



Disponible en ligne sur www.sciencedirect.com



journal homepage: <http://france.elsevier.com/direct/REAURG/>



MISE AU POINT

Le doppler transcrânien aux urgences chez le traumatisé crânien

Use of transcranial doppler at the emergency room for head-injured patients

P. Jaffres, G. Francony, P. Bouzat, J. Brun, P. Declety, B. Fauvage, C. Jacquot, J.-F. Payen*

Pôle anesthésie-réanimation, hôpital Albert-Michallon, B.P. 217, 38043 Grenoble cedex 9, France

Disponible sur Internet le 15 octobre 2007

MOTS CLÉS

Doppler
transcrânien ;
Traumatisme
crânien ;
Urgences

KEYWORDS

Transcranial doppler;
Traumatic brain
injury;
Emergency room

Résumé La majorité des patients admis aux urgences pour un traumatisme crânien (TC) sont victimes d'un TC mineur (score de Glasgow 14–15) ou modéré (score de Glasgow 9–13). Cependant, le risque d'aggravation neurologique secondaire de ces patients est réel (1–30%). En traumatologie crânienne, le scanner cérébral est l'examen de référence pour mettre en évidence des lésions intra- ou extraparenchymateuses, mais il peut être pris en défaut pour prédire le risque d'aggravation neurologique. Largement utilisé en réanimation, le doppler transcrânien (DTC) est une technique non invasive mesurant la vitesse sanguine dans les principales artères cérébrales dont l'artère cérébrale moyenne. Ainsi, la mise en évidence d'une baisse de la vitesse diastolique (VD) et d'une augmentation de l'index de pulsatilité (IP) témoigne d'une baisse de la perfusion cérébrale. Aux urgences, ces signes peuvent être présents y compris chez des patients ayant un scanner cérébral normal ou peu contributif, et sont associés à une détérioration neurologique secondaire. Dans ce contexte, le DTC aurait un rôle d'alerte pour optimiser le traitement et le mode de surveillance de ces patients, en complément de l'examen clinique et du scanner cérébral.

© 2007 Société de réanimation de langue française. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Summary The vast majority of patients with traumatic brain injury (TBI) are those admitted to the emergency room for mild (Glasgow coma scale score 14–15) or moderate (Glasgow coma scale score 9–13) brain trauma. These patients are, however, at risk for secondary neurological deterioration. Although computed tomography (CT) is the reference technique to identify intra- and extracerebral lesions in those TBI patients, it may lack of performance to detect which patients are at risk for secondary neurological deterioration. Transcranial doppler (TCD) is a noninvasive method that records cerebral blood flow velocity of major brain arteries and provides useful information on cerebral haemodynamics. Cerebral hypoperfusion results in low diastolic velocity (FV_d) and in increased pulsatility index (PI) in severe TBI. Those signs can be

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : jfpayen@ujf-grenoble.fr (J.-F. Payen).

seen on admission at the emergency room even in patients with normal or minor CT findings, and are associated with secondary neurological deterioration. Therefore, the use of TCD at the emergency room could be of value in detecting high-risk patients with mild and moderate TBI to optimize their monitoring and treatment, in association with clinical and CT examination.

© 2007 Société de réanimation de langue française. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

L'incidence annuelle des patients hospitalisés à la suite d'un traumatisme crânien (TC) est estimée entre 150 et 300 pour 100 000 habitants, ce qui représente la cause la plus fréquente d'hospitalisation publique en France. Plus de 80 % des TC sont des TC mineurs (score de Glasgow 14–15) [1] et sont admis aux urgences pour un dépistage des patients à risque d'aggravation neurologique secondaire. Cependant, l'examen clinique initial et le scanner cérébral peuvent être pris en défaut pour apprécier ce risque. Puisque le doppler transcrânien (DTC) est un outil simple d'analyse de l'hémodynamique intracérébrale, sa place aux urgences pourrait améliorer le dépistage des patients à risque après un TC peu grave.

Le traumatisme crânien aux urgences

Le TC mineur de l'adulte correspond à un TC avec perte de connaissance et/ou amnésie post-traumatique et un score de Glasgow de 14 à 15 au moment de l'admission. L'incidence du TC mineur est la plus forte chez les hommes entre 15 et 24 ans et dans les deux sexes au-delà de 75 ans. Ces patients peuvent avoir des lésions intracérébrales dans 8 à 10 % des cas, le recours à une indication neurochirurgicale évacuatrice dans 1 % des cas et un risque de décès estimé à 0,1 % [2–4]. Malgré leur faible gravité initiale, le suivi post-traumatique révèle qu'un pourcentage significatif de ces patients (20–30 %) peut garder des séquelles à un an, ne les autorisant pas à retrouver la qualité de vie qu'ils avaient auparavant : troubles cognitifs et troubles de l'humeur, céphalées, gêne dans les gestes de la vie quotidienne [1]. Six mois après un TC mineur, 32 % des patients déclarent avoir une importante fatigabilité, limitant leur activité [5]. Les séquelles post-traumatiques sont favorisées par l'âge, par des troubles neurologiques préexistants et par l'association à des lésions extracrâniennes au moment du traumatisme. Les TC mineurs de l'adulte sont donc fréquents et sources d'une détérioration possible de la qualité de vie.

Cela étant, le point le plus important reste la notion d'une aggravation neurologique précoce, c'est-à-dire avant la quarante-huitième heure post-traumatique, pour des patients ayant un score initial de Glasgow élevé : « *patients who talk and deteriorate into coma* » [6,7]. L'incidence de cette aggravation est très variable, entre 1 et 30 % selon les études. La cause principale de cette aggravation est une lésion hémorragique intracrânienne exerçant un effet de masse : contusion, hématome intracérébral, hématome sous-dural, hématome extradural. Cette aggravation neurologique secondaire est responsable d'un décès ou d'un état paucirelationnel dans 30 % des cas. Ce lourd tribut est lié principalement au retard diagnostic face à l'aggravation neurologique secondaire d'un patient a priori peu grave initialement : surveillance à domicile non effectuée, surveillance neurologique défaillante en milieu hospitalier,

erreur d'interprétation de l'imagerie. La réalisation trop précoce de la tomodensitométrie (TDM) cérébrale, c'est-à-dire dans les deux premières heures post-traumatiques, peut aussi méconnaître des lésions qui seront significatives ultérieurement [8]. Dès lors, le dépistage des lésions intracrâniennes est un objectif essentiel à l'admission d'un patient avec TC mineur. Pour stratifier le risque d'avoir une lésion intracrânienne visible en TDM, Servadei et al. ont décrit trois groupes de patients [9] :

- le groupe à faible risque est celui ayant un score de Glasgow à 15, sans perte de connaissance ni amnésie, vomissements ou céphalées. Dans ce groupe, l'incidence d'un hématome intracrânien d'indication chirurgicale est inférieure à 0,1 % ;
- le groupe à risque modéré est celui ayant un score de Glasgow à 15, avec l'un des symptômes suivants : perte de connaissance, amnésie, vomissements, céphalées. Dans ce groupe, l'incidence d'un hématome intracrânien d'indication chirurgicale est de 1 à 3 % ;
- le groupe à risque élevé est celui ayant un score de Glasgow à 15 ou 14, avec fracture de la voûte crânienne et/ou un déficit neurologique. Dans ce groupe, l'incidence d'un hématome intracrânien d'indication chirurgicale est de 6 à 10 %. La présence d'un trouble de l'hémostase, d'une consommation d'alcool ou de stupéfiants, d'antécédents de convulsions ou de neurochirurgie, d'un âge supérieur à 60 ans, place ces patients dans le groupe à haut risque, quelle que soit leur présentation clinique.

La pression médicolégale et économique aidant, tous ces éléments ont suscité une réflexion sur la meilleure stratégie pour réduire le risque d'erreur de prise en charge. Cette stratégie peut se résumer en deux questions : quel(s) examen(s) faire à l'admission pour dépister avec le maximum d'efficacité les patients à risque de lésions intracrâniennes ? Comment prédire l'aggravation neurologique secondaire de ces patients ?

Quels examens de dépistage à l'admission ?

Il est unanimement admis que la TDM sans injection reste l'examen de référence, dotée d'une sensibilité proche de 100 % pour dépister les lésions hémorragiques intracrâniennes. Inversement, la valeur prédictive négative de la TDM est proche de 100 % pour les lésions d'indication neurochirurgicale : sur 1788 patients avec TDM normale à l'admission, cinq patients ont eu besoin d'une intervention neurochirurgicale [10]. La réalisation de radiographies du crâne n'a d'intérêt qu'en cas d'indisponibilité de la TDM [11]. Cela étant, la prescription systématique d'une TDM cérébrale a été mise en question, au profit d'une approche raisonnée, ciblée sur des patients à risque d'avoir une lésion

intracrânienne. Ainsi, une première approche a isolé des critères pour optimiser le rendement de la TDM : âge supérieur à 60 ans, céphalées, vomissements, prise d'alcool ou de stupéfiants, amnésie des faits récents, convulsions, traumatisme crâniocervical [4]. La présence d'au moins un de ces sept critères a permis d'atteindre une sensibilité de détection de 100% pour une spécificité de 24,5%, c'est-à-dire une absence de lésions visibles en TDM pour 74,5% des patients ayant un des sept critères. L'absence de ces sept critères était dotée d'une valeur prédictive négative de 100%. Cette approche a été adoptée aux États-Unis sous le terme de New Orleans Criteria (NOC) afin de réduire les indications jugées excessives de TDM après TC mineur [11].

Une autre approche, Canadian CT Head Rule (CCHR), a été construite pour dépister en TDM les lésions intracrâniennes chirurgicales [3]. Ainsi, la TDM était indiquée si le patient avait l'un des cinq facteurs de risque majeur : âge supérieur ou égal à 65 ans, impossibilité d'obtenir un score de Glasgow à 15 dans les deux heures post-traumatiques, suspicion de fracture ouverte de la voûte crânienne, signes de fracture de la base du crâne, épisodes de vomissements, auxquels s'ajoutent deux facteurs de risque modéré : amnésie de 30 minutes, choc violent. Dans cette étude, la sensibilité pour détecter des lésions visibles en TDM était de 98,4% et la spécificité de 49,6%.

Ces recommandations (NOC et CCHR) ont été récemment comparées dans deux études auprès de patients ayant un score de Glasgow compris entre 13 et 15 [12,13]. Les deux recommandations sont proches quant à leur performance diagnostique. CCHR permet la détection de tous les cas nécessitant une intervention neurochirurgicale et entraîne une diminution plus forte des indications de TDM par rapport à NOC. Cela étant, CCHR néglige la détection des lésions intracrâniennes non chirurgicales ce qui constitue un frein à son utilisation pour beaucoup de praticiens.

Comment prédire l'aggravation neurologique secondaire ?

Une fois détectées par la TDM, les lésions intracrâniennes peuvent aggraver le statut neurologique du patient par différents mécanismes : effet de masse, œdème cérébral, convulsions... Or l'appréciation du devenir neurologique des patients avec TC mineur et lésions intracrâniennes est difficile. Le dosage sanguin de la protéine S100 β n'a pas de valeur pronostique. La classification TDM de la Trauma Coma Data Bank (TCDB) a été construite pour les patients ayant un TC grave (Tableau 1) [14]. Cette classification TDM donne un degré de gravité en fonction des lésions cérébrales ; elle est corrélée au pronostic à long terme mais manque de sensibilité pour les lésions cérébrales diffuses. De plus, cette classification est moins performante pour estimer le pronostic neurologique à un an que d'autres variables : l'âge, le score initial de Glasgow, la réactivité des pupilles, la présence ou non de sang dans les espaces sous-arachnoïdiens [15]. Enfin, la persistance d'une lésion hémorragique intracrânienne à la deuxième TDM n'entraîne aucune modification thérapeutique si l'état clinique du patient reste normal [16]. Dans ce contexte, le DTC réalisé à l'admission de ces patients pourrait être une aide au

Tableau 1 Classification de Marshall et al. selon la Traumatic Coma Data Bank (TCDB) [14].

Classe I	Pas de lésion intracrânienne visible
Classe II	Lésions hyperdenses de volume inférieur à 25 ml, citernes de la base visibles, déviation de la ligne médiane inférieure à 5 mm
Classe III	Lésions hyperdenses de volume inférieur à 25 ml, citernes de la base comprimées ou absentes, déviation de la ligne médiane inférieure à 5 mm
Classe IV	Déviation de la ligne médiane supérieure à 5 mm, lésions de volume inférieur à 25 ml
Classe V	Lésion de masse chirurgicale
Classe VI	Lésion hyperdense de volume supérieur à 25 ml, non chirurgicale

dépistage des patients à risque, en complément des données cliniques et de la TDM.

Le doppler transcrânien

Principes de mesure

Le DTC est un examen non invasif permettant l'étude vélocimétrique des vaisseaux intracrâniens par l'intermédiaire d'un faisceau d'ultrasons. C'est un moyen d'étude de l'hémodynamique cérébrale au lit du patient dont l'intérêt est largement répandu en réanimation neurologique [17–19]. Le principe est basé sur l'effet Doppler qui, dans ses applications médicales, étudie les différences de fréquence entre un signal sonore émis et un signal sonore reçu. On mesure ainsi la vélocité des éléments figurés du sang (globules rouges) dans les vaisseaux intracrâniens. Cette mesure permet de calculer le débit sanguin dans un vaisseau si l'on connaît son diamètre ou d'estimer les variations de ce débit si le diamètre du vaisseau reste constant, ce qui est le cas des artères du polygone de Willis. Le DTC fonctionne en mode Doppler pulsé. Pour obtenir un signal à travers la barrière des os du crâne, ce signal doit être de basse fréquence (2 MHz) et de forte puissance acoustique. La réalisation du DTC est possible avec deux types d'appareils :

- le doppler exclusif ou à l'insu. Ces appareils légers, mobiles, sont bien adaptés à une utilisation dans les services d'urgence. Ils sont très utilisés dans les services de réanimation pour leur capacité à mesurer en continu les variations de l'hémodynamique cérébrale à l'aide d'un casque. L'analyse du signal Doppler se fait soit de façon auditive, avec un son d'autant plus aigu que les vitesses des globules rouges sont accélérées, soit sur un écran portant les fréquences (Hz) ou les vitesses (cm/s) en ordonnées, et le temps (s) en abscisse. Quand les globules rouges se dirigent vers la sonde, le flux sanguin est positif, et inversement. Par convention, le flux sanguin est rouge en doppler couleur quand il est positif et bleu quand il est négatif ;
- l'échographie-doppler, disponible sur de nombreux appareils d'échographie utilisés en réanimation et dans les services d'urgence. Les vaisseaux sont repérés par échographie avant la mesure Doppler.

L'artère cérébrale moyenne (ACM), ou artère sylvienne, est la plus importante d'un point de vue fonctionnel (60% du débit sanguin cérébral). C'est cette artère qui est recherchée lors du DTC à l'insu, selon la technique décrite par Aaslid et al. [20]. L'échographie permet de repérer les artères cérébrales par visualisation directe afin d'optimiser la fenêtre Doppler [21] (Fig. 1). Bien que le crâne soit peu perméable aux ultrasons, il existe trois fenêtres acoustiques, temporale, orbitaire et occipitale, dont la faible épaisseur de l'os permet l'examen doppler à basse fréquence. C'est la fenêtre temporale qui est utilisée en pratique courante : elle se situe au-dessus de l'apophyse zygomatique, entre le rebord orbitaire externe et le tragus, avec l'oreille externe en arrière, la limite du cuir chevelu en haut et la paroi latérale de l'orbite en avant (Fig. 1). Cette fenêtre permet l'étude de l'ACM, de l'artère cérébrale antérieure (ACA), de l'artère cérébrale postérieure (ACP) et de la terminaison de l'artère carotide interne. Le repérage artériel en DTC se fait grâce à six critères d'identification : la voie d'abord, l'orientation de la sonde, la profondeur du signal, le sens du flux, le signal sonore, la réponse aux manœuvres de compression vasculaire. Pour la recherche de l'ACM, la profondeur moyenne chez des volontaires sains est de 47 mm [22]. La réalisation du DTC est possible dans un environnement préhospitalier et un examen de bonne qualité est obtenu en 30 minutes aux urgences [23].

Les vitesses circulatoires sont calculées par l'appareil en fonction de l'angle d'insonation entre le faisceau ultrasonore et le vaisseau. En pratique, une profondeur de 50 mm et une orientation de la sonde perpendiculaire au plan de l'os temporal permettent de recueillir le signal de l'ACM [20]. Quelques oscillations brèves sur la carotide primitive homolatérale se traduisent par des oscillations du signal Doppler. Un autre critère confirmant la bonne position sur l'ACM est l'augmentation progressive de la profondeur d'insonation qui aboutit au signal bidirectionnel de la bifurcation carotidienne, puis au signal négatif de l'ACA. Ce carrefour est à rechercher systématiquement : il se situe habituellement à 61,5 mm chez l'homme et 59,1 mm chez la femme [24]. Ce repérage est bien sûr facilité par l'utilisation de l'échographie qui visualise toutes les artères du polygone de Willis (Fig. 1).

L'analyse spectrale permet de calculer la vitesse systolique (VS), la vitesse diastolique (VD), la vitesse moyenne (VM) et deux index principaux : l'index de pulsatilité (IP) et l'index de résistance (IR). La VS est l'enveloppe du spectre au pic systolique ; elle est fonction de la pression artérielle systémique et du débit cardiaque. La VD est l'enveloppe du spectre en fin de diastole ; elle varie en fonction des résistances vasculaires d'aval, qui sont dépendantes de la PaCO₂ et de la pression de perfusion cérébrale (PPC) avec PPC = pression artérielle moyenne (PAM) – pression intracrânienne (PIC). La VM est la valeur moyenne de la vitesse d'enveloppe du spectre au cours du cycle cardiaque ; elle correspond à l'aire sous la courbe du spectre d'enveloppe. Il existe des fourchettes de valeurs pour VM, VS et VD, qui sont variables selon l'âge du patient (Tableau 2).

Les index IP et IR permettent de s'affranchir de l'angle d'insonation dans l'interprétation des mesures DTC. L'IP est défini par la formule : $(VS - VD)/VM$. Les valeurs normales d'IP sont inférieures ou égales à 1. Lorsque VD est diminuée, la présence d'un IP élevé élimine l'effet d'un mauvais angle

Tableau 2 Valeurs normales des vitesses sanguines dans l'artère cérébrale moyenne mesurées par doppler transcrânien chez l'adulte.

	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 : vitesse systolique ; VD : vitesse diastolique ; VM : vitesse moyenne ; IP : index de pulsatilité.

d'insonation. L'IP est étroitement dépendant de la PPC et de la PaCO₂ ; en cas de baisse de la PPC (hypotension artérielle, hypertension intracrânienne) ou d'hypocapnie, l'IP est augmenté [25]. Ainsi, une corrélation positive a été montrée entre la valeur d'IP et celle de la PIC [26]. L'IR de Lindgaard (IL) est défini par la formule : $VM(ACM)/VM(ACI)$; les valeurs normales sont comprises entre 1,3 et 2,1. Cet index est surtout utilisé en réanimation neurochirurgicale pour le dépistage d'un vasospasme artériel au cours d'une hémorragie sous-arachnoïdienne ; dans ce cas, une valeur d'IR supérieure à 3 est prédictive d'un vasospasme.

Il existe des précautions méthodologiques pour interpréter correctement le signal Doppler. La mesure DTC doit être obtenue à partir d'un tracé stable sur dix cycles cardiaques. Elle doit être bilatérale ; il est habituel d'observer une légère différence entre les deux côtés, mais au-delà de 20% de différence, l'asymétrie du signal Doppler est considérée comme significative et doit faire évoquer une lésion intracrânienne : hématome extradural, sous-dural ou intraparenchymateux (Fig. 2). Par ailleurs, un DTC asymétrique avec un IP normal doit conduire à la réalisation d'une TDM injectée avec coupes sur les troncs supra-aortiques à la recherche d'une lésion carotidienne (dissection, thrombus) (Figs. 2 et 3). Par ailleurs, les mesures DTC sont fortement influencées par des variables physiologiques : PAM, PaCO₂, SaO₂, taux d'hémoglobine. Il est donc impératif que les mesures DTC soient réalisées chez des patients stabilisés, sans défaillance hémodynamique ou respiratoire. Il faut enfin rappeler que le DTC mesure des vitesses sanguines à partir desquelles une estimation du débit sanguin cérébral est faite. Dans ce contexte, la répétition de la mesure DTC est un élément important pour analyser des variations du signal Doppler, témoins d'une aggravation neurologique ou d'une amélioration secondaire à un traitement approprié.

Utilisation du DTC dans le TC grave

Les premières heures d'un TC grave (score de Glasgow inférieur à 9) sont marquées par une phase d'hypoperfusion cérébrale ou olighémie ; les vitesses sanguines (VM et VD) diminuent et l'IP augmente ; cette hypoperfusion cérébrale est surtout marquée lors des huit premières heures du TC (Fig. 4). Cette phase d'olighémie est suivie d'une phase d'hyperhémie à PPC constante ; VM et VD sont augmentées et l'IP est diminué [27]. Ainsi, il est possible de faire grâce au DTC un diagnostic rapide du statut hémodynamique intracérébral du patient. De plus, la mesure DTC vérifie l'absence d'une olighémie d'origine systémique (VS basse), qu'il faut

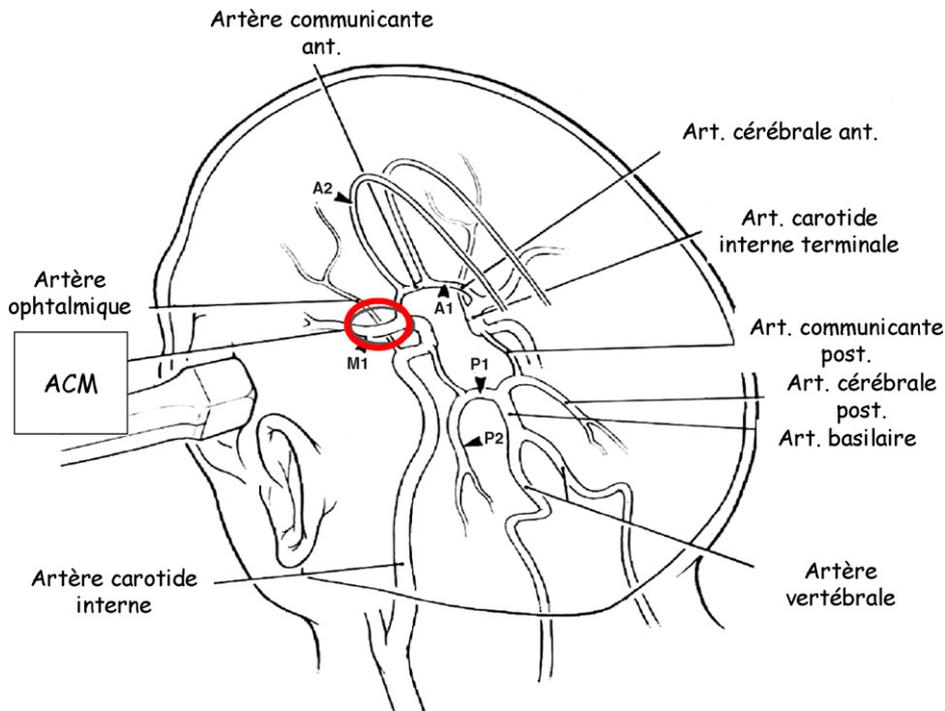


Figure 1 Doppler transcrânien réalisé en fenêtre temporelle. Position de la sonde Doppler et aspect du réseau artériel. ACM: artère cérébrale moyenne.

Il faut corriger avant d'interpréter le statut hémodynamique intracérébral du patient (Fig. 5). Ainsi, dès l'admission du patient ayant un TC grave, les mesures DTC permettent de dépister une hypoperfusion cérébrale pour une décision thérapeutique immédiate.

Les études DTC réalisées dès l'admission d'un TC grave révèlent que VM, VD et IP sont des paramètres liés à la gravité initiale du TC et sont associées à l'évolution neurologique des patients. Chez 121 patients ayant un TC, des valeurs de VM inférieures à 30cm/s pouvaient

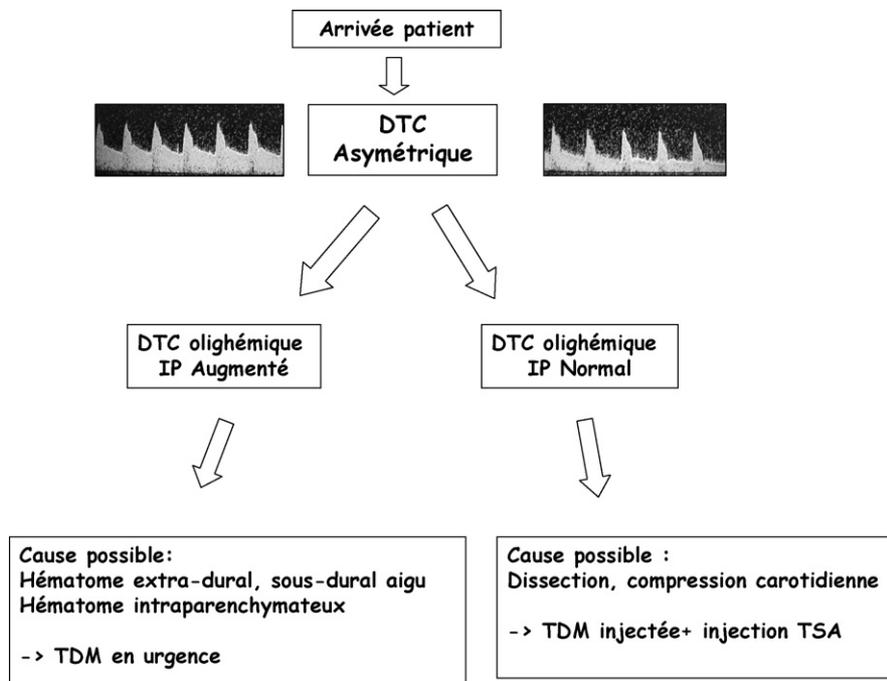


Figure 2 Algorithme d'interprétation d'une asymétrie droite-gauche sur le tracé doppler transcrânien d'un traumatisé crânien réalisé à l'admission.

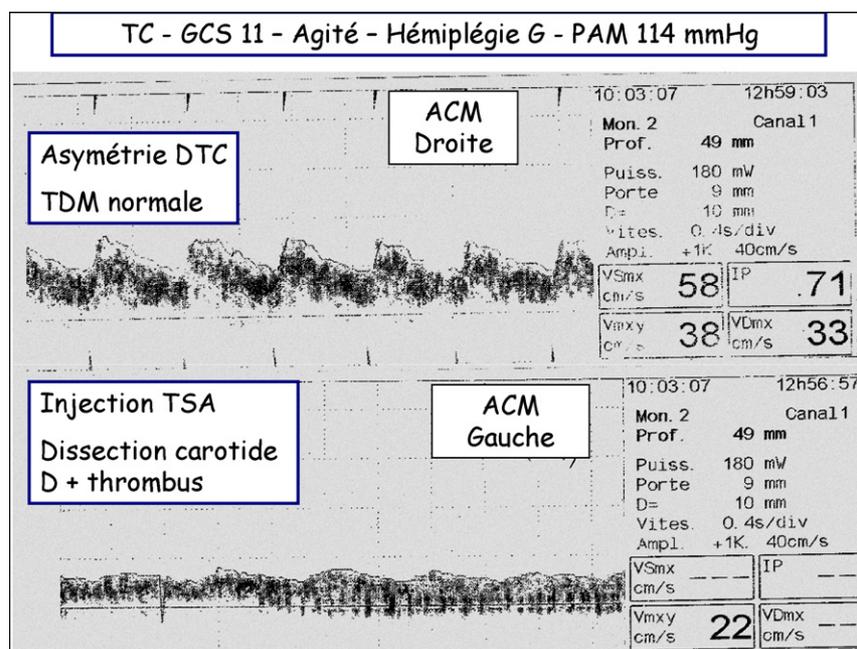


Figure 3 Exemple d'un tracé doppler transcrânien asymétrique. Enregistrement doppler d'une dissection carotidienne gauche traumatique. Le tracé doppler est asymétrique, la TDM cérébrale est normale, la TDM injectée montre une sténose carotidienne (hématome disséquant).

prédire le décès précoce dans 80% des cas [28]. Chez des enfants ayant un TC grave, des valeurs seuils de VD inférieures à 25 cm/s et d'IP supérieures à 1,3 ont été associées à une évolution neurologique défavorable [29]. L'impact de la mesure précoce du DTC sur la décision thérapeutique a récemment été démontré [30]. Dans cette étude, 11 patients sur 24 avaient des valeurs DTC anormales à leur admission (VM < 30 cm/s, VD < 20 cm/s,

IP > 1,4). Ces mesures DTC obtenues en moins de 30 minutes ont permis la mise en route immédiate d'un traitement visant à restaurer une PPC optimale (remplissage vasculaire, amines, osmothérapie), avant d'obtenir une mesure de la PIC (délai d'obtention de quatre heures) [30]. Des études plus larges sont nécessaires pour confirmer l'intérêt de cette approche sur l'évolution neurologique des patients.

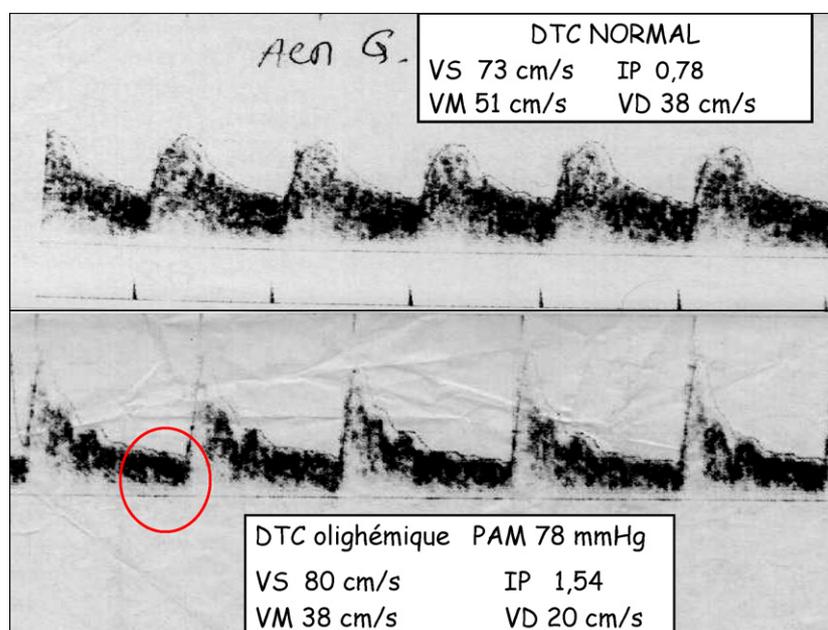


Figure 4 Exemples d'un tracé doppler transcrânien normal et d'un tracé doppler olighémique réalisé à l'admission d'un traumatisé crânien mineur qui s'est aggravé secondairement à j2; on remarque la valeur basse de la vélocité diastolique (VD) et l'index de pulsativité (IP) qui est augmenté.

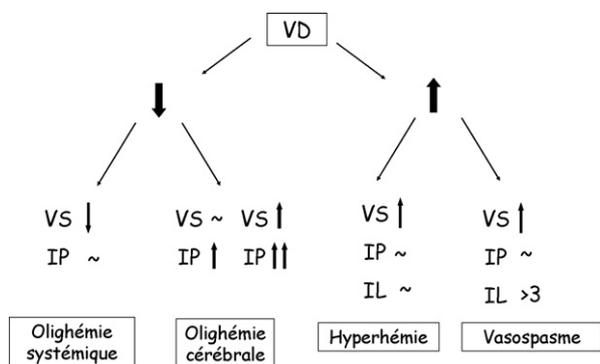


Figure 5 Schéma d'interprétation des valeurs du doppler transcrânien réalisé à l'admission du traumatisé crânien.

Le DTC est une source d'information importante avant un monitoring invasif intracérébral ; une estimation non invasive de la PPC a été proposée selon la formule : $PPC \text{ estimée} = PAM \times (VD/VM) + 14$, à partir de laquelle on calcule la PIC estimée [31]. Cette estimation de la PPC est correcte (marge d'erreur inférieure à 10 mm Hg) chez 70 % des patients seulement. L'évolution vers une hypertension intracrânienne réfractaire peut s'accompagner d'un aplatissement de la courbe diastolique, voire d'une disparition de VD, ce qui signe un arrêt circulatoire cérébral.

Utilisation du DTC aux urgences

Très peu d'études ont évalué la place du DTC aux urgences comme outil de dépistage des patients admis pour TC mineurs et modérés, à risque d'aggravation neurologique secondaire. Nous avons utilisé le DTC et la TDM cérébrale pour évaluer l'apport de ces deux outils dans l'évaluation du risque d'aggravation neurologique secondaire chez 78 patients ayant un TC mineur et modéré ($n=36$) [32]. Le DTC et la TDM ont été réalisés dès l'admission de ces patients. L'aggravation neurologique secondaire a été définie dans les sept jours post-traumatique : réhospitalisation, perte d'au moins deux points du score de Glasgow, nécessité d'un traitement pour aggravation neurologique. Dans le groupe des TC mineurs ($n=42$), sept patients se sont aggravés secondairement ; dans celui des TC modérés ($n=36$), dix patients se sont aggravés. Dans les deux groupes de TC, les lésions observées en TDM ont été plus importantes chez les patients aggravés par rapport aux autres patients (classification TCDB), et les mesures DTC ont montré une VD plus basse et un IP plus élevé chez les patients aggravés [32]. Cette étude a montré pour la première fois que le DTC était réalisable aux urgences et que les mesures DTC étaient associées au pronostic neurologique à court terme. Cependant, l'apport de la TDM était majeur en cas de lésions intracérébrales importantes (classification III–VI). Dans une étude non publiée, nous avons évalué la place du DTC chez les traumatisés crâniens mineurs et modérés dont la TDM était normale ou peu contributive (classe I et II). La TDM et le DTC ont été réalisés chez 98 patients admis aux urgences. Il y a eu 21 patients aggravés secondairement : aucun n'avait une TDM strictement normale. En revanche, les VD ont été plus basses dans le groupe des patients aggravés : (18 cm/s versus 34 cm/s [$p < 0,01$]), et leurs valeurs d'IP plus élevées

(1,5 versus 1,0 ; $p < 0,01$). Cette nouvelle étude confirme l'intérêt du DTC aux urgences pour les patients dont la TDM est peu contributive (classe II), pouvant dépister des patients à risque d'aggravation neurologique secondaire. Ces résultats doivent être confirmés dans une étude prospective plus large, pour définir et valider des valeurs seuils de VD et d'IP, témoins d'un risque d'aggravation neurologique secondaire. Un algorithme de prise en charge basé sur les données cliniques, la TDM et les mesures DTC pourrait être envisagé.

Conclusion

Le DTC est devenu un examen de routine pour le patient ayant un TC grave dès son admission. Cet outil d'évaluation neurologique est désormais intégré dans les décisions diagnostiques et thérapeutiques. L'utilisation du DTC est parfaitement possible aux urgences pour les patients admis après un TC mineur et modéré, et pourrait être une aide au dépistage des patients à risque d'aggravation neurologique secondaire. L'association des données cliniques, de la TDM et des mesures DTC à l'admission serait une manière optimale de dépister les patients à risque et ainsi de mettre en place un mode de surveillance et de traitement adapté. L'utilisation du DTC par les urgentistes nécessite un apprentissage qui est proposé dans de nombreux centres en France.

Références

- [1] Thornhill S, Teasdale GM, Murray GD, McEwen J, Roy CW, Penny KI. Disability in young people and adults one year after head injury: prospective cohort study. *BMJ* 2000;320:1631–5.
- [2] af Geijerstam JL, Britton M. Mild head injury – mortality and complication rate: meta-analysis of findings in a systematic literature review. *Acta Neurochir (Wien)* 2003;145:843–50.
- [3] Stiell IG, Wells GA, Vandemheen K, Clement C, Lesiuk H, Laupacis A, et al. The Canadian CT Head Rule for patients with minor head injury. *Lancet* 2001;357:1391–6.
- [4] Haydel MJ, Preston CA, Mills TJ, Luber S, Blaudeau E, DeBlieux PM. Indications for computed tomography in patients with minor head injury. *N Engl J Med* 2000;343:100–5.
- [5] Stulemeijer M, van der Werf S, Bleijenberg G, Biert J, Brauer J, Vos PE. Recovery from mild traumatic brain injury: a focus on fatigue. *J Neurol* 2006;253:1041–7.
- [6] Lobato RD, Rivas JJ, Gomez PA, Castaneda M, Canizal JM, Sarabia R, et al. Head-injured patients who talk and deteriorate into coma. Analysis of 211 cases studied with computerized tomography. *J Neurosurg* 1991;75:256–61.
- [7] Marshall LF, Toole BM, Bowers SA. The National Traumatic Coma Data Bank. Part 2: patients who talk and deteriorate: implications for treatment. *J Neurosurg* 1983;59:285–8.
- [8] Oertel M, Kelly DF, McArthur D, Boscardin WJ, Glenn TC, Lee JH, et al. Progressive hemorrhage after head trauma: predictors and consequences of the evolving injury. *J Neurosurg* 2002;96:109–16.
- [9] Servadei F, Teasdale G, Merry G. Defining acute mild head injury in adults: a proposal based on prognostic factors, diagnosis and management. *J Neurotrauma* 2001;18:657–64.
- [10] Livingston DH, Lavery RF, Passannante MR, Skurnick JH, Baker S, Fabian TC, et al. Emergency department discharge of patients with a negative cranial computed tomography scan after minimal head injury. *Ann Surg* 2000;232:126–32.
- [11] Jagoda AS, Cantrill SV, Wears RL, Valadka A, Gallagher EJ, Gottesfeld SH, et al. Clinical policy: neuroimaging and deci-

- sionmaking in adult mild traumatic brain injury in the acute setting. *Ann Emerg Med* 2002;40:231–49.
- [12] Smits M, Dippel DW, de Haan GG, Dekker HM, Vos PE, Kool DR, et al. External validation of the Canadian CT Head Rule and the New Orleans Criteria for CT scanning in patients with minor head injury. *JAMA* 2005;294:1519–25.
- [13] Stiell IG, Clement CM, Rowe BH, Schull MJ, Brison R, Cass D, et al. Comparison of the Canadian CT Head Rule and the New Orleans Criteria in patients with minor head injury. *JAMA* 2005;294:1511–8.
- [14] Marshall LF, Marshall SB, Klauber MR, Van Berkum Clark M, Eisenberg HM, Jane JA, et al. The diagnosis of head injury requires a classification based on computerized tomography. *J Neurotrauma* 1992;9(Suppl 1):287–92.
- [15] Wardlaw JM, Easton VJ, Statham P. Which CT features help predict outcome after head injury? *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2002;72:188–92.
- [16] Sifri ZC, Homnick AT, Vaynman A, Lavery R, Liao W, Mohr A, et al. A prospective evaluation of the value of repeat cranial computed tomography in patients with minimal head injury and an intracranial bleed. *J Trauma* 2006;61:862–7.
- [17] Moppett IK, Mahajan RP. Transcranial Doppler ultrasonography in anaesthesia and intensive care. *Br J Anaesth* 2004;93:710–24.
- [18] Ter Minassian A. Monitoring du traumatisme crânien grave durant les 24 premières heures. *Ann Fr Anesth Reanim* 2000;19:308–15.
- [19] White H, Venkatesh B. Applications of transcranial Doppler in the ICU: a review. *Intensive Care Med* 2006;32:981–94.
- [20] Aaslid R, Markwalder TM, Nornes H. Noninvasive transcranial Doppler ultrasound recording of flow velocity in basal cerebral arteries. *J Neurosurg* 1982;57:769–74.
- [21] Krejza J, Mariak Z, Melhem ER, Bert RJ. A guide to the identification of major cerebral arteries with transcranial color Doppler sonography. *AJR Am J Roentgenol* 2000;174:1297–303.
- [22] Padayachee TS, Kirkham FJ, Lewis RR, Gillard J, Hutchinson MC, Gosling RG. Transcranial measurement of blood velocities in the basal cerebral arteries using pulsed Doppler ultrasound: a method of assessing the Circle of Willis. *Ultrasound Med Biol* 1986;12:5–14.
- [23] Shafe M, Blaivas M, Hooker E, Straus L. Noninvasive intracranial cerebral flow velocity evaluation in the emergency department by emergency physicians. *Acad Emerg Med* 2004;11:774–7.
- [24] Vriens EM, Kraaier V, Musbach M, Wieneke GH, van Huffelen AC. Transcranial pulsed Doppler measurements of blood velocity in the middle cerebral artery: reference values at rest and during hyperventilation in healthy volunteers in relation to age and sex. *Ultrasound Med Biol* 1989;15:1–8.
- [25] Czosnyka M, Richards HK, Whitehouse HE, Pickard JD. Relationship between transcranial Doppler-determined pulsatility index and cerebrovascular resistance: an experimental study. *J Neurosurg* 1996;84:79–84.
- [26] Bellner J, Romner B, Reinstrup P, Kristiansson KA, Ryding E, Brandt L. Transcranial Doppler sonography pulsatility index (PI) reflects intracranial pressure (ICP). *Surg Neurol* 2004;62:45–51.
- [27] Martin NA, Patwardhan RV, Alexander MJ, 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.
- [28] Chan KH, Miller JD, Dearden NM. Intracranial blood flow velocity after head injury: relationship to severity of injury, time, neurological status and outcome. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1992;55:787–91.
- [29] Trabold F, Meyer PG, Blanot S, Carli PA, Orliaguet GA. The prognostic value of transcranial Doppler studies in children with moderate and severe head injury. *Intensive Care Med* 2004;30:108–12.
- [30] Ract C, Le Moigno S, Bruder N, Vigue B. Transcranial Doppler ultrasound goal-directed therapy for the early management of severe traumatic brain injury. *Intensive Care Med* 2007;33:645–51.
- [31] Czosnyka M, Matta BF, Smielewski P, Kirkpatrick PJ, Pickard JD. Cerebral perfusion pressure in head-injured patients: a noninvasive assessment using transcranial Doppler ultrasonography. *J Neurosurg* 1998;88:802–8.
- [32] 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.