

Université de Poitiers

Faculté de Médecine et Pharmacie

ANNEE 2013

Thèse n°

THESE

**POUR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN MEDECINE
(décret du 16 janvier 2004)**

présentée et soutenue publiquement
le premier Octobre 2013 à Poitiers
par **Mlle Corre Mélanie**

Courbe d'apprentissage du Doppler Transcrânien

COMPOSITION DU JURY

Président : Monsieur le Professeur Olivier Mimoz

Membres : Monsieur le Docteur Jacques Aries
Madame le Docteur Claire Dahyot-Fizelier

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur Karim Tazarourte
Co-Directeur de thèse : Monsieur le Docteur David Sapir

Université de Poitiers

Faculté de Médecine et Pharmacie

ANNEE 2013

Thèse n°

THESE

**POUR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN MEDECINE
(décret du 16 janvier 2004)**

présentée et soutenue publiquement
le premier Octobre 2013 à Poitiers
par **Mlle Corre Mélanie**

Courbe d'apprentissage du Doppler Transcrânien

COMPOSITION DU JURY

Président : Monsieur le Professeur Olivier Mimoz

Membres : Monsieur le Docteur Jacques Aries
Madame le Docteur Claire Dahyot-Fizelier

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur Karim Tazarourte
Co-Directeur de thèse : Monsieur le Docteur David Sapir



LISTE DES ENSEIGNANTS DE MEDECINE

Professeurs des Universités-Praticiens Hospitaliers

1. AGIUS Gérard, bactériologie-virologie
2. ALLAL Joseph, thérapeutique
3. BATAILLE Benoît, neurochirurgie
4. BENSADOUN René-Jean, oncologie - radiothérapie
5. BRIDOUX Frank, néphrologie
6. BURUCOA Christophe, bactériologie - virologie
7. CARRETIER Michel, chirurgie générale
8. CHEZE-LE REST Catherine, biophysique et médecine nucléaire
9. CHRISTIAENS Luc, cardiologie
10. CORBI Pierre, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
11. DAGREGORIO Guy, chirurgie plastique et reconstructrice
12. DEBAENE Bertrand, anesthésiologie réanimation
13. DEBIAIS Françoise, rhumatologie
14. DORE Bertrand, urologie (surmombre)
15. DROUOT Xavier, physiologie
16. DUFOUR Xavier, Oto-Rhino-Laryngologie
17. EUGENE Michel, physiologie (surmombre)
18. FAURE Jean-Pierre, anatomie
19. FRITEL Xavier, gynécologie-obstétrique
20. GAYET Louis-Etienne, chirurgie orthopédique et traumatologique
21. GICQUEL Ludovic, pédopsychiatrie
22. GILBERT Brigitte, génétique
23. GOMBERT Jean-Marc, immunologie
24. GOUJON Jean-Michel, anatomie et cytologie pathologiques
25. GUILHOT-GAUDEFFROY François, hématologie et transfusion
26. GUILLET Gérard, dermatologie
27. GUILLEVIN Rémy, radiologie et imagerie médicale
28. HADJADJ Samy, endocrinologie et maladies métaboliques
29. HAUET Thierry, biochimie et biologie moléculaire
30. HERPIN Daniel, cardiologie
31. HOUETO Jean-Luc, neurologie
32. INGRAND Pierre, biostatistiques, informatique médicale
33. IRANI Jacques, urologie
34. JABER Mohamed, cytologie et histologie
35. JAYLE Christophe, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
36. KARAYAN-TAPON Lucie, oncologie
37. KEMOUN Gilles, médecine physique et réadaptation
(de septembre à décembre)
38. KITZIS Alain, biologie cellulaire
39. KLOSSEK Jean-Michel, Oto-Rhino-Laryngologie
40. KRAIMPS Jean-Louis, chirurgie générale
41. LECRON Jean-Claude, biochimie et biologie moléculaire
42. LEVARD Guillaume, chirurgie infantile
43. LEVEZIEL Nicolas, ophtalmologie
44. LEVILLAIN Pierre, anatomie et cytologie pathologiques
45. MACCHI Laurent, hématologie
46. MARCELLI Daniel, pédopsychiatrie (surmombre)
47. MARECHAUD Richard, médecine interne
48. MAUCO Gérard, biochimie et biologie moléculaire
49. MENU Paul, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
50. MEURICE Jean-Claude, pneumologie
51. MIMOZ Olivier, anesthésiologie - réanimation
52. MORICHAU-BEAUCHANT Michel, hépato-gastro-entérologie
53. NEAU Jean-Philippe, neurologie
54. ORIOT Denis, pédiatrie
55. PACCALIN Marc, gériatrie
56. PAQUEREAU Joël, physiologie
57. PERAULT Marie-Christine, pharmacologie clinique
58. PERDRISOT Rémy, biophysique et médecine nucléaire
59. PIERRE Fabrice, gynécologie et obstétrique
60. POURRAT Olivier, médecine interne
61. PRIES Pierre, chirurgie orthopédique et traumatologique
62. RICCO Jean-Baptiste, chirurgie vasculaire
63. RICHER Jean-Pierre, anatomie
64. ROBERT René, réanimation
65. ROBLOT France, maladies infectieuses, maladies tropicales
66. ROBLOT Pascal, médecine interne
67. RODIER Marie-Hélène, parasitologie et mycologie
68. SENON Jean-Louis, psychiatrie d'adultes
69. SILVAIN Christine, hépato-gastro-entérologie
70. SOLAU-GERVAIS Elisabeth, rhumatologie
71. TASU Jean-Pierre, radiologie et imagerie médicale
72. TOUCHARD Guy, néphrologie
73. TOURANI Jean-Marc, oncologie
74. WAGER Michel, neurochirurgie

Maitres de Conférences des Universités-Praticiens Hospitaliers

1. ARIES Jacques, anesthésiologie - réanimation
2. BEBY-DEFAUX Agnès, bactériologie - virologie
3. BEN-BRIK Eric, médecine du travail
4. BOURMEYSTER Nicolas, biologie cellulaire
5. CASTEL Olivier, bactériologie - virologie - hygiène
6. CATEAU Estelle, parasitologie et mycologie
7. CREMNITER Julie, bactériologie - virologie
8. DAHYOT-FIZELIER Claire, anesthésiologie - réanimation
9. DIAZ Véronique, physiologie
10. FAVREAU Frédéric, biochimie et biologie moléculaire
11. FRASCA Denis, anesthésiologie - réanimation
12. HURET Jean-Loup, génétique
13. JAAFARI Nematollah, psychiatrie d'adultes
14. LAFAY Claire, pharmacologie clinique
15. MIGEOT Virginie, santé publique
16. ROY Lydia, hématologie
17. SAPANET Michel, médecine légale
18. SCHNEIDER Fabrice, chirurgie vasculaire
19. THILLE Arnaud, réanimation
20. TOUGERON David, hépato-gastro-entérologie

Professeur des universités de médecine générale

GOMES DA CUNHA José

Professeur associé des disciplines médicales

MILLOT Frédéric, pédiatrie, oncologie pédiatrique

Professeur associé de médecine générale

VALETTE Thierry

Maitres de Conférences associés de médecine générale

BINDER Philippe
BIRAULT François
FRECHE Bernard
GIRARDEAU Stéphane
GRANDCOLIN Stéphanie
PARTHENAY Pascal
VICTOR-CHAPLET Valérie

Enseignants d'Anglais

DEBAIL Didier, professeur certifié
LILWALL Amy, maître de langues étrangères

Maitre de conférences des disciplines pharmaceutiques enseignant en médecine

MAGNET Sophie, microbiologie, bactériologie

Professeurs émérites

1. DABAN Alain, cancérologie radiothérapie
2. FAUCHERE Jean-Louis, bactériologie - virologie
3. GIL Roger, neurologie
4. MAGNIN Guillaume, gynécologie-obstétrique

Professeurs et Maitres de Conférences honoraires

1. ALCALAY Michel, rhumatologie
2. BABIN Michèle, anatomie et cytologie pathologiques
3. BABIN Philippe, anatomie et cytologie pathologiques
4. BARBIER Jacques, chirurgie générale (ex émérite)
5. BARRIERE Michel, biochimie et biologie moléculaire
6. BECQ-GIRAUDON Bertrand, maladies infectieuses, maladies tropicales (ex émérite)
7. BEGON François, biophysique, Médecine nucléaire
8. BOINOT Catherine, hématologie - transfusion
9. BONTOUX Daniel, rhumatologie (ex émérite)
10. BURIN Pierre, histologie
11. CASTETS Monique, bactériologie -virologie – hygiène
12. CAVELLIER Jean-François, biophysique et médecine nucléaire
13. CHANSIGAUD Jean-Pierre, biologie du développement et de la reproduction
14. CLARAC Jean-Pierre, chirurgie orthopédique
15. DESMAREST Marie-Cécile, hématologie
16. DEMANGE Jean, cardiologie et maladies vasculaires
17. FONTANEL Jean-Pierre, Oto-Rhino Laryngologie (ex émérite)
18. GOMBERT Jacques, biochimie
19. GRIGNON Bernadette, bactériologie
20. JACQUEMIN Jean-Louis, parasitologie et mycologie médicale
21. KAMINA Pierre, anatomie (ex émérite)
22. LAPIERRE Françoise, neurochirurgie (ex émérite)
23. LARSEN Christian-Jacques, biochimie et biologie moléculaire
24. MAIN de BOISSIERE Alain, pédiatrie
25. MARILLAUD Albert, physiologie
26. MORIN Michel, radiologie, imagerie médicale
27. POINTREAU Philippe, biochimie
28. REISS Daniel, biochimie
29. RIDEAU Yves, anatomie
30. SULTAN Yvette, hématologie et transfusion
31. TALLINEAU Claude, biochimie et biologie moléculaire
32. TANZER Joseph, hématologie et transfusion (ex émérite)
33. VANDERMARCO Guy, radiologie et imagerie médicale

REMERCIEMENTS

A Monsieur le Professeur Olivier Mimoz,

Vous m'avez fait l'honneur d'accepter de présider le jury de cette thèse, et je vous en remercie. Soyez assuré de mon profond respect.

A Monsieur le Docteur Jacques Aries,

Vous avez accepté de faire partie de ce jury et d'évaluer ce travail, J'en suis honorée. Soyez assuré de ma sincère reconnaissance.

A Madame le Docteur Claire Dahyot-Fizelier,

Vous m'avez fait l'honneur de juger ce travail de thèse, je vous en remercie. Soyez assurée de toute ma gratitude.

A Monsieur le Docteur Karim Tazarourte,

Tu m'as fait l'honneur de diriger ce travail en faisant toujours preuve de disponibilité et de gentillesse. Tes remarques pertinentes m'ont été d'une aide précieuse. Merci de ta confiance.

A Monsieur le Docteur David Sapir,

Tu m'as formé au DTC. Tu m'as guidée encouragée et soutenue tout au long de ce travail. Je te suis très reconnaissante pour le temps et les conseils que tu m'as accordés.

A Monsieur le Docteur Nicolas Briole,

Tu m'as confié ce travail il y a 2 ans ainsi qu'une place dans ton équipe. J'espère en avoir été digne ! A quand la délocalisation du CDAU 91 dans le 17 ?... Vous allez me manquer.

A Monsieur le Docteur François-Xavier Laborne,

Merci de ta collaboration dans ce travail et toutes tes explications répétées en matière de statistiques.

A mon Laurent,

Pour tous ces moments partagés ensemble, les bons comme les mauvais. Merci de ton aide et de ton soutien de chaque instant. A quand le prochain voyage ?

A mes parents et ma sœur,

Pour votre confiance en mes capacités, pour votre écoute dans les moments difficiles et pour ton aide papa dans les relectures.

A ma famille, toujours présente à mes côtés.

A mes amis de KB,

A tous ces moments passés ensemble tout au long de nos études. C'est bon d'en voir le bout !
Merci pour votre soutien et vos conseils.

A mes P'tits Mezziens,

Même si rare sont ceux qui ont compris ce que je faisais ces dernières années, vos encouragements et vos divertissements m'ont été précieux. Un grand merci à Adé, ma traductrice de choc, aux Bouboux pour leur accueil dans les grands moments et un gros bisou à ma Carine, toujours là depuis si longtemps.

A tous mes anciens co-internes, allez nous sommes presque tous thésés, bon courage pour les derniers !

Et enfin un grand merci à tout le personnel du CDAU et de la réanimation du CHSF, vous avez accepté que j'utilise vos têtes à de nombreuses reprises. Sans vous cette étude n'aurait pas vu le jour.

SOMMAIRE

ABRÉVIATIONS.....	7
INTRODUCTION	8
MATÉRIEL ET MÉTHODES	13
RÉSULTATS	15
DISCUSSION.....	18
CONCLUSION.....	21
RÉFÉRENCES.....	22
RÉSUMÉ.....	24
SERMENT.....	25

ABRÉVIATIONS

ACEP : American College of Emergency Physicians

ACM : Artère Cérébrale Moyenne

ACSOS : Agressions Cérébrales Secondaires d'Origine Systémique

CDAU : Centre Départemental d'Appels d'Urgence

CHSF : Centre Hospitalier du Sud Francilien

DTC : Doppler transcrânien

FAST : Focused Assessment Sonography for Trauma

IP : Index de Pulsatilité

PAM : Pression Artérielle Moyenne

PIC : Pression IntraCrânienne

PPC : Pression de Perfusion Cérébrale

SAMU : Service d'Aide Médicale Urgente

SMUR : Service Mobile d'Urgence et de Réanimation

TCG : Traumatisme Crânien Grave

TUSAR : Techniques Ultrasoniques en Anesthésie Réanimation

Vd : Vitesse diastolique

Vm : Vitesse moyenne

Vs : Vitesse systolique

INTRODUCTION

L'ischémie cérébrale secondaire est le principal facteur pronostic suite à un traumatisme crânien [1]. La phase post traumatique immédiate est le moment le plus à risque de survenue de ces lésions secondaires [2,3]. Les facteurs favorisant l'apparition de ces lésions sont multiples. Il existe d'une part des facteurs d'origine intra-crânienne (hypertension intra-crânienne, convulsions, vasospasme...) mais aussi des facteurs extra-crâniens regroupés sous le terme d'ACSOS : Agressions Cérébrales Secondaires d'Origine Systémique [4].

C'est avec leur prévention que la prise en charge des traumatismes cérébraux graves (TCG), définis par un score de Glasgow ≤ 8 , s'est améliorée. Le contrôle de l'oxygénation, de la capnie, de la glycémie, de l'hématocrite et de la température peut être aisément réalisable dès la phase pré-hospitalière d'un TCG [5]. L'hypotension artérielle est la plus délétère des ACSOS entraînant une mortalité multipliée par 2.5 [1]. Un objectif de PAM ≥ 90 mmHg est actuellement retenu selon les recommandations nord-américaines [6]. Les recommandations françaises sont plus anciennes et préconisent une PAS > 90 mmHg [7]. Cependant malgré cet objectif tensionnel, seulement les deux-tiers voire la moitié des TCG ont une pression de perfusion cérébrale (PPC) correcte [8,9], or le monitoring invasif de la pression intracrânienne (PIC) nous permettant de suivre l'hémodynamique cérébrale par la formule $PPC = PAM - PIC$ est seulement obtenu en moyenne 7 heures après le traumatisme [10].

Le Doppler transcrânien se développe depuis une dizaine d'années dans la prise en charge précoce des TGC, à l'admission des patients aux urgences [11,12], à l'accueil des salles de réveil [8], puis plus récemment lors de la phase pré-hospitalière [13].

Cet examen enregistre les vitesses des globules rouges dans les artères cérébrales principales. Il se base sur l'effet Doppler qui permet d'exploiter la différence entre les ultrasons émis et les ultrasons reçus par une sonde Doppler et de calculer la vitesse des éléments figurés du sang.

Le débit (Q) est le produit de la vitesse (V) par la section étudiée (S)

$$Q=V \times S$$

Les vitesses mesurées ont donc l'avantage d'être une approche indirecte du débit sanguin cérébral.

Pour analyser les vaisseaux intracrâniens on utilisera le mode Doppler pulsé, une sonde à basse fréquences (2MHz) et de forte puissance acoustique permettant une bonne pénétration. Il existe 3 fenêtres acoustiques, temporale, orbitaire et sous occipitale, permettant le passage des ultrasons.

La fenêtre tempore est la privilégiée. L'artère cérébrale moyenne (ACM) y est accessible sur une grande profondeur avec un angle d'insonation, formé par la sonde et l'artère, proche de zéro. De plus les flux de l'ACM représentent 60% du débit sanguin hémicérébral nous donnant ainsi un reflet de l'hémodynamique cérébrale.

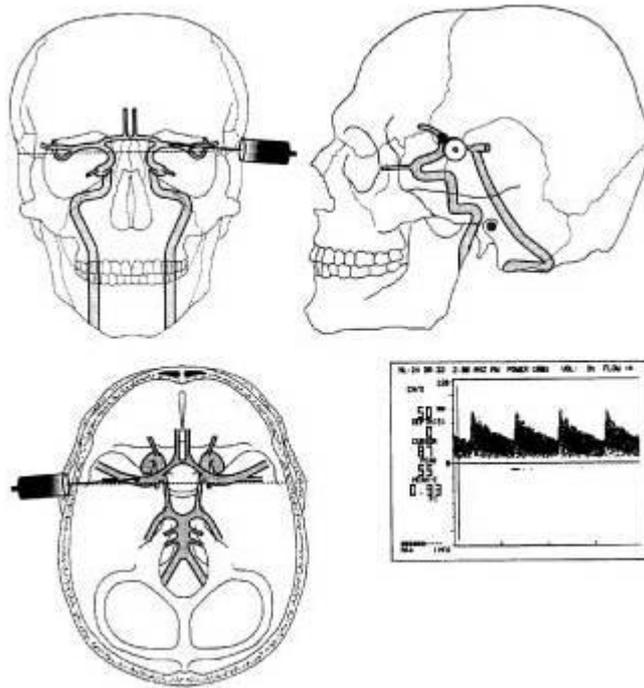


Figure 1: DTC réalisé en fenêtre tempore. Position de la sonde et aspect du réseau artériel.

La sonde est positionnée sur une ligne située au dessus de l'arcade zygomatique entre le bord orbitaire externe en avant et le tragus en arrière. Son orientation est perpendiculaire au plan de l'os temporal, l'ACM se trouvera à une profondeur de 50mm.

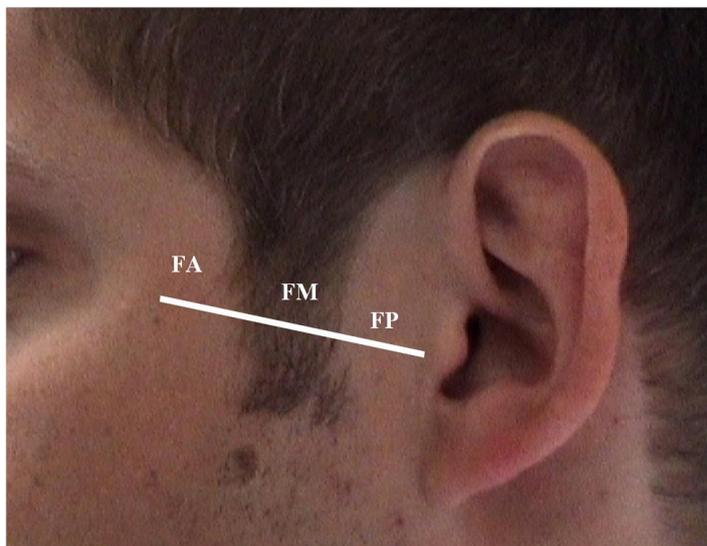


Figure 2: Trois positions de la sonde sont proposées par voie transtemporale : antérieure (FA), médiane (FM) et postérieure (FP).

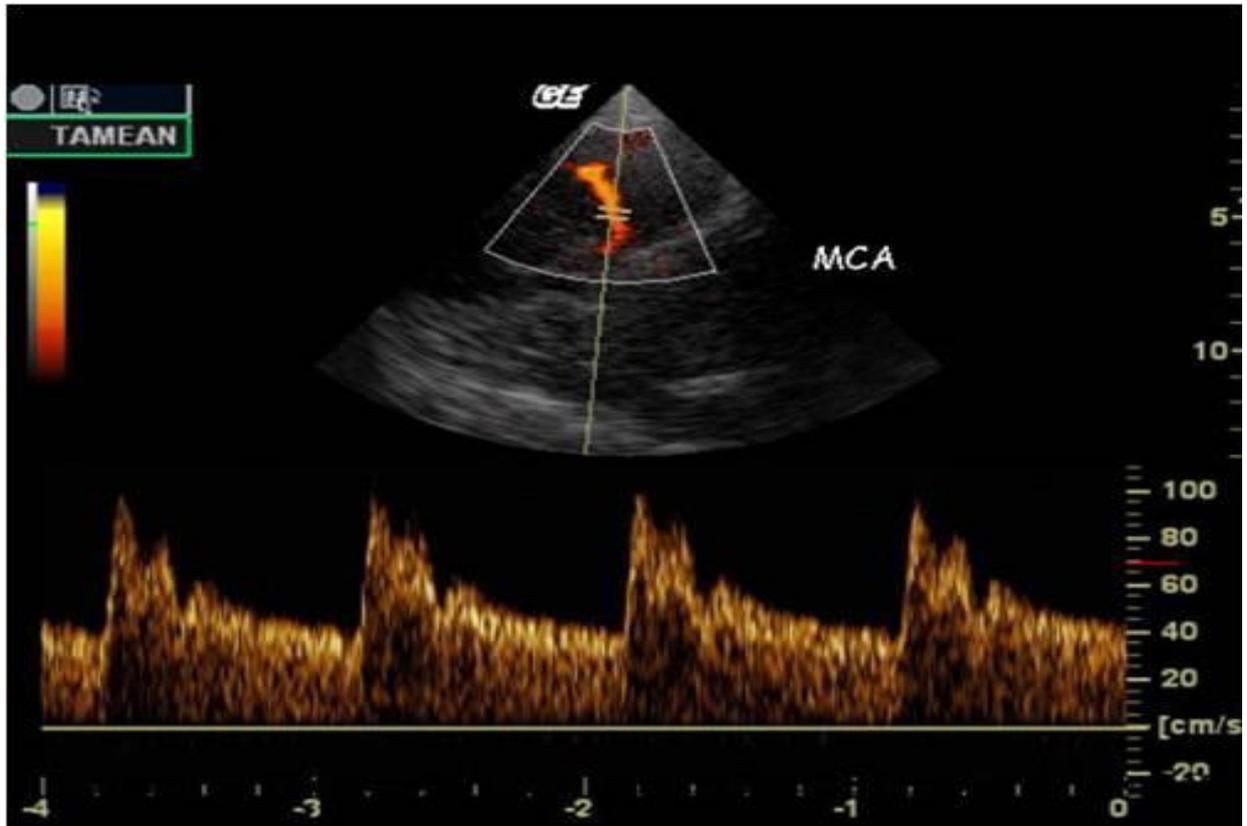


Figure 3: spectre Doppler réalisé sur l'ACM d'un sujet sain

L'analyse du spectre Doppler permet de mesurer les vitesses systolique (V_s), diastolique (V_d) et moyenne (V_m), ainsi que l'Index de Pulsatilité (IP). Cet index calculé selon la formule de Gosling $IP = (V_s - V_d) / V_m$ permet de s'affranchir de l'angle d'insonation (q) du fait de la disparition de la valeur du cosinus de l'angle dans la formule.

Vitesse réelle = Vitesse mesurée \times $\cos q$.

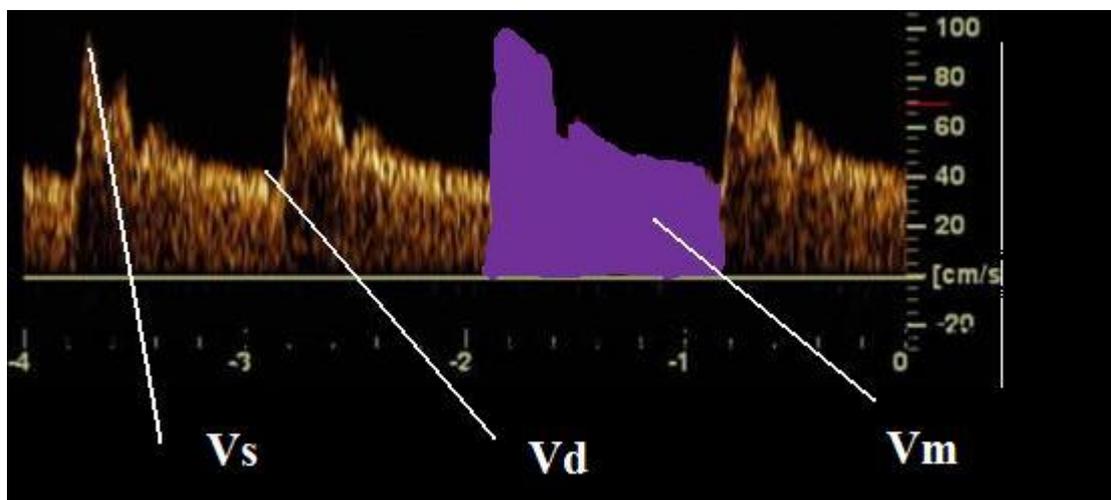


Figure 4: En abscisse le temps, en ordonnée la vitesse en cm/s le pic correspond à la vitesse systolique, la fin de diastole à la vitesse diastolique et l'aire sous la courbe à la vitesse moyenne.

Les valeurs chez un sujet sain en fonction de l'âge sont rappelées dans le tableau ci-dessous

	18–40 ans	40–60 ans	>60 ans
VS (cm/s)	95 ± 10	90 ± 15	80 ± 20
VD (cm/s)	45 ± 10	45 ± 10	35 ± 10
VM (cm/s)	55 ± 10	60 ± 10	45 ± 10
IP	≤1,0	≤1,0	≤1,0

VS : vélocité systolique ; VD : vélocité diastolique ; VM : vélocité moyenne ; IP : index de pulsativité.

Tableau 1: Valeurs mesurées pour l'ACM chez l'adulte en fonction de l'âge

Des études commencent à démontrer l'intérêt du DTC dans la prise en charge précoce du patient cérébrolésé, nous citerons notamment ces 2 études :

- Ract et al étudient une population de 24 patients traumatisés crâniens graves avec un score de Glasgow ≤ 8 . L'étude prend en compte les DTC faits à l'arrivée à l'hôpital puis un second examen réalisé suite au monitoring de la PIC. Les patients formaient 2 groupes définis par le résultat du DTC initial. Les premiers avaient un DTC anormal (n=11), le second groupe, des DTC normaux.

Tous les patients à l'arrivée aux urgences avaient une PAM à 90mmHg. Malgré cette PAM recommandée les 11 patients du premier groupe avaient une mauvaise perfusion cérébrale. Ceci signifie que sans DTC il n'aurait pas été permis de discriminer les patients à haut risque d'ischémie pour près de la moitié de la population.

Le monitoring invasif de la PIC était obtenu 4h après l'admission des patients. Le DTC a donc permis un dépistage et un traitement plus précoces pour les patients à risque: le groupe 1 bénéficiait d'une correction de la perfusion cérébrale suite au premier DTC, par osmothérapie ou correction de la PAM. Les PPC mesurées dans le deuxième temps ne différaient pas significativement dans les 2 groupes [8].

Tazarourte et al étudient une population de 18 patients traumatisés crâniens graves en préhospitalier. Un premier DTC est effectué dès la stabilisation des patients, un traitement pour corriger la PPC est instauré lorsque le DTC est considéré comme anormal. Un deuxième DTC est réalisé à l'arrivée à l'hôpital.

Dans cette étude la moitié des patients présentaient un DTC initial anormal alors qu'il n'y avait pas, de nouveau, de différence significative de PAM au sein de cette population. D'autre part seuls 4 des 9 patients aux DTC anormaux étaient en mydriase aréactive. La clinique seule n'aurait pas permis de détecter les 5 autres patients à haut risque d'ischémie cérébrale.

Lors du deuxième contrôle de DTC, 5 des 9 patients au Doppler anormaux sont sortis de la zone d'ischémie. Les 4 qui n'avaient pas normalisé leur DTC à l'arrivée à l'hôpital, sont passés en mort encéphalique au bout de 48h [13].

Ces 2 études montrent que le Doppler transcrânien est un outil discriminant pour les patients à haut risque de lésions secondaires ischémiques. Il est réalisable dès la phase préhospitalière. Cet examen non-invasif, permet donc une identification et un traitement immédiat de ces lésions en adaptant la pression artérielle moyenne aux valeurs de la vitesse diastolique et de l'index de pulsatilité retrouvés pour sortir le patient de l'ischémie cérébrale.

Grâce aux avancées technologiques, l'échographie est devenue transportable à l'extérieur de l'hôpital et trouve une place de plus en plus importante dans la prise en charge des patients en pré-hospitalier. Mais il est nécessaire de mettre en balance l'intérêt diagnostique et thérapeutique de cet examen et l'allongement du délai d'arrivée du patient à l'hôpital.

Pour la FAST écho les recommandations de l'ACEP préconisent un entraînement minimum de 25 échographies [14] et les données montrent qu'un médecin expérimenté met en moyenne 6 minutes pour faire les 4 coupes échographiques ciblées chez un patient polytraumatisé [15]. Il n'existe pas pour le moment de courbe d'apprentissage du Doppler Transcrânien publiée.

BUT DE L'ÉTUDE :

Le but de notre étude est de calculer au moyen d'une courbe d'apprentissage le temps mis par un novice pour trouver au doppler transcrânien les valeurs d'index de pulsatilité et de vitesse diastolique chez un sujet sain et de connaître le nombre de répétitions nécessaires de doppler transcrâniens pour arriver à effectuer cet examen dans un temps raisonnable fixé pour cette étude à moins de 5 minutes pour un examen bilatéral.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Il s'agit d'une étude prospective multicentrique réalisée au sein du SAMU 91 et de la réanimation du Centre Hospitalier du Sud Francilien, sur une période s'étendant de février à octobre 2012. L'étude inclut 22 participants novices n'ayant jamais eu auparavant de formation théorique ni pratique concernant la technique du DTC.

Les participants bénéficient d'une formation théorique de 30 minutes basée sur un diaporama comprenant des informations sur le principe de l'effet Doppler, l'intérêt du doppler transcrânien dans la prise en charge initiale des patients cérébrolésés, des rappels anatomiques sur le polygone de Willis, sur la technique du DTC selon la méthode de Aaslid et al [16], les repères en mode 2D et couleurs, les valeurs attendues des vitesses diastolique, systolique et moyenne, de l'index de pulsatilité et leurs valeurs péjoratives, les limites de cet examen et ses facteurs sources d'erreur (capnie, anémie, hypothermie...) et l'algorithme décisionnel pour la prise en charge d'un TCG [17]. Nous avons complété cette formation théorique par une démonstration pratique sur la technique du DTC durant 15 minutes avant de débiter l'évaluation des participants.

Chaque participant a effectué des Doppler transcrâniens bilatéraux sur 10 volontaires sains consécutifs, recrutés de façon aléatoire.

Les volontaires étaient recrutés parmi les équipes médicales et paramédicales de la réanimation du CHSF, ainsi qu'au sein des équipes du SMUR de Corbeil, du SAMU 91, et des pompiers en poste au CDAU 91. Ils étaient informés des modalités de l'étude et ont signé un consentement éclairé.

Ces examens sont chronométrés. 3 temps sont retenus : le premier temps T1 correspond au repérage de l'artère cérébrale moyenne, le deuxième temps T2 à l'acquisition de la courbe des vitesses maximales et le dernier temps T3 à l'obtention des valeurs de l'index de pulsatilité (IP), des vitesses systolique, diastolique et moyenne.

La réalisation des échographies était contrôlée par un médecin expérimenté, titulaire du diplôme inter-universitaire TUSAR et pratiquant régulièrement cet examen.

Les mesures ont été effectuées sur un appareil d'échographie transportable actuellement utilisé au SMUR de Corbeil; le Sonosite M-Turbo (Figure 5).



Figure 5 : Sonosite M-turbo

L'examen Doppler était considéré comme un échec lorsque la recherche d'une artère cérébrale moyenne dépassait les 5 minutes. Les DTC des échecs étaient contrôlés secondairement par un médecin plus expérimenté. S'il jugeait le sujet comme anéchogène, ce sujet n'était pas sollicité de nouveau.

Les temps mesurés ne suivent pas une loi normale selon le test de Shapiro-Wilk. Nous avons donc comparé l'ensemble des moyennes des temps mesurés par un test non paramétrique pour séries appariées, ou test de Friedman. Nous avons ensuite comparé les moyennes deux à deux par des tests de Wilcoxon en ajustant le p par la méthode de Bonferroni-Holm.

Nous avons pris les moyennes des temps obtenus à droite et à gauche pour chaque sujet sain. Les temps indiqués dans les résultats représentent donc les temps mis pour un examen unilatéral.

RÉSULTATS

L'étude inclut 22 participants dont 9 praticiens hospitaliers, 7 internes et 6 externes. 5 examens sur les 440 ont abouti à un échec.

Au premier essai, le temps moyen de l'examen unilatéral était de 131secondes (s) avec un premier quartile à 95s et un troisième à 153s. Au sixième essai la moyenne était de 84s avec un premier quartile à 70s et un troisième quartile à 103s. Au dernier essai la moyenne de temps retrouvée était de 75s (premier quartile 50s, troisième quartile 88s).

L'ensemble de ces résultats est résumé dans la figure 6.

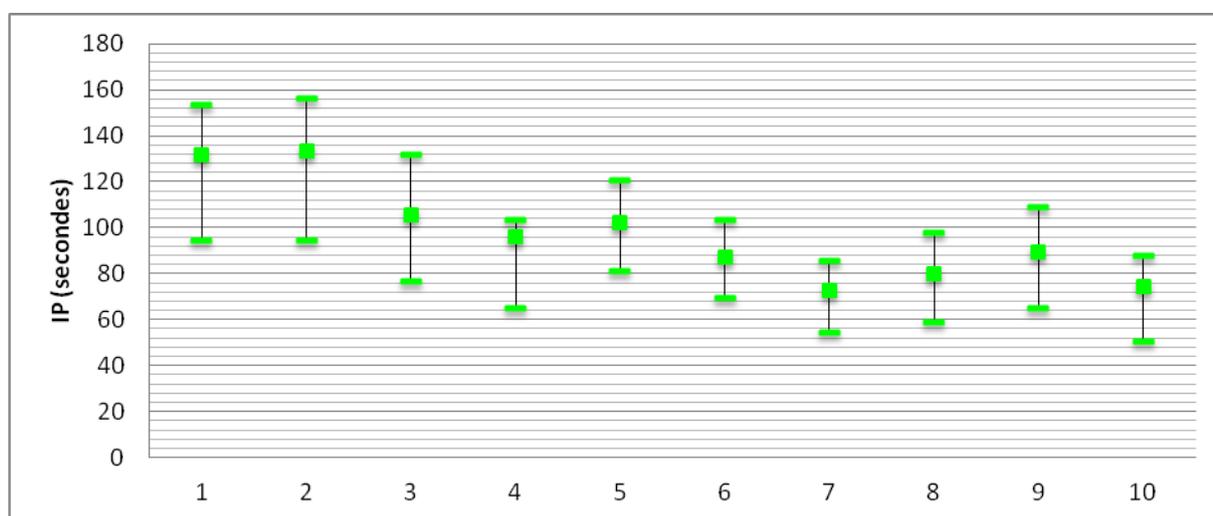


Figure 6: moyenne et intervalle interquartile des temps moyens d'obtention de l'IP

Les distributions des valeurs retrouvées au cours du premier essai par les 22 participants ne sont pas normales selon le test de Shapiro-Wilk. Nous avons donc utilisé des tests non paramétriques pour la suite de l'étude.

Selon le test de Friedman au moins un temps moyen diffère significativement des autres.

Selon le test de Wilcoxon, les temps moyens pour repérer l'artère cérébrale moyenne ne diffèrent pas significativement sauf au dixième essai où ce temps est significativement plus petit qu'au premier essai.

Les temps moyens nécessaires pour obtenir un spectre Doppler sont significativement plus petits au 7^{ième} et au 10^{ième} essais qu'aux premier et deuxième essais, et sont significativement plus petits au 8^{ième} essai qu'au premier. Les temps moyens pour obtenir un spectre Doppler une fois l'ACM visualisée sont plus petits au septième essai qu'aux premier et deuxième essais et plus petit au huitième essai qu'au premier.

Les temps moyens nécessaires pour obtenir un index de pulsatilité et une vitesse diastolique sont significativement plus petits aux 6^{ième}, 7^{ième}, 8^{ième} et 10^{ième} essais qu'au premier et sont significativement plus petits aux 7^{ième}, 8^{ième} et 10^{ième} essais qu'au deuxième essai. Les temps moyens pour obtenir l'IP et une Vd à partir du spectre Doppler sont significativement plus petits à partir du sixième essai par rapport au premier.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	1	-	-	-	-	-	-	-	-
3	1	1	-	-	-	-	-	-	-
4	0,14513	0,34859	1	-	-	-	-	-	-
5	0,9409	1	1	1	-	-	-	-	-
6	0,04471	0,16465	1	1	1	-	-	-	-
7	0,00054	0,000216	0,10615	1	0,19977	1	-	-	-
8	0,01408	0,0205	0,81691	1	1	1	1	-	-
9	0,06054	0,18506	1	1	1	1	1	1	-
10	0,00129	0,0021	0,14513	1	0,30412	1	1	1	1

Tableau 2 : p mesurés selon le test de Wilcoxon comparant les moyennes de temps 2 à 2 pour obtenir un IP. Les entêtes de colonnes et de lignes correspondent aux numéros des essais. En rouge p<0.05 montrant une différence significative entre les 2 moyennes comparées.

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Essai	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ACM	52	56	41	38	44	35	30	35	44	30
Doppler	99	104	79	72,5	77	64	51	58	69	53
IP	132	133	106	96	102	87	73	80	89	74

Tableau 3: Valeurs moyennes retrouvées aux trois temps chronométrés lors de l'étude au cours des 10 essais en secondes

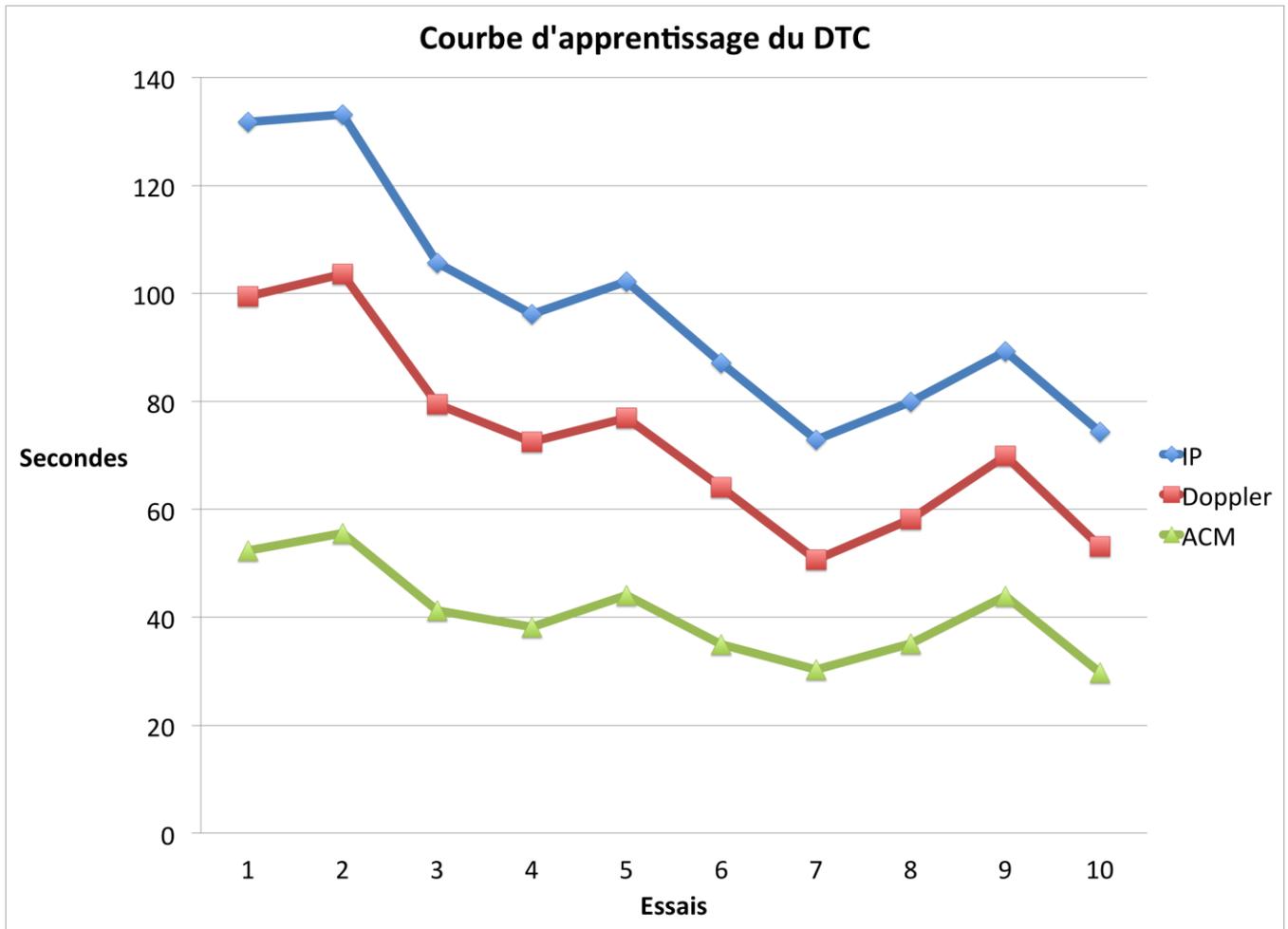


Figure 7 : Courbe d'apprentissage du DTC. En abscisse les différents essais, en ordonnée les temps moyens retrouvés.

DISCUSSION

L'intérêt du DTC dans la prise en charge précoce des patients cérébrolésés a fait l'objet de nombreuses études. L'enthousiasme concernant son utilisation pourrait être modéré par l'appréhension d'un temps plus long passé sur le lieu de la prise en charge.

Déjà une étude pilote sur l'utilisation du DTC en préhospitalier chez le TCG ne montre pas de différence significative de la durée de la prise en charge [13]. Les résultats de notre étude vont dans ce sens ; en effet la moyenne des durées de mesures est inférieure à 100 secondes avec un troisième quartile inférieur à 2 minutes à partir du sixième essai.

La présente étude confirme la faisabilité du DTC par des médecins novices dans un temps raisonnable sur des volontaires sains.

L'amélioration mesurée aux 3 temps chronométrés durant cette étude montre que l'opérateur s'améliore :

- Sur le point de vue du repérage des structures intracrâniennes utiles (pédoncules cérébelleux, aile du sphénoïde, voute crânienne controlatérale) et de l'artère cérébrale moyenne,
- Dans l'acquisition de la dextérité dans le maniement de la sonde d'échographie
- Dans l'appropriation de l'échographe et la manipulation des commandes.

En termes de formation et d'apprentissage le DTC semble très facile d'accès. Une formation théorique et pratique de moins d'une heure est d'ores et déjà suffisante pour permettre à un médecin novice de réaliser l'examen en moins de 3 minutes par côté.

La répétition de seulement 6 essais permet aux médecins en cours de formation de pratiquer cet examen en moins de 100 secondes.

Un temps de moins de 2 minutes par coté est obtenu dès le sixième essai et persiste jusqu'au dixième essai. Cette accessibilité à des performances durables après un faible nombre de répétitions est un argument supplémentaire pour une diffusion large de cette formation par ailleurs peu chronophage.

La F.A.S.T écho, type d'échographie ciblée la plus couramment étudiée a fait l'objet de plusieurs études concernant sa courbe d'apprentissage. Une première étude en 1999 de Shackford et al donnait un seuil à 10 examens [18], réfutée quelques années plus tard par Jang et al [19]. Elle semble trouver un seuil autour de 30 examens selon des études plus récentes [20-21].

Dans l'étude de Ma et al sur la courbe d'apprentissage de la F.A.S.T écho [21] une journée complète était dédiée à la formation théorique (4 heures) et pratique (4 heures) de cet examen. Au bout d'un an les médecins formés avaient en moyenne effectué 35 FAST écho et reconnaissaient les collections de grandes et moyennes tailles. Au bout de 18 mois et 70 FAST écho à leur actif, ils retrouvaient les collections de tailles minimales.

Lapostolle et al montre un temps moyen de 6 minutes pour pratiquer une F.A.S.T écho en milieu préhospitalier[15].

Il existe d'autres études concernant les courbes d'apprentissages d'échographies ciblées. Mais que ce soit pour la recherche d'une lithiase hépatique[22], d'une pathologie durant le premier trimestre de la grossesse [23] ou pour la recherche d'une obstruction des voies urinaires [24], toutes présentent des seuils de répétitions minimaux entre 25 et 40 examens.

Les résultats de notre étude nous permettent de penser que l'apprentissage du DTC est plus rapide. Il faut cependant modérer cette affirmation du fait des conditions de la réalisation de cette étude. En effet les DTC étaient réalisés sur des volontaires sains coopérant dans un laboratoire à l'abri de la lumière du jour bien loin des conditions réelles préhospitalières.

Il existe d'autres limites à notre étude.

Tout d'abord l'effectif réduit de médecins participant à l'étude, ne permet pas une analyse fine des résultats. Un minimum de 30 médecins formés et chronométrés permettrait de considérer les distributions des résultats comme normales d'un point de vue statistique. C'est pourquoi nous poursuivons actuellement le recueil de données.

De plus l'évaluation des médecins se fait sur le temps nécessaire pour obtenir un IP. Nous n'avons pas pris en compte la valeur de ce dernier. Son contrôle aurait été utile pour vérifier la fiabilité des valeurs retrouvées. Une étude comparant les valeurs retrouvées par des médecins novices par rapport à celle trouvées par des médecins expérimentés chez un même sujet sain serait à mettre en place pour effectuer ce contrôle. Il est à noter qu'une étude a déjà été réalisée sur des patients cérébrolésés à l'arrivée en salle de réveil du Kremlin Bicêtre ne montrant pas de différence significative lorsque les doppler n'étaient pas pathologiques [25].

Enfin, nous avons recruté les sujets sains de façon aléatoire dans les services où l'étude s'est déroulée. Chaque doppleriste n'a donc pas étudié les DTC sur les mêmes sujets, certains étant plus « échogènes » que d'autres.

Nous avons recensé seulement 5 échecs sur les 220 DTC ce qui paraît peu concordant avec la littérature qui en retrouve entre 8 et 10% [26]. Il est probable que nous ayons créé un biais dans notre étude en ne sollicitant pas de nouveau les sujets jugés peu échogènes par un médecin expérimenté.

Les résultats de cette étude soulèvent de nouvelles questions. Tout d'abord il serait intéressant de savoir comment ces performances évoluent dans le temps à distance de la formation initiale. Savoir s'il existe une persistance des capacités acquises, une amélioration ou bien une perte des acquis avec de nouvelles mesures à distances des premières.

D'autre part, un registre sera mis en place dans les services d'urgences et de médecine préhospitalière afin de définir la faisabilité de cet examen dans les conditions réelles.

De façon inattendue, cette étude a permis d'observer une sensibilisation des équipes paramédicale et médicale du SMUR Corbeil à l'usage de l'échographie en préhospitalier. Cet usage est souvent perçu par un grand nombre comme une perte de temps sur le terrain. Notre étude a permis de consacrer du temps hors intervention à cet examen. Certains en ont profité pour assister à la formation théorique et ainsi à mieux comprendre l'intérêt du DTC. La plupart de l'équipe a été utilisée en temps que sujet sain. Le temps du chronométrage de l'examen leur a permis de se familiariser avec l'échographe et la manipulation des commandes. Par la suite lors des interventions, l'équipe paramédicale a pu s'investir lors de l'utilisation de l'échographe, le paramétrer avant son utilisation et aider le médecin lors de l'examen lorsque ses conditions d'installation ne lui permettaient pas une manipulation optimale des commandes. De plus nous avons noté une majoration de l'utilisation de l'échographe par les médecins formés lors de notre étude.

CONCLUSION

Le DTC est un examen facile d'apprentissage. A la suite d'une formation théorique rapide, et dès la répétition de 6 Doppler transcrâniens, un médecin novice est capable d'effectuer un Doppler en moins de 2 minutes par côté. Cette capacité semble persister dans le temps, ce qui reste à confirmer par de nouveaux essais plus à distance.

Cet apprentissage paraît plus simple que celui des autres types d'échographies ciblées utilisées en médecine d'urgence.

Cette première étude a été réalisée sur des volontaires sains. Elle nécessite d'être complétée par un registre recueillant ces données dans le contexte préhospitalier chez des patients cérébrolésés.

Cette technique est actuellement utilisée de façon majoritaire dans des services spécialisés tels que la réanimation neurochirurgicale ou les salles de réveil lors de l'accueil du polytraumatisé. La formation au DTC étant très accessible elle devrait se diffuser au sein des urgentistes afin d'améliorer la prise en charge initiale du patient cérébrolésé.

RÉFÉRENCES

1. Chesnut RM, Marshall LF, Klauber MR, Blunt BA, Baldwin N, Eisenberg HM, et al. The role of secondary brain injury in determining outcome from severe head injury. *J Trauma* 1993; 34:216–22.
2. Martin NA, Patwardhan RV, Alexander J, Africk CZ, Lee JH, Shalmon E, et al. Characterization of cerebral hemodynamic phases following severe head trauma: hypoperfusion, hyperemia, and vasospasm. *J Neurosurg* 1997; 87:9–19
3. van Santbrink H, Schouten JW, Steyerberg EW, Avezaat CJ, Maas AI. Serial transcranial Doppler measurements in traumatic brain injury with special focus on the early posttraumatic period. *Acta Neurochir (Wien)* 2002; 144:1141–1149
4. Moeschler O, Boulard G, Ravussin P. Concept d’Agression Cérébrale Secondaire d’Origine Systémique (ACSOS). *Ann Fr Anesth Réanim* 1995;14:114-121
5. Rouxel JP, Tazarourte K, Le Moigno S, Ract C, Vigue B. Prise en charge préhospitalière des traumatisés crâniens. *Ann Fr Anesth Reanim* 2004; 23:6–14
6. Brain Trauma Foundation. Guidelines for the management of severe traumatic brain injury. *J Neurotrauma* 2007; 24: S1-106
7. ANAES. Prise en charge des traumatisés crâniens à la phase précoce. *Ann Fr Anesth Réanim* 1999; 18: 1-172
8. Ract C, Le Moigno S, Bruder N, Vigué B. Transcranial Doppler ultrasound goal-directed therapy for the early management of severe traumatic brain injury. *Intensive Care Med* 2007;33:645–51
9. Vigue B, Ract C, Benayed M, Zlotine N, Leblanc PE, Samii K, Bissonette B. Early SvJO2 in patients with severe brain traum. *Int Care Med* 1999;25:445-451
10. Rouxel JP, Tazarourte K, Le Moigno S, Ract C, Vigué B. Prise en charge préhospitalière des traumatisés crâniens. *Ann Fr Anesth Reanim* 2004;23:6–14.
11. Jaffres P, Brun J, Decléty P, Bosson JL, Fauvage B, Schleiermacher A, et al. Transcranial Doppler to detect on admission patients at risk for neurological deterioration following mild and moderate brain trauma. *Intensive Care Med* 2005; 31:785-90.
12. Jaffres P, Francony G, Bouzat P, Brun J, Decléty P, Fauvage B, et al. Le doppler transcrânien aux urgences chez le traumatisé crânien. *Réanimation*. 2007 Novembre-Décembre;16(7–8):665-672
13. Tazarourte K, Atchabahian A, Tourtier J-P, David J-S, Ract C, Savary D, et al. Pre-hospital transcranial Doppler in severe traumatic brain injury: a pilot study. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2011; 55:422–28.

14. American College of Emergency Physicians Board of Directors. ACEP Emergency Ultrasound Guidelines 2008.
Disponible sur : <http://www.acep.org/WorkArea/DownloadAsset.aspx?id=32878>.
15. Lapostolle F, Petrovic T, Lenoir G, Catineau J, Galinski M, Metzger J, et al. Usefulness of hand-held ultrasound devices in out-of-hospital diagnosis performed by emergency physicians. *Am J Emerg Med* 2006; 24: 237–42.
16. Aaslid R, Markwalder TM, Nornes H. Noninvasive transcranial Doppler ultrasound recording of flow velocity in basal cerebral arteries. *J Neurosurg* 1982; 57:769–774
17. Vigué B, Tazarourte K, Geeraerts T, Ract C, Duranteau J. Le doppler transcrânien en réanimation, *Réanimation*, Volume 16, Issue 6, October 2007, Pages 538-545
18. Shackford SR, Rogers GB, Osler TM et al. Focused abdominal sonogram for trauma: the learning curve of nonradiologist clinicians in detecting hemoperitoneum. *J. Trauma* 1999; 46: 553–62.
19. Jang T, Sineff S, Naunheim R et al. Residents should not independently perform focuses abdominal sonography for trauma after 10 training examinations. *J. Ultrasound. Med.* 2004; 23:793–7.
20. Gracias VH, Frankel HL, Gupta R et al. Defining the learning curve for the focused abdominal sonogram for trauma (FAST) examination : implications for credentialing. *Am. Surg.* 2001; 67:364–8.
21. Ma OJ, Gaddis G, Norvell JG, Subramanian S. How fast is the focused assessment with sonography for trauma examination learning curve? *Emerg Med Australas.* 2008 Feb;20(1):32-7.
22. Gaspari RJ, Dickman E, Blehar D. Learning curve of bedside ultrasound of the gallbladder. *J Emerg Med.* 2009 Jul;37(1):51-6.
23. Jang TB, Ruggeri W, Dyne P, Kaji AH. Learning curve of emergency physicians using emergency bedside sonography for symptomatic first-trimester pregnancy. *J Ultrasound Med.* 2010 Oct;29(10):1423-8.
24. Jang TB, Casey RJ, Dyne P, Kaji A. The learning curve of resident physicians using emergency ultrasonography for obstructive uropathy. *Acad Emerg Med.* 2010 Sep;17(9):1024-7
25. Engrand N, Abderraim N, Démolis P, Leblanc PE, Cheisson G, Martin L, Vigué B. Doppler transcrânien en réanimation : étude Juniors contre Seniors. *SFAR* 2000;R378: 227s
26. White H, Venkatesh B. Applications of transcranial Doppler in the ICU: a review. *Intensive Care Med.* 2006; 32: 981-94.

RÉSUMÉ

Introduction : L'ischémie cérébrale est la principale cause d'aggravation secondaire des patients cérébrolésés. Sa prévention est primordiale et réalisable dès la phase pré hospitalière. Cependant l'examen clinique seul ne permet pas d'évaluer la perfusion cérébrale. Le Doppler transcrânien permet d'estimer précocement le débit sanguin cérébral par la mesure des vitesses cérébrales. Il permet ainsi d'adapter la thérapeutique immédiatement et d'orienter le patient. Les guidelines de l'ACEP 2008 recommandent un entraînement minimum de 25 échographies pour la FAST écho. Il n'existe pas actuellement d'étude publiée concernant la courbe d'apprentissage du Doppler transcrânien.

Matériel et méthodes : L'étude inclut 22 participants novices qui bénéficient d'une formation théorique de 30 minutes et de 15 minutes de démonstration pratique sur la technique du Doppler transcrânien. Chaque participant effectue une série de 10 Doppler transcrâniens bilatéraux sur des sujets sains.

Ces examens sont chronométrés, 3 temps sont retenus correspondant au repérage de l'artère cérébrale moyenne, à l'acquisition du spectre Doppler et à l'obtention des valeurs de l'index de pulsativité (IP), des vitesses systolique, diastolique et moyenne.

Les temps mesurés ont été comparés par des tests de Friedman, puis par comparaisons 2 à 2 par des tests de Wilcoxon avec correction du p.

Résultats: A partir du 6ème essai, les temps moyens pour obtenir une IP sont toujours inférieurs à 100 secondes, significativement plus faibles qu'au 1er essai ($p < 0.05$), avec un 3ème quartile toujours inférieur à 120 secondes.

Conclusion :

Le DTC est un examen facile d'apprentissage. A la suite d'une formation rapide et dès la répétition de 6 Doppler transcrâniens, un médecin novice est capable d'effectuer un Doppler en moins de 2 minutes par côté. Cette capacité semble persister dans le temps, ce qui reste à confirmer par de nouveaux essais plus à distance. Un registre de pratique sur l'étude de la faisabilité du DTC en condition préhospitalière est à mettre en place.

Mots clés : Doppler transcrânien, préhospitalier, courbe d'apprentissage, traumatisme crânien.



UNIVERSITE DE POITIERS

Faculté de Médecine et de
Pharmacie



SERMENT



En présence des Maîtres de cette école, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure, au nom de l'Etre Suprême, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine. Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans l'intérieur des maisons mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe ; ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime. Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

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



RÉSUMÉ

Introduction : L'ischémie cérébrale est la principale cause d'aggravation secondaire des patients cérébrolésés. Sa prévention est primordiale et réalisable dès la phase pré hospitalière. Cependant l'examen clinique seul ne permet pas d'évaluer la perfusion cérébrale. Le Doppler transcrânien permet d'estimer précocement le débit sanguin cérébral par la mesure des vitesses cérébrales. Il permet ainsi d'adapter la thérapeutique immédiatement et d'orienter le patient. Les guidelines de l'ACEP 2008 recommandent un entraînement minimum de 25 échographies pour la FAST écho. Il n'existe pas actuellement d'étude publiée concernant la courbe d'apprentissage du Doppler transcrânien.

Matériel et méthodes : L'étude inclut 22 participants novices qui bénéficient d'une formation théorique de 30 minutes et de 15 minutes de démonstration pratique sur la technique du Doppler transcrânien. Chaque participant effectue une série de 10 Doppler transcrâniens bilatéraux sur des sujets sains.

Ces examens sont chronométrés, 3 temps sont retenus correspondant au repérage de l'artère cérébrale moyenne, à l'acquisition du spectre Doppler et à l'obtention des valeurs de l'index de pulsativité (IP), des vitesses systolique, diastolique et moyenne.

Les temps mesurés ont été comparés par des tests de Friedman, puis par comparaisons 2 à 2 par des tests de Wilcoxon avec correction du p.

Résultats: A partir du 6ème essai, les temps moyens pour obtenir une IP sont toujours inférieurs à 100 secondes, significativement plus faibles qu'au 1er essai ($p < 0.05$), avec un 3ème quartile toujours inférieur à 120 secondes.

Conclusion :

Le DTC est un examen facile d'apprentissage. A la suite d'une formation rapide et dès la répétition de 6 Doppler transcrâniens, un médecin novice est capable d'effectuer un Doppler en moins de 2 minutes par côté. Cette capacité semble persister dans le temps, ce qui reste à confirmer par de nouveaux essais plus à distance. Un registre de pratique sur l'étude de la faisabilité du DTC en condition préhospitalière est à mettre en place.

Mots clés : Doppler transcrânien, préhospitalier, courbe d'apprentissage, traumatisme crânien.