (Alicia et Tina les privilégiées). Un jour tu finiras par ouvrir un refuge ;) Merci de tes récents conseils. A tes éclats de rire communicatifs dont on connaît tous le son. Le mystère est complet quant à l'utilité de tes lunettes au-dessus desquelles tu nous regardes tout le temps en nous poussant le bras « nan mais attends c'est pas a-bu-sééé ça ??? »

Aux MAR de la PVS. Christian, David, Florian, Hamid Olivier, Philippe, Simon, merci de votre accueil et de m'avoir permis de remplacer dans de si bonnes conditions. Votre qualité et ambiance de travail sont géniales.

A notre équipe de réanimation d'Auxerre. Coup de cœur tel qu'il temporisait le retour en Alsace. Je garde de superbes souvenirs. *Cyrille*, merci pour ta franchise, tes enseignements, ton cadre de dignité du patient. Grâce à toi l'acharnement ne se franchit pas. *Merci au Chef des chefs de tous les Chefs, Daniel.* Votre porte est toujours ouverte, vous avez à cœur de défendre les intérêts de votre service. Parfois incompris, souvent sollicité, toujours respecté. Merci Julie, Audrey, Marion, Aoucha, Isabelle, Elodie, Anaïs, Sonia, Hafida, Oriane, Laurie, Béatrice, Céline, Patricia, Emeline, Mélanie, Justine, Francisca, Isabelle Karine, Emilie, Carole, Éléonore, Marion, Pascale, Jessica, Agathe, Sophie, Mag, Vanessa, Soline, Alison, Dylan, Yoann, Denis, Sousou, Polo, Fabrice-Patrice, Théo.

Et bien sûr, à nos moitiés, chirurgiens : Julie Sellier, Baptiste Borraccino, Maxime Lleu l'envie de construire à vos côtes est toujours là et forte.

A mon Papi Sylvain Gustave Robert Vatron.

A Maxime et Didier.

Aux oubliés sur le papier, mais pas dans mon cœur.

A notre mini Mushi adorée

C'est naturellement à toi Minouch que je dédie ce travail. Les WE à attendre, la fatigue, les réveils nocturnes, les absences, le stress de la fin, tu as tout enduré sans jamais rien reprocher, continuant de m'encourager. Tu m'as choyée et préservée. Les obstacles seront sautés en rebondissant sur notre complicité. Plus que jamais j'enfilerai mes Knee Socks et « j'irai où tu iras », le cœur gonflé de fierté et savourant de la chance d'être à tes côtés. Tu me rends heureuse, tous les jours.

« Et tu sais Nouch, je t'aime même plus encore que les profiteroles ET la glace menthe chocolat ».

TABLE DES MATIERES

I.	INTRODUCTION	18
II.	MATERIELS ET METHODES	21
1.	<i>Critères d'inclusion, d'exclusion, et calcul du nombre de patients :</i>	21
2.	<i>Protocole :</i>	21
3.	<i>Échographies :</i>	22
4.	<i>Critère de jugement principal :</i>	26
5.	<i>Critère de jugement secondaire :</i>	26
6.	<i>Analyse Statistique</i>	26
III.	RESULTATS	27
1.	<i>DENO à l'inclusion et lors du diagnostic de mort encéphalique :</i>	29
2.	<i>DENO aux grades d'EDTC</i>	30
IV.	Discussion	31
1.	<i>Limites de l'étude</i>	31
2.	<i>A propos des résultats.</i>	31
3.	<i>DENO et mort encéphalique dans la littérature.</i>	32
4.	<i>Il semble exister une capacité d'élastance et compliance limitée du DENO, propre à chacun.</i>	33
5.	<i>Perspectives</i>	33
V.	Conclusion	34
VI.	Bibliographie	36

Abréviations utilisées :

AVC :	Accident vasculaire cérébral
DENO :	Diamètre de l'enveloppe du nerf optique
DVE :	Dérivation ventriculaire externe
DSC :	Débit sanguin cérébral
EDTC :	Echo doppler trans crânien
EtCO ₂ :	Fraction expirée CO ₂
HSA :	Hémorragie sous arachnoïdienne
HTIC :	Hypertension intra crânienne
LCR :	Liquide céphalo rachidien
IMC :	Indice de masse corporelle
IP :	Indice de pulsatilité
ME :	Mort encéphalique
NO :	Nerf optique
PAM :	Pression artérielle moyenne
PIC :	Pression intra crânienne
Réanimation TNC :	Réanimation traumatologique et neurochirurgicale
RF :	Reverse flow
ROC :	Réflexe oculo cardiaque
Vd :	Vitesse diastolique
VS :	Ventilation spontanée

I. INTRODUCTION

Lors d'une agression cérébrale aiguë, le processus expansif impliqué (hémorragique, œdémateux...) dans un compartiment clos inextensible provoque l'augmentation de la pression intracrânienne (PIC) ; l'hypertension intracrânienne (HTIC) étant définie par une PIC égale ou supérieure à 20mmHg¹. Les résistances vasculaires cérébrales distales augmentent, s'opposant au flux sanguin. Quand la PIC ne peut plus être contrôlée, le débit sanguin cérébral (DSC) diminue inévitablement, jusqu'à s'interrompre définitivement. L'arrêt irréversible des fonctions cérébrales qui en découle, chez un patient qui conserve une activité cardiaque, définit l'état de mort encéphalique (ME)^{2,3}.

L'écho Doppler transcrânien (ETDC), en mesurant les vitesses sanguines dans les gros vaisseaux cérébraux, permet d'estimer les variations du DSC. Celles-ci suivent un profil caractéristique et connu lors du passage vers la mort encéphalique (Figure 1), et leur suivi à l'ETDC permet de détecter l'arrêt circulatoire cérébral avec une spécificité de 99% et une sensibilité de 89%⁴. En France, son diagnostic impose un examen paraclinique, dont le moment de la réalisation est souvent guidé par le suivi du spectre de l'ETDC, chez les patients qui possèdent une fenêtre osseuse perméable^{5,4,6}. Ainsi, les vitesses diastoliques (Vd) baissent, se négativent (aspect de flux oscillant ou reverse flow), puis disparaissent. Il ne persiste plus que de brefs pointes ou pics protosystoliques, avant l'arrêt du flux artériel.

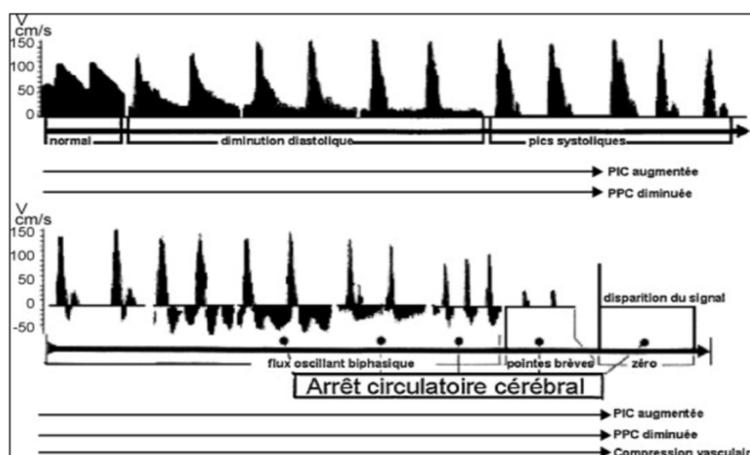


Figure 1 : Exemple de l'évolution du profil du signal de l'ETDC (artère cérébrale moyenne) de la normalité jusqu'à la disparation du flux sanguin lors de l'augmentation de la PIC⁵.

Le diamètre de l'enveloppe du nerf optique (DENO) est également un élément qui reflète la présence d'une HTIC¹, mais son évolution lors du passage vers la mort encéphalique est moins décrite.

La figure 2 représente le nerf optique (NO) dans sa portion intra orbitaire, entouré de son enveloppe. Elle se compose de l'extension des méninges intracrâniennes et du liquide céphalo rachidien (LCR) y circulant. La dure mère constitue ainsi la gaine la plus externe de l'enveloppe⁷.

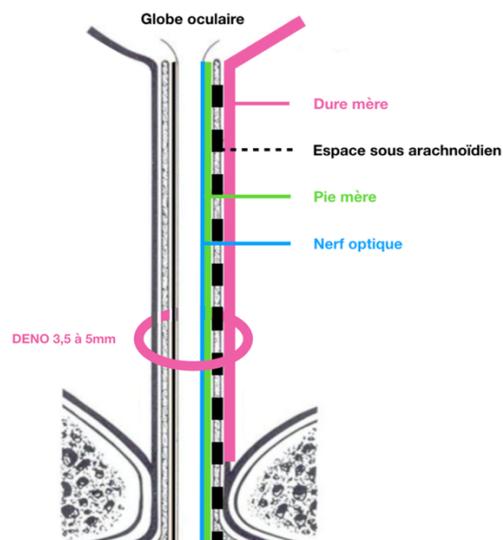


Figure 2 : schéma de la portion intra orbitaire du nerf optique (diamètre chez un adulte sain 3mm) et de son enveloppe (DENO chez un adulte sain 3,5 à 5mm)⁷.

L'augmentation de la PIC, transmise à l'espace sous arachnoïdien, entraîne sa distension; et donc l'augmentation du DENO, notamment dans sa portion rétrobulbaire⁸ (Figure 3).

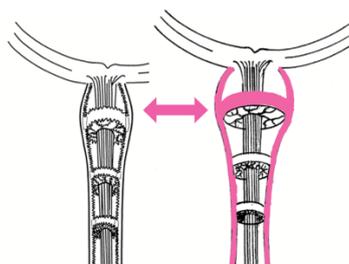


Figure 3 : schématisation de la distension de l'enveloppe du NO entraînant l'augmentation du DENO rétrobulbaire⁹

L'échographie transorbitaire permet de mesurer ce DENO dans les plans axial et transversal ⁸ (Figure 4). C'est un examen simple, rapidement réalisable au lit du patient et reproductible ¹.

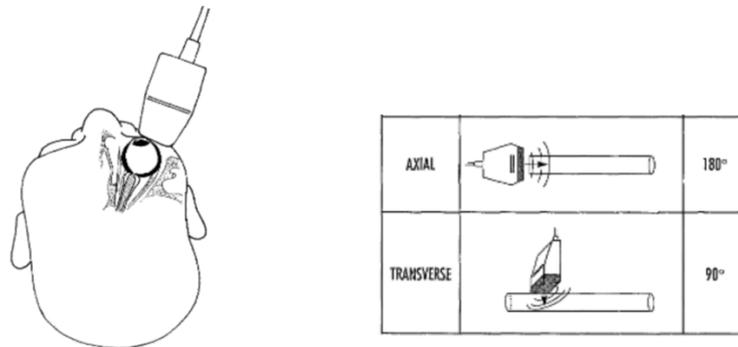


Figure 4 :représentation de l'échographie transorbitaire et de l'orientation de la sonde pour une coupe axiale et transversale ⁸.

En pratique clinique, la valeur du DENO d'un patient est la moyenne des 4 mesures de ses DENO (2 plans pour chaque œil). Dans la littérature, un DENO supérieur à 5,86mm est associé à une PIC supérieure à 20mmHg. Chez les patients cérébrolésés avec un score de Glasgow supérieur à 8, sa mesure est validée dans la détection de l'HTIC (sensibilité 90% et spécificité 85%), et l'aide à la décision de son monitoring continu par un capteur invasif (intra parenchymateux ou intra ventriculaire, qui reste le gold standard) ^{1,10,11,12}.

Notre travail a pour objectif d'observer le DENO des patients lors de la confirmation du diagnostic de mort encéphalique à l'angioscanner, après avoir suivi son évolution comparativement à celle de l'ETDC.

II. MATERIELS ET METHODES

Il s'agit d'une étude observationnelle, ouverte, prospective, et monocentrique, réalisée dans le service de réanimation traumatologique et neurochirurgicale au CHU de Dijon, de novembre 2018 à avril 2019.

1. Critères d'inclusion, d'exclusion, et calcul du nombre de patients :

Nous avons inclus les patients évoluant vers la mort encéphalique (confirmée par angioscanner cérébral) ¹³ dans le service durant cette période. Les mineurs, les femmes enceintes, et les patients sous assistance circulatoire étaient exclus.

Devant le caractère exploratoire de l'étude, nous avons opté pour un choix raisonné de participants, en incluant de manière consécutive le plus grand nombre de malades, afin que la population incluse représente au mieux la population générale.

2. Protocole :

Devant l'absence de « facteurs de risques » consensuels, l'opérateur était prévenu par l'équipe de réanimation lorsqu'un patient cérébrolésé grave présentait une HTIC réfractaire à l'ensemble des thérapeutiques engagées, et/ou par l'équipe de coordination hospitalière de prélèvements lors de sa mise en alerte. Une série de mesures ophtalmiques était associée à chaque EDTC réalisé habituellement selon le protocole du service, soit :

- à l'arrivée (ou à l'inclusion)
- toutes les 4 heures systématiquement
- toutes les 2 heures dès l'apparition d'un reverse flow
- lors d'une modification clinique neurologique (poussée de PIC, anisocorie, polyurie, crise neurovégétative, réalisation d'une osmothérapie...).

La dernière série de mesures était réalisée lors de l'angioscanner de diagnostic de mort encéphalique (au lit du patient juste avant le départ, ou sur la table de scanner selon les possibilités), dont le moment était décidé par le médecin responsable du patient, qui n'avait pas connaissance des résultats des mesures du DENO.

3. Échographies :

Les échographies et les mesures étaient réalisées avec le même échographe (*Philips systemes CX50®*) et par le même opérateur, qui ne modifiait pas la position (proclive ou décubitus dorsal) du patient.

Échographie du DENO :

Elle s'effectuait avec une sonde linéaire, en fenêtré transorbitaire, posée sur la paupière fermée, sans exercer de pression. Pour chaque œil, nous avons effectué une coupe transversale et une coupe axiale (Figure 5).



Figure 5 : sonde linéaire en position axiale (gauche) et transversale (droite) en fenêtré transorbitaire

Nous avons utilisé le préréglage de l'échographe en mode ophtalmique afin de visualiser le globe oculaire avec le point d'entrée de son nerf optique et ses structures l'entourant, du centre à la périphérie ^{10,14} (Figure 6) :

- le nerf optique, hypo échogène
- entouré par la pie mère, échogène
- l'espace sous arachnoïdien, anéchogène ou hypo échogène, contenant le LCR
- la dure mère hyperéchogène (gaine du nerf optique)
- puis la graisse périorbitaire.

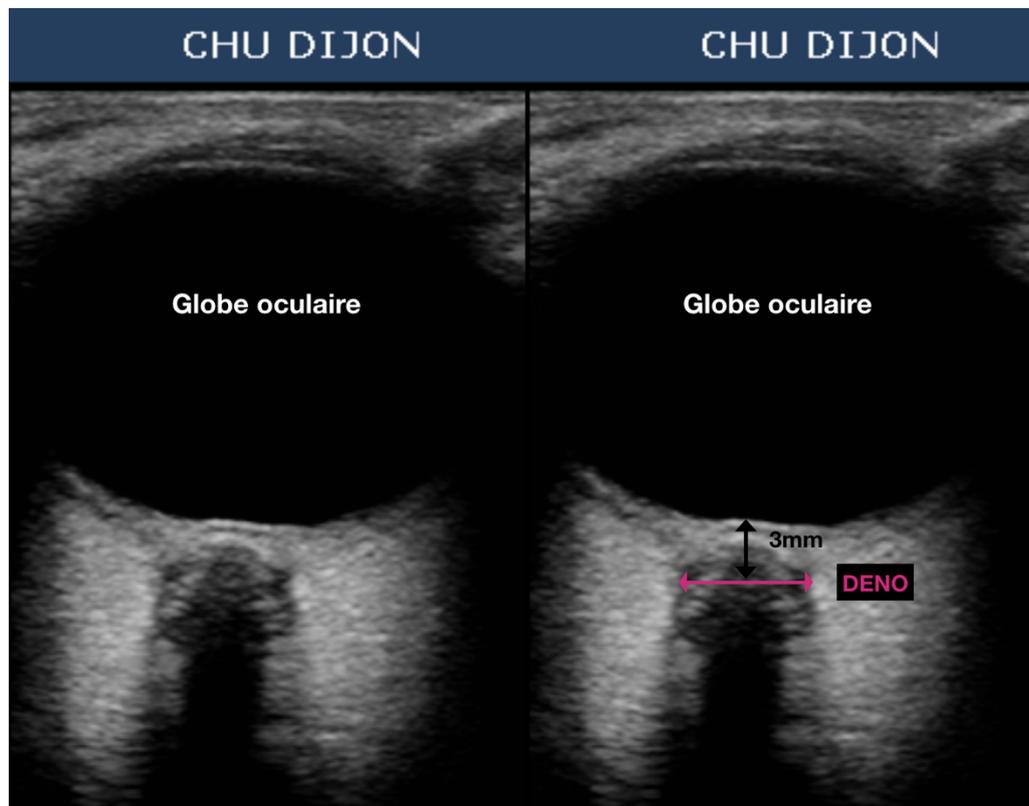


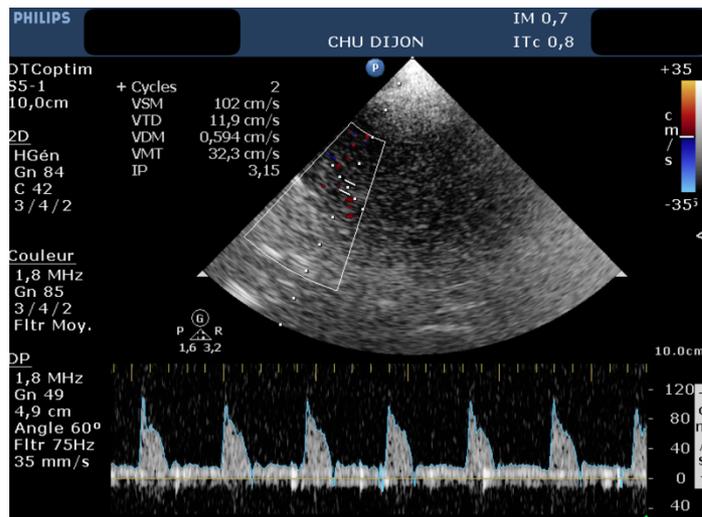
Figure 6 : échographie transorbitaire en coupe transversale.

La mesure du DENO était réalisée comme décrit dans la littérature ^{15,1,11}, à 3mm en arrière du globe oculaire et perpendiculairement à l'axe du nerf optique .

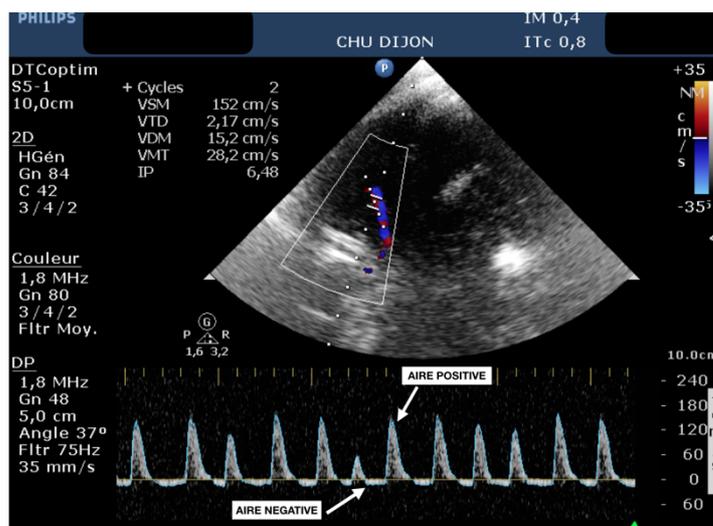
Echodoppler transcrânien :

L'EDTC était réalisé en fenêtre temporelle (artère cérébrale moyenne) avec une sonde sectorielle de basse fréquence, et les différents spectres étaient classés en « grade » :

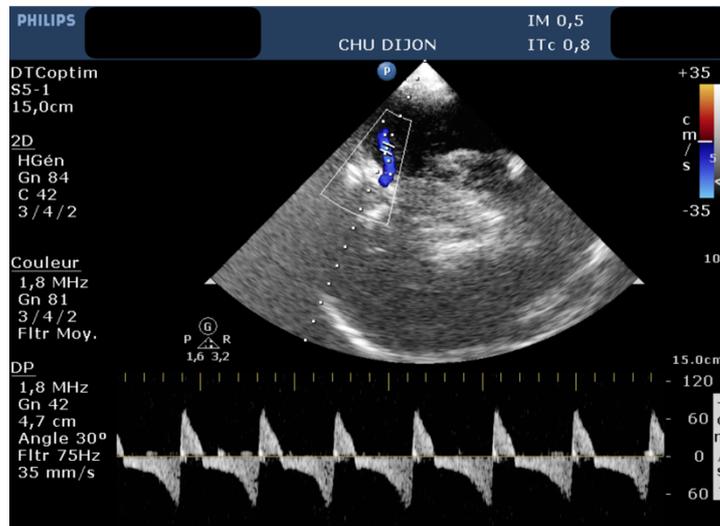
- grade 0 : en faveur d'une HTIC sévère, avec des IP > 1,4 et/ou des vitesses diastoliques < 20cm/s (exemple ci-dessous Vd=11,9cm/s et IP= 3,15).



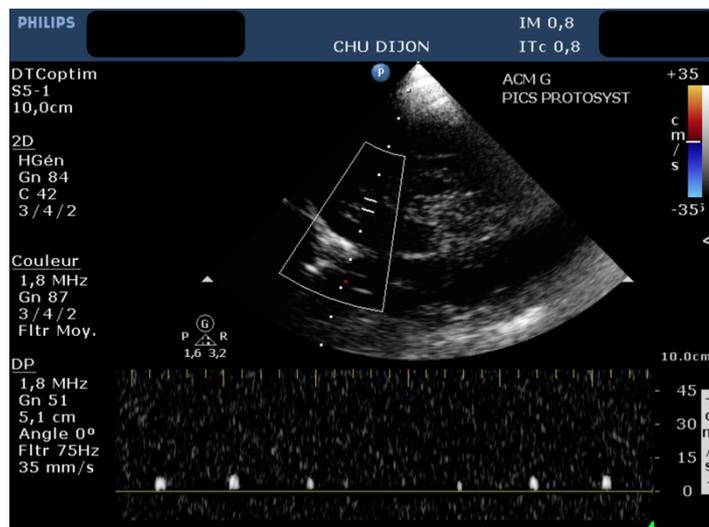
- grade 1 : reverse flow bilatéral, avec une aire sous la courbe négative inférieure à l'aire sous la courbe positive témoin de la persistance d'un retour veineux.



- grade 2 : reverse flow bilatéral, avec une aire sous la courbe négative égale ou supérieure à l'aire sous la courbe positive témoin de l'absence de retour veineux.



- grade 3 : pointes brèves protosystoliques et/ou disparition bilatérale du flux pathognomonique de l'EME.



Lors de chaque série de mesures, nous avons relevé les conditions telles que la présence d'amines, le chiffre de PIC (si elle était monitorée), la pression artérielle moyenne (PAM), l'EtCO₂, les bilans entrée/sortie, la présence d'une ventilation spontanée (VS), la présence d'un réflexe oculo-cardiaque (ROC), et le statut des pupilles.

4. Critère de jugement principal :

Notre critère de jugement principal était la taille du DENO lors du diagnostic de mort encéphalique à l'angioscanner cérébral.

5. Critère de jugement secondaire :

Notre critère de jugement secondaire était le profil d'évolution du DENO comparativement à celui de l'EDTC. Lors de la première apparition au cours du suivi EDTC d'un spectre typique 1, 2, ou 3, le DENO associé à ce moment-là était considéré comme celui associé au grade correspondant.

6. Analyse Statistique

Les analyses ont été effectuées avec le logiciel R. La normalité des distributions a été déterminée à l'aide d'un test de Shapiro-Wilk. Les variables quantitatives sont représentées en moyenne et écart type ou médiane et distance interquartile, et ont été comparées par un test de Student ou un test non paramétrique. Les variables qualitatives sont représentées par leur effectif et leur pourcentage et ont été comparées à l'aide d'un test du chi² ou un test exact de Fisher. Les données appariées ont été comparées avec un test de Student apparié ou un test des rangs signés de Wilcoxon. Le risque de première espèce alpha était fixé à 5%, une différence était considérée comme significative pour une valeur de $p < 0,05$.

III. RESULTATS

Durant la période de l'étude, 326 patients ont été admis en réanimation TNC. 39 patients étaient suspects de passage en mort encéphalique, pour lesquels l'opérateur a été mis en alerte. 27 patients s'étant dépassés ont pu être inclus et analysés. Parmi ces 27 patients en ME inclus, 4 l'ont été au moment de l'angiographe cérébral et n'ont donc qu'une mesure ETDC et DENO (Figure. 8).

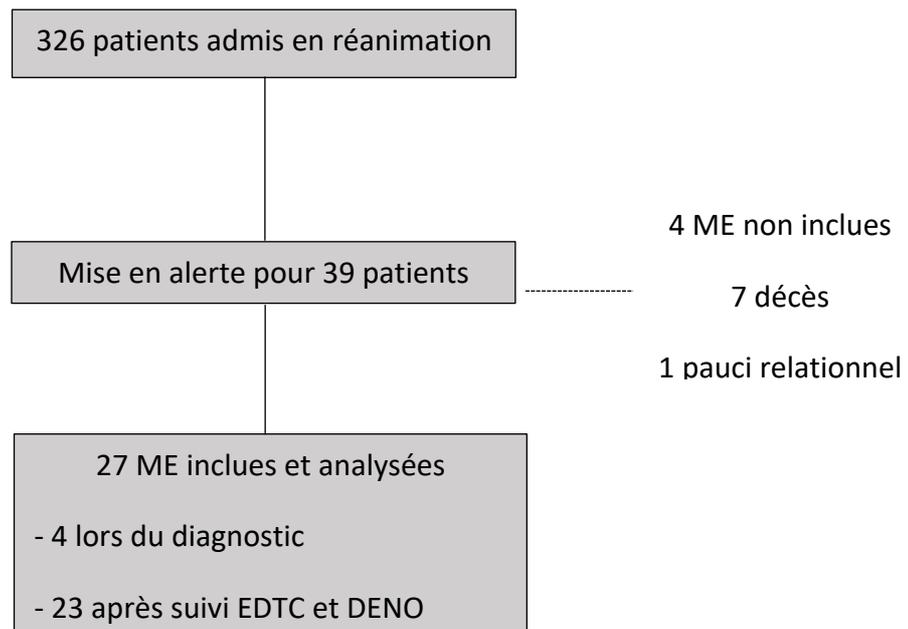


Figure 8. Flow chart.

Leurs caractéristiques lors du diagnostic de ME sont résumées dans les tableaux 1. Les lésions neurologiques étaient principalement dues à un traumatisme crânien ou un AVC. 85,1% des patients inclus possédaient une fenêtrage EDTC bilatérale perméable (un patient n'en n'avait aucune). Deux patients ont été craniectomisés, dont un sans remise en place du volet. Les autres interventions étaient la pose d'une dérivation ventriculaire externe. Deux patients avaient un traumatisme de l'orbite (aucun traumatisme du globe oculaire n'était décrit) : nous avons mesuré leur DENO comme chez les autres patients.

Tableau 1. Caractéristiques démographiques des patients (N=27)

Age, ans	55,1 ± 20,5
Sexe	
Femmes, n (%)	15 (55,6)
Hommes, n (%)	12 (44,4)
Poids, kg	78 ± 18,4
Taille, m	1,72 ± 0,09
IMC, kg/m²	26,5 ± 5,84
Pathologie oculaire connue	0
Exophtalmie, n (%)	4 (14,8)
Nerf optique tortueux, n (%)	6 (22,2)
Atteinte neurologique	
traumatisme crânien grave, n (%)	11 (40,7)
accident vasculaire cérébral, n (%)	11 (40,7)
autre, n (%)	5 (18,6)
Lésion	
bilatérale, n (%)	18 (66,7)
unilatérale gauche, n (%)	3 (11,1)
unilatérale droite, n (%)	6 (22,2)
Intervention neurochirurgicale, n (%)	7 (25,9)
EDTC chez fenêtre bilatérale perméable(n=23)	
grade 1, n (%)	1 (4,4)
grade 2, n (%)	5 (21,7)
grade 3, n (%)	12 (52,2)
grade 2 et 3, n (%)	5 (21,7)
EDTC chez fenêtre unilatérale perméable(n=3)	
grade 3, n (%)	3 (100)

Le délai moyen entre l'admission en service de réanimation et le diagnostic de ME était de 48,12 heures. La majorité des patients présentaient un spectre d'EDTC grade 2 et/ou 3 (excepté un patient en grade 1, conduit à l'examen car instable sur le plan hémodynamique). 66,9% des patients avaient un support par noradrénaline (la pression artérielle moyenne était de 80,1 ± 16,3mmHg). L'EtCO₂ était en moyenne à 36 ± 4,42cmH₂O, et le test d'hypercapnie n'avait pas pu être réalisé chez 3 patients instables sur le plan respiratoire (inhalation, brûlure). 92,6% des patients avaient un bilan entrée/sortie équilibré. La PIC d'un seul patient était monitorée (113mmHg).

1. **DENO à l'inclusion et lors du diagnostic de mort encéphalique :**

Au moment du diagnostic de ME, le DENO mesurait en moyenne $7,33 \pm 0,67$ mm, significativement augmenté des deux côtés et dans les deux plans par rapport à la première mesure d'inclusion (tableau 3). La figure 9 montre leur répartition.

Tableau 3. DENO, en mm			
	Inclusion N=23	Mort encéphalique N=27	p
DENO	$6,76 \pm 0,54$	$7,33 \pm 0,67$	<0,01
Gauche	$6,67 \pm 0,45$	$7,28 \pm 0,75$	<0,01
Transversal	$6,63 \pm 0,47$	$7,24 \pm 0,73$	<0,01
Axial	$6,71 \pm 0,50$	$7,31 \pm 0,84$	<0,01
Droit	$6,77 \pm 0,49$	$7,38 \pm 0,65$	<0,01
Transversal	$6,72 \pm 0,62$	$7,27 \pm 0,79$	<0,01
Axial	$6,82 \pm 0,50$	$7,50 \pm 0,64$	<0,01

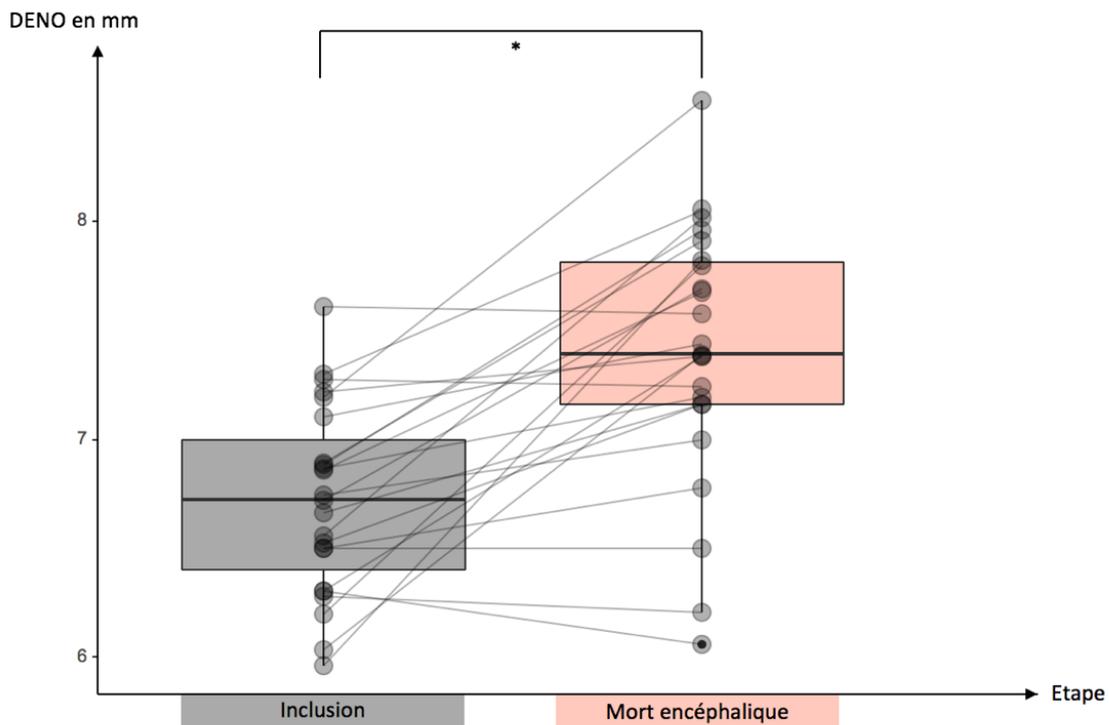


Figure 9. DENO à l'inclusion et en mort encéphalique. *p<0,01

2. DENO aux grades d'EDTC

Le suivi EDTC a permis d'observer la première apparition d'un spectre typique :

- grade 1 bilatéral chez 13 patients, avec un DENO moyen de $6,93 \pm 0,46$ mm.
- grade 2 bilatéral chez 16 patients, avec un DENO moyen de $7,18 \pm 0,40$ mm.
- grade 3 bilatéral chez 13 patients, avec un DENO moyen de $7,27 \pm 0,65$ mm.

La figure 10 montre leur répartition. Le DENO était significativement augmenté entre les grades 1 et 2, et entre les grades 1 et 3.

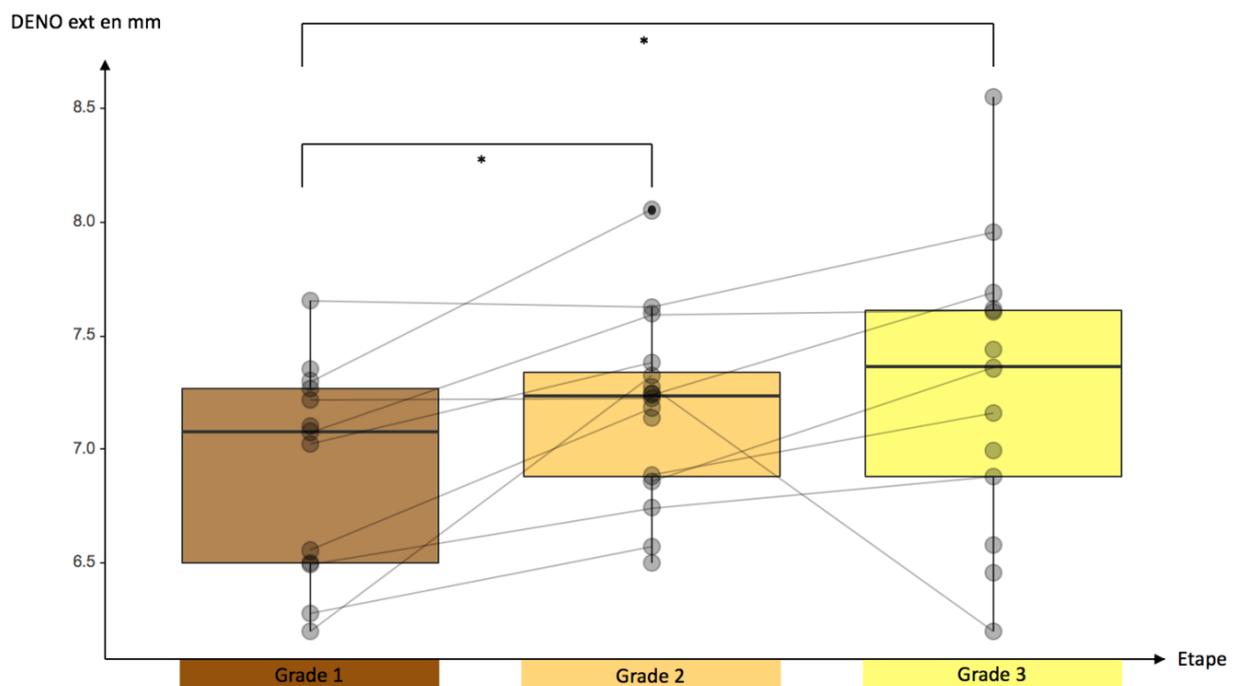


Figure 10. DENO au grades de spectre EDTC. * $p < 0,01$.

IV. Discussion

1. Limites de l'étude

Il s'agit d'une étude monocentrique, ouverte, sans groupe contrôle, dont l'effectif cause un manque de puissance et limite la pertinence des résultats. Les patients n'étaient pas inclus au même stade de « gravité », et n'avaient pas des relevés de mesures aux mêmes intervalles de temps. La relation entre la variation du DENO et les bilans entrée sortie (qui étaient quasiment tous équilibrés du fait des protocoles du service), les réflexes du tronc (présence aléatoire de sédation), le statut pupillaire, et le coté de la lésion n'ont pas pu être étudiés.

Nous avons inclus les traumatismes de l'orbite et les craniectomies qui sont souvent exclus des études sur le DENO ^{1,11,16}. Les patients équipés de DVE n'étaient pas exclus, or la dilatation du DENO repose aussi sur la circulation du LCR. Nous n'avons pas fait d'analyse en sous-groupe chez ces patients, ni chez ceux atteints d'HSA (présence de sang dans la gaine ?) ^{16,17}.

2. A propos des résultats.

Le DENO chez les 27 patients lors du diagnostic de ME était de $7,33 \pm 0,67\text{mm}$, et avait significativement augmenté par rapport à l'inclusion ($6,76 \pm 0,54\text{mm}$). Comme l'augmentation incontrôlable de la PIC conduit à la mort encéphalique et que l'augmentation de la PIC entraîne la dilatation du DENO, ces résultats semblent vraisemblables.

Nous avons observé une différence significative des DENO entre les grades 1 (persistance d'un retour veineux) et 2 (absence de retour veineux). L'absence de retour veineux est un des critères diagnostic de ME à l'angioscanner ¹³. Il y avait aussi une différence significative entre les grades 1 et 3 (pathognomonique de la ME).

3. DENO et mort encéphalique dans la littérature.

Il s'agit à notre connaissance de la première étude essayant de suivre l'évolution du DENO chez des patients identifiés comme suspects de passage en ME, notamment par rapport à l'EDTC. Le tableau 8 montre les résultats des travaux ayant mesuré des DENO chez des patients en ME. Le moment exact de la mesure n'était pas précisé. Selon les équipes, le diagnostic de ME était confirmé par angioscanner et/ou EDTC.

Tableau 8. DENO en mm dans les études chez les patients en mort encéphalique.

	Contrôle	Comateux		Mort encéphalique
Réanimation TNC				7,33 ± 0,67
Yazar ¹⁸	5,07 ± 0,32		6,90 ± 0,42	7,55 ± 0,29
Lovrencic-Huzan ¹⁹	5,3 ± 0,6			7,20 ± 0,6
		Sans HTIC	Avec HTIC	
Topcuoglu ¹⁵	5,98 ± 0,63	6,71 ± 1,07	7,61 ± 0,97	8,34 ± 0,66

L'équipe d'Arijana Lovrencic-Huzan a montré une différence significative ($p < 0,01$) entre son groupe sain ($n=17$) et celui en mort encéphalique ($n=10$) ¹⁹, ainsi que Yazar ($p < 0,05$) entre ses trois groupes ¹⁸. Nos résultats semblent comparables aux leurs.

Chez Topcuoglu, les analyses retrouvaient une différence significative ($p < 0,001$) entre le groupe ME ($n=29$) et l'ensemble des autres patients ($n=59$), et le DENO semblait pouvoir y détecter ceux en ME avec une sensibilité de 98,3% et une spécificité de 84,2% pour le seuil de 7,1mm. En revanche, lorsque les analyses se limitaient aux patients comateux avec HTIC ($N=8$) et ceux en ME, la spécificité était de 50% pour une valeur seuil de 7,3mm ¹⁵.

La différence entre nos valeurs de DENO en mort encéphalique pourrait s'expliquer, d'après la description de l'auteur, par leurs mesures parfois effectuées à un autre repère que 3mm, la modification du gain, l'utilisation du mode « carotidien », ainsi que la recherche d'une image où la taille du globe oculaire était maximale.

4. Il semble exister une capacité d'élastance et compliance limitée du DENO, propre à chacun.

In vitro (10 préparations post mortem d'une cause non neurologique), le DENO variait de façon quasi linéaire pour des pressions entre 5 et 35-40mmHg. En revanche au-dessus de 50mmHg, il continuait d'augmenter sans revenir complètement à sa valeur précédente lors des décompressions successives, et même jusqu'à normalisation des pression⁹. Si l'équipe de Yoann Launey¹⁶ retrouvait une corrélation significative entre la PIC et le DENO après perfusion de mannitol ($r=0,54$; $p<0,002$), elle remarquait que la variation était moins importante pour les PIC (et DENO) de départ élevés.

Les auteurs pensent qu'après une phase d'HTIC dépassant une certaine limite, le DENO resterait dilaté, même en cas de traitement efficace^{9,16}.

Hansen et Helmke, en étudiant la réponse du DENO à la perfusion intrathécale de Ringer Lactate, n'observaient pas de modification en dessous de 22mmHg (ou non détectable par la résolution de leur échographe), et décrivaient à partir de 40mmHg un seuil propre à chaque patient au-delà duquel le DENO ne se dilatait plus (ou moins).

Ils suggèrent l'existence d'un effet de saturation, où le DENO épuise ses capacités d'extension (liées au type de fibres constituant sa gaine)²⁰.

La littérature ne retrouve pas de différence de mesure du DENO en fonction de l'âge, du sexe, de l'IMC, ni du côté^{1,18}. En revanche, peut-être existe-il une différence de dynamique, notamment chez les patients âgés dont la dure-mère est plus fibrosée¹ ?

5. Perspectives

La variation individuelle du DENO, plutôt que des valeurs brutes, est peut-être plus significative. Par ailleurs, s'il ne revient pas à des dimensions normales après avoir été soumis à de très fortes PIC, peut-être qu'il témoigne d'une souffrance cérébrale passée, et pourrait être un marqueur pronostic de mortalité (comme le DENO au scanner cérébral d'admission^{21,22}), ou prédictif de passage en mort encéphalique. Dans ce dernier cas, la mesure du DENO à l'échographie pourrait avoir une place dans l'abord anticipé des familles de patients admissibles en réanimation à but non thérapeutique en vue d'un prélèvement multi-organes²³.

V. Conclusion

La mesure du DENO à l'échographie trans orbitaire est un outil facile et reconnu dans la détection d'HTIC chez les patients cérébrolésés, chez qui il est augmenté. Sa dilatation semble être majorée chez les patients en mort encéphalique, questionnant sur sa valeur pronostic et /ou diagnostic dans cette population.

THESE SOUTENUE PAR Elodie Bergmann-Vatran

CONCLUSIONS

La mesure du DENO à l'échographie trans orbitaire est un outil facile et reconnu dans la détection d'HTIC chez les patients cérébrolésés, chez qui il est augmenté. Sa dilatation semble être majorée chez les patients en mort encéphalique, incitant à poursuivre les recherches sur sa valeur pronostic et/ou diagnostique dans cette population.

Le Président du jury,

Vu et permis d'imprimer
Dijon, le 6 MARS 2020
Le Doyen

Pr. Buterand



Pr. M. MAYNADIÉ



VI. Bibliographie

1. Messerer, M., Berhouma, M., Messerer, R. & Dubourg, J. Intérêt de l'échographie du diamètre de l'enveloppe du nerf optique pour la détection non invasive de l'hypertension intracrânienne. *Neurochirurgie* **59**, 55–59 (2013).
2. Masson, E. Régulation de la circulation cérébrale. *EM-Consulte* <https://www.em-consulte.com/article/46818/regulation-de-la-circulation-cerebrale>.
3. Boulard, G., Guiot, P., Pottecher, T. & Tenaillon, A. Prise en charge des sujets en état de mort encéphalique dans l'optique d'un prélèvement d'organes. *Ann. Fr. Anesth. Réanimation* **24**, 836–843 (2005).
4. Monteiro, L. M. *et al.* Transcranial Doppler ultrasonography to confirm brain death: a meta-analysis. *Intensive Care Med.* **32**, 1937–1944 (2006).
5. Quesnel, C. & Fulgencio, J.-P. Mort encéphalique : quel est le meilleur examen diagnostique à faire ? *Réanimation - Vol 17 - N° 7 - P 657-663* (2009).
6. Vigué, B., Tazarourte, K., Geeraerts, T., Ract, C. & Duranteau, J. Le doppler transcrânien en réanimation. *Réanimation* **8** (2007).
7. Hamard, H. Nerf optique. *Ophtalmologie p21-02870*.(2019)
8. Helmke, K. & Hansen, H. C. Fundamentals of transorbital sonographic evaluation of optic nerve sheath expansion under intracranial hypertension. I. Experimental study. *Pediatr. Radiol.* **26**, 701–705 (1996).
9. Hansen, H.-C., Lagrèze, W., Krueger, O. & Helmke, K. Dependence of the optic nerve sheath diameter on acutely applied subarachnoidal pressure - an experimental ultrasound study. *Acta Ophthalmol. (Copenh.)* **89**, e528-532 (2011).
10. Geeraerts, T., Merceron, S., Benhamou, D., Vigué, B. & Duranteau, J. Non-invasive assessment of intracranial pressure using ocular sonography in neurocritical care patients. *Intensive Care Med.* **34**, 2062–2067 (2008).

11. Geeraerts, T. *et al.* Ultrasonography of the optic nerve sheath may be useful for detecting raised intracranial pressure after severe brain injury. *Intensive Care Med.* **33**, 1704–1711 (2007).
12. Dubourg, J., Javouhey, E., Geeraerts, T., Messerer, M. & Kassai, B. Ultrasonography of optic nerve sheath diameter for detection of raised intracranial pressure: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med.* **37**, 1059–1068 (2011).
13. Société Française de Neuroradiologie, Société Française de Radiologie & Agence de la Biomédecine. [Recommendations on diagnostic criteria of brain death by the technique of CT angiography]. *J. Neuroradiol. J. Neuroradiol.* **38**, 36–39 (2011).
14. Potgieter, D. W., Kippin, A., Ngu, F. & McKean, C. Can accurate ultrasonographic measurement of the optic nerve sheath diameter (a non-invasive measure of intracranial pressure) be taught to novice operators in a single training session? *Anaesth. Intensive Care* **39**, 95–100 (2011).
15. Topcuoglu, M. A., Arsava, E. M., Bas, D. F. & Kozak, H. H. Transorbital Ultrasonographic Measurement of Optic Nerve Sheath Diameter in Brain Death. *J. Neuroimaging Off. J. Am. Soc. Neuroimaging* **25**, 906–909 (2015).
16. Launey, Y., Nesseler, N., Le Maguet, P., Mallédant, Y. & Seguin, P. Effect of osmotherapy on optic nerve sheath diameter in patients with increased intracranial pressure. *J. Neurotrauma* **31**, 984–988 (2014).
17. Muller, P. J. & Deck, J. H. Intraocular and optic nerve sheath hemorrhage in cases of sudden intracranial hypertension. *J. Neurosurg.* **41**, 160–166 (1974).
18. Yazar, M. A. Bedside Ultrasonography of the Optic Nerve Sheath in Brain Death. *Transplant. Proc.* **51**, 2180–2182 (2019).
19. Lovrencic-Huzjan, A. Ultrasonography of the optic nerve sheath in brain death. *New trend in neurosonology and cerebral hemodynamics* 414–416 (2012)
20. Hansen, H. C. & Helmke, K. Validation of the optic nerve sheath response to changing cerebrospinal fluid pressure: ultrasound findings during intrathecal infusion tests. *J. Neurosurg.* **87**, 34–40 (1997).

21. Sekhon, M. S. *et al.* Association between optic nerve sheath diameter and mortality in patients with severe traumatic brain injury. *Neurocrit. Care* **21**, 245–252 (2014).
22. Legrand, A. Le diamètre de la gaine du nerf optique mesuré sur le scanner initial est un facteur pronostique de mortalité chez le traumatisé crânien en réanimation. (2010).
23. Baumann, A. & Puybasset, L. Enjeux éthiques en neuroréanimation. *Anesthésie Réanimation* **3641412** (2013).

TITRE DE LA THESE : OBSERVATION DU DIAMÈTRE DE L'ENVELOPPE DU NERF OPTIQUE A L'ECHOGRAPHIE CHEZ LES PATIENTS EVOLUANT VERS LA MORT ENCEPHALIQUE

AUTEUR : ELODIE BERGMANN-VATRAN

RESUME :

Introduction : La mesure échographique du diamètre de l'enveloppe du nerf optique (DENO) permet de détecter l'hypertension intra crânienne (HTIC) chez les patients cérébrolésés lorsqu'il est supérieur à 5,86mm. C'est un examen simple, reproductible et non invasif. L'altération du débit sanguin cérébral lors d'HTIC réfractaire peut être suivie par l'écho doppler transcrânien (EDTC) dont l'évolution du spectre est connue chez les patients évoluant vers la mort encéphalique (ME). Nous nous sommes questionnés sur celle du DENO dans cette situation.

Matériel et méthodes : Il s'agissait d'une étude prospective incluant les patients recensés en mort encéphalique au CHU de Dijon entre novembre 2018 et avril 2019. Lorsqu'un patient du service de réanimation traumatologique et neurochirurgicale présentait une HTIC réfractaire à l'ensemble des thérapeutiques engagées, le suivi échographique régulier était débuté selon le protocole du service. L'EDTC et la mesure de son DENO étaient recueillis jusqu'à la réalisation de l'angiogramme cérébral diagnostique. Les spectres d'EDTC étaient classés tel que grade 0 : témoin d'une HTIC sévère ; grade 1 : reverse flow (RF) bilatéral avec aire négative inférieure à l'aire positive ; grade 2 : RF bilatéral avec aire négative supérieure à l'aire positive ; et grade 3 : pic protosystolique et/ou disparition du flux. Nous avons analysé la valeur du DENO à l'inclusion, au diagnostic de ME, et par rapport aux grades d'EDTC.

Résultats : 27 patients en ME ont été inclus et analysés. Les lésions étaient principalement dues à des traumatismes crâniens et des AVC. La majorité possédait une fenêtrage osseuse temporale bilatérale perméable. Le DENO moyen au diagnostic de mort encéphalique était de $7,33 \pm 0,67$ mm, significativement augmenté par rapport à l'inclusion ($6,76 \pm 0,54$ mm), $p < 0,01$. Les valeurs au grade 1, 2, et 3 étaient respectivement de $6,93 \pm 0,46$, $7,18 \pm 0,40$ et $7,27 \pm 0,65$ mm. La différence était significative entre les grades 1 et 2, et entre les grades 1 et 3 ($p < 0,01$).

Discussion et conclusion : Le DENO semble majoré chez les patients en ME avec une évolution significative entre l'inclusion et le diagnostic. Il est intéressant d'observer qu'entre les grades 1 et 2 correspondant à l'absence de retour veineux, et les grades 1 et 3 pathognomonique de l'arrêt circulatoire cérébral, la différence soit également significative. Le DENO pourrait être un outil d'approche dans la mort encéphalique.

MOTS CLES : DENO ; ECHOGRAPHIE ; ECHO DOPPLER TRANSCRANIEN ; MORT ENCEPHALIQUE.