



Disponible en ligne sur

ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte
www.em-consulte.com



CAS CLINIQUE

Visualisation du passage de micro-embolies cérébrales par ultrasonographie en mode B-Flow



B-mode sonography visualizing microemboli flow in the main cerebral arteries

S. Si-Mohamed^{a,*}, I. Aïchoun^{a,b,c}, I. Schuster^{a,b},
M. Di Rienzo^{a,b}, M. Dautat^{a,b}, A. Pérez-Martin^{a,b}, S. Bouly^{b,d}

^a Service d'exploration et médecine vasculaire, centre hospitalier universitaire de Nîmes, place du Professeur-Robert-Debré, 30029 Nîmes, France

^b Service d'exploration fonctionnelle du système nerveux, centre hospitalier universitaire de Nîmes, place du Professeur-Robert-Debré, 30029 Nîmes, France

^c Service d'imagerie médicale, centre hospitalier de Bagnols-sur-Cèze, 7, avenue Alphonse-Daudet, 30200 Bagnols-sur-Cèze, France

^d Service de neurologie, centre hospitalier universitaire de Nîmes, place du Professeur-Robert-Debré, 30029 Nîmes, France

Reçu le 4 novembre 2014 ; accepté le 1^{er} mars 2015

Disponible sur Internet le 7 avril 2015

MOTS CLÉS

Doppler
transcrânien ;
Mode B-Flow ;
Artères cérébrales ;
Micro-embolies

Résumé À l'occasion du bilan étiologique de deux ictus amnésiques rapprochés chez un patient porteur d'une valve aortique mécanique, nous avons été surpris de visualiser à l'examen échodoppler transcrânien en mode B-Flow, cheminant le long des artères du polygone de Willis, de brillantes images punctiformes qui se sont avérées correspondre à la survenue de signaux Doppler transitoires de haute intensité (HITS) produits par le passage de micro-embolies gazeuses résultant d'un phénomène de cavitation lors de la fermeture de la valve mécanique. Il s'agit, à notre connaissance, de la première description visuelle du passage de micro-embolies dans ce mode.

© 2015 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

KEYWORDS

Transcranial Doppler;

Summary In a patient with a mechanical prosthetic aortic valve admitted for transient amnesia, transcranial duplex Doppler and B-mode sonography visualized the transit of microemboli

* Auteur correspondant. 8, rue de l'Herberie, 34000 Montpellier, France.
Adresse e-mail : salim.sidi@hotmail.com (S. Si-Mohamed).

B-Flow;
Cerebral arteries;
Micro-embolism

along the main cerebral arteries. Gaseous microemboli resulting from a cavitation phenomenon at valve closure were seen as high-intensity transient signals (HITS). To our knowledge, this is the first report of microemboli flow visualized in B-mode.

© 2015 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Introduction

L'examen écho-Doppler transcrânien est couramment utilisé pour la détection des micro-embolies chez les patients à risque (cardiopathie, sténose des artères carotides ou cérébrales), ainsi qu'au cours de la chirurgie cardiaque ou vasculaire et des gestes interventionnels endovasculaires [1–3]. Cette détection repose sur l'enregistrement, en mode Doppler à émission pulsée, de signaux transitoires de haute intensité, les « HITS » (*high-intensity transient signals*) dans les principales artères cérébrales [4]. Nous rapportons ici la première description de visualisation en temps réel du passage de micro-embolies dans les artères cérébrales, par imagerie de flux en mode B-Flow, chez un patient porteur d'une valve aortique mécanique.

Cas clinique

Un patient de 69 ans a été accueilli au service des urgences de notre hôpital en raison de la survenue de deux épisodes d'ictus amnésiques avec amnésie antérograde et rétrograde isolée, désorientation temporelle et confusion, sans déficit neurologique focal. Chaque épisode avait duré 1 h, avec un délai de 5 h entre les deux épisodes, suivis d'une résolution spontanée complète en 24 h. Il était porteur d'une valve aortique mécanique mise en place 10 ans auparavant à la suite d'une endocardite et recevait un traitement anticoagulant (antivitamine K, avec INR bien contrôlé à 3,88), ainsi qu'un traitement médical pour hypertension artérielle et hypercholestérolémie. La tomodensitométrie sans injection ne montrait qu'un kyste arachnoïdien de la fosse cérébrale postérieure. Le scanner cérébral de contrôle avec angiographie des vaisseaux du cou et intracrâniens, réalisé 12 h plus tard, ne révélait pas d'anomalie et, en particulier, pas de lésion ischémique (IRM contre-indiquée par la présence de la valve mécanique). Les examens écho-Doppler des axes artériels cervico-céphaliques réalisés 9 ans et 3 ans auparavant n'avaient montré aucune anomalie pariétale ou circulatoire notable sur les artères carotides et vertébrales.

À l'admission, l'examen écho-Doppler des axes artériels cervico-céphaliques était réalisé avec un appareil Vivid 7 (GE-Healthcare Ultrasound, Wauwatosa, WI) équipé d'une sonde linéaire de 10 MHz et d'une sonde sectorielle électronique matricielle de 3 MHz (M3S). Pour l'examen transcrânien, la fréquence d'émission ultrasonore était de 2,5 MHz en mode B, et 1,8 MHz pour l'imagerie des flux, avec une cadence de répétition des impulsions (PRF) de 0,5 kHz en mode B-Flow et 2 kHz en mode BFI.

L'examen écho-Doppler montrait une épaisseur intima-média normale sur les carotides communes et ne révélait aucune lésion pariétale significative des axes carotidiens dans leur trajet cervical et aucune anomalie circulatoire notable sur les axes carotidiens et vertébraux. De même,

l'examen Doppler transcrânien enregistrait des flux de vitesses et modulation normales sur les artères cérébrales moyennes en M1 et M2, à l'origine (A1) des artères cérébrales antérieures et sur les segments P2 et P3 des artères cérébrales postérieures à droite et à gauche. Par contre, sur toutes ces artères, l'examen Doppler à émission pulsée enregistrait des signaux typiques de micro-embolies (*high-intensity transient signals* [HITS]) au nombre de 2 à 3 par minute (Fig. 1).

L'imagerie des flux sanguins en couleur en mode B-Flow® et BFI® par voie temporale a montré aussi, de façon répétée, avec la même fréquence de 2 à 3 par minute, des images brillantes fugaces, se déplaçant rapidement selon le trajet des différentes artères du polygone de Willis, avec une prédominance sur l'artère cérébrale moyenne et, surtout, sur l'artère cérébrale postérieure. Ces brillantes images artérielles circulantes (*bright arterial moving specks* [BAMS]) évoquaient des étoiles filantes (Fig. 2). Sur 11 séquences, il nous était possible, en mesurant la distance parcourue et en comptant le nombre d'images, de procéder à une estimation de la vitesse moyenne de déplacement de ces BAMS, égale à $10,5 \pm 3,5$ cm/s ($n=7$) pour l'artère cérébrale postérieure et $19 \pm 7,7$ cm/s ($n=4$) pour l'artère cérébrale moyenne. Le mode Doppler couleur conventionnel (codage de la vitesse) ne montrait que des images fugaces, en « flash », sans que leur cheminement ne soit clairement apparent.

Discussion

Les HITS sont des signaux caractéristiques, brefs et de haute intensité, que l'on peut enregistrer en mode Doppler dans une artère ou dans une veine au passage d'embolies [3]. D'abord détectés chez les plongeurs lors des accidents de décompression (à la fin des années 1960) [5], ces signaux ont ensuite été identifiés dans diverses circonstances [1,2,6–8], et rattachés à des micro-embolies solides (cruoriques) ou gazeux [9,10]. Les critères consensuels permettant leur reconnaissance sont les suivants [4]:

- signaux transitoires de durée inférieure à 300 millisecondes ;
- d'amplitude supérieure d'au moins 3 dB à celle du flux sanguin (et variable selon la nature des micro-embolies) ;
- se situant dans le spectre de fréquences Doppler au niveau de la vitesse moyenne de l'écoulement (contrairement aux artefacts électriques ou de mouvement, « à cheval » sur la ligne de base) ;
- avec un son caractéristique (« pop »).

Chez les patients porteurs de prothèses cardiaques valvulaires mécaniques, la survenue de HITS a été mentionnée dès le début des années 1990 [11–13] et reconnue

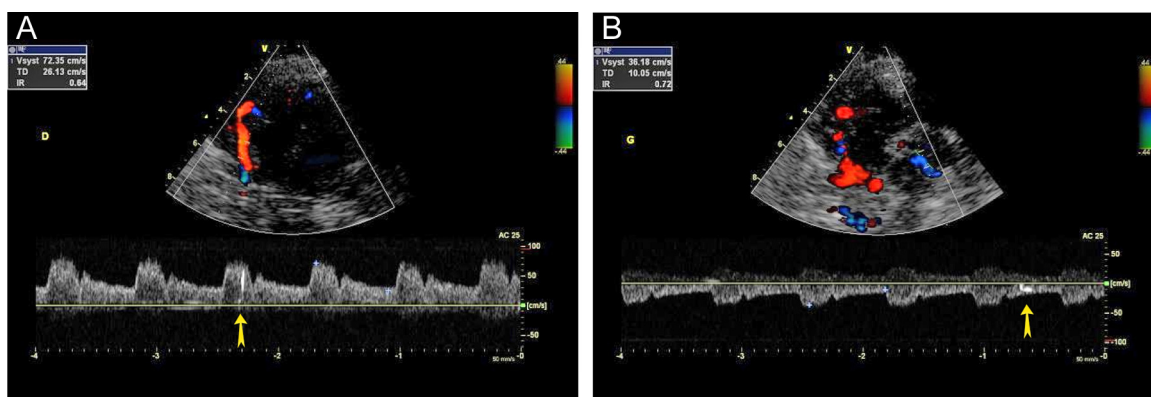


Figure 1 Enregistrement en mode Doppler à émission pulsée transcrânien par voie temporelle de signaux transitoires de haute intensité (flèches) dans l'artère cérébrale moyenne droite (A) et dans l'artère cérébrale postérieure gauche (B).

Pulsed Doppler transtemporal recording of high-intensity transient signals (HITS) in the right middle cerebral artery (A) and in the left posterior cerebral artery (B).

comme étant liée à des micro-embolies gazeuses produits par cavitation lors de la fermeture de la valve [14,15]. En effet, l'inhalation d'oxygène pur réduit la fréquence des HITS chez ces patients, car l'oxygène est plus soluble que l'azote [15]. Leur prévalence est très élevée, de 75 à 100% selon les études [12,16] chez les porteurs de valves mécaniques, mais ils sont généralement absents s'il s'agit de prothèses biologiques [11,12]. Leur pathogénicité reste hypothétique, bien que des études transversales aient suggéré leur responsabilité dans la dégradation des fonctions cognitives [17–19].

Le mode B-Flow est une technique d'imagerie ultrasonique des flux sanguins fondée non pas sur l'effet Doppler, mais sur l'inter-corrélation des signaux échographiques [20–22]. Le contrôle numérique de l'excitation des transducteurs permet en effet l'émission d'impulsions porteuses d'un code, de sorte que l'identification de ce code en réception offre le moyen d'améliorer considérablement le rapport signal/bruit sans réduire la résolution spatiale axiale. Il devient ainsi possible de visualiser les flux sanguins en comparant les échos successifs : ces échos sont identiques si les structures tissulaires ou les érythrocytes diffusant les

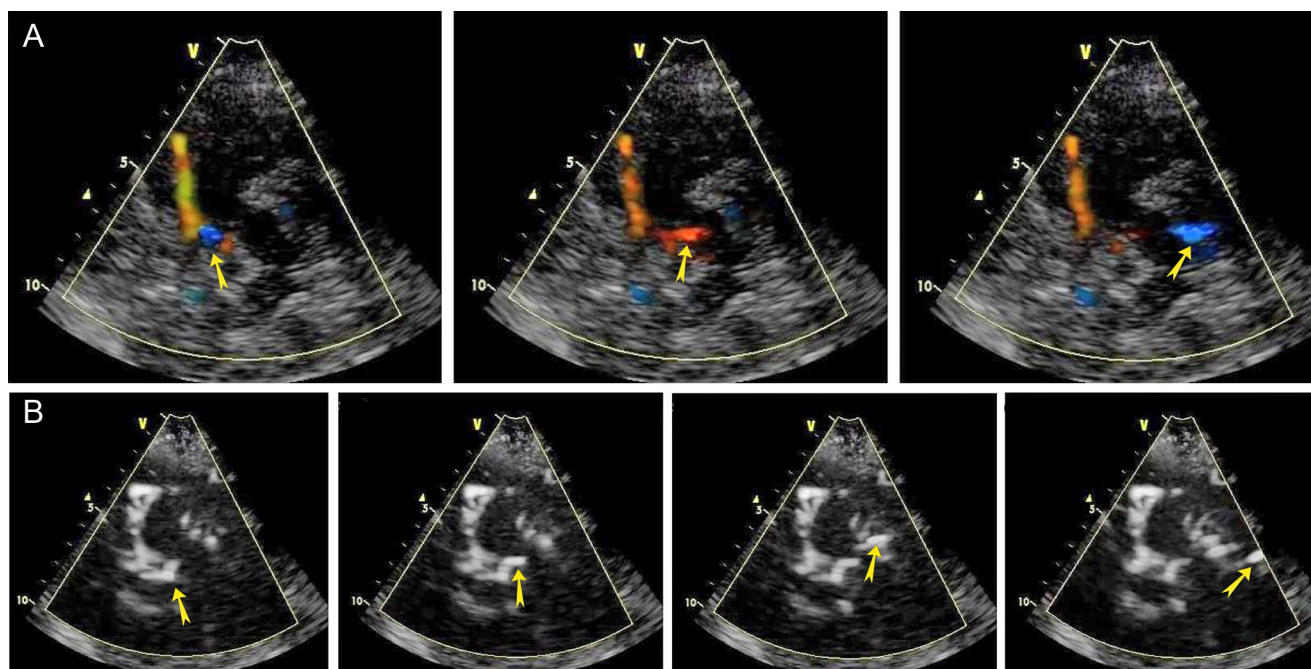


Figure 2 Visualisation par l'imagerie bidimensionnelle en mode BFI (*blood flow imaging*) (A) et en mode B-Flow (B) du cheminement d'un micro-embole le long de l'artère cérébrale postérieure (les flèches indiquent les positions successives de l'image brillante et mouvante représentant le micro-embole).

Blood flow imaging (BFI) (A) and B-mode imaging (B) of microemboli flow in the posterior cerebral artery (arrows designate the successive positions of the HITS).

ultrasons ne se sont pas déplacés, mais différents dans le cas contraire. L'affichage en échelle de gris ou de couleur de ces différences produit donc une imagerie des flux sans indication sur leur direction et leur vitesse, mais avec une résolution spatiale et temporelle très supérieure à celle du mode Doppler couleur et une délimitation flux/paroi beaucoup plus rigoureuse. Le mode BFI (*blood flow imaging*) est une combinaison du mode B-Flow, utilisé pour l'affichage des pixels et du mode Doppler, utilisé pour leur affecter une couleur. Il renseigne donc sur le sens et la vitesse des écoulements, tout en conservant les avantages de résolution du mode B-Flow.

Nous n'avons pas trouvé, dans la littérature, de description des micro-embolies sur l'imagerie en mode B-Flow. Le diagnostic et la caractérisation des micro-embolies chez les patients à risque reposent essentiellement sur l'examen Doppler transcrânien et de nombreux procédés d'analyse du signal ont été proposés et évalués pour leur identification et leur dénombrement automatiques [23–28]. Le mode B-Flow apparaît capable de les visualiser de façon spectaculaire en montrant leur transit dans les principales artères cérébrales de façon non équivoque. Cette technologie ne peut prétendre rivaliser avec les systèmes dédiés, adaptés au monitoring, mais peut permettre de confirmer simplement et rapidement la nature micro-embolique d'éventuels HITS détectés lors d'un examen Doppler transcrânien.

Conclusion

Nous rapportons ici la première description d'imagerie bidimensionnelle, en mode B-Flow, des micro-embolies et de leur cheminement dans les artères cérébrales d'un patient porteur d'une prothèse valvulaire aortique mécanique.

Déclaration d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

Références

- [1] Markus H, Loh A, Israel D, Buckenham T, Clifton A, Brown MM. Microscopic air embolism during cerebral angiography and strategies for its avoidance. *Lancet* 1993;341:784–7.
- [2] Markus HS, Droste D, Brown MM. Ultrasonic detection of cerebral emboli in carotid stenosis. *Lancet* 1993;341:1606.
- [3] Vukovic-Cvetkovic V. Microembolus detection by transcranial Doppler sonography: review of the literature. *Stroke Res Treat* 2012;2012:382361.
- [4] [No authors listed]. Basic identification criteria of Doppler microembolic signals. Consensus Committee of the Ninth International Cerebral Hemodynamic Symposium. *Stroke* 1995;26:1123.
- [5] Gillis MF, Peterson PL, Karagianes MT. In vivo detection of circulating gas emboli associated with decompression sickness using the Doppler flowmeter. *Nature* 1968;217:965–7.
- [6] Markus HS, Clifton A, Buckenham T, Brown MM. Carotid angioplasty. Detection of embolic signals during and after the procedure. *Stroke* 1994;25:2403–6.
- [7] Grosset DG, Georgiadis D, Stirling S, Cowburn P, Kelman AW, Faichney A, et al. Subclinical embolism in patients undergoing cardiac valve implantation and coronary artery bypass surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 1994;8:63–6.
- [8] Nabavi DG, Georgiadis D, Mummie T, Zunker P, Ringelstein EB. Detection of microembolic signals in patients with middle cerebral artery stenosis by means of a bigate probe. A pilot study. *Stroke* 1996;27:1347–9.
- [9] Russell D, Madden KP, Clark WM, Sandset PM, Zivin JA. Detection of arterial emboli using Doppler ultrasound in rabbits. *Stroke* 1991;22:253–8.
- [10] Markus HS, Brown MM. Differentiation between different pathological cerebral embolic materials using transcranial Doppler in an in vitro model. *Stroke* 1993;24:1–5.
- [11] Dauzat M, Deklunder G, Aldis A, Rabinovitch M, Burte F, Bret PM. Gas bubble emboli detected by transcranial Doppler sonography in patients with prosthetic heart valves: a preliminary report. *J Ultrasound Med* 1994;13:129–35.
- [12] Georgiadis D, Grosset DG, Kelman A, Faichney A, Lees KR. Prevalence and characteristics of intracranial microemboli signals in patients with different types of prosthetic cardiac valves. *Stroke* 1994;25:587–92.
- [13] Rams JJ, Davis DA, Lolley DM, Berger MP, Spencer M. Detection of microemboli in patients with artificial heart valves using transcranial Doppler: preliminary observations. *J Heart Valve Dis* 1993;2:37–41.
- [14] Lamson TC, Stinebring DR, Deutsch S, Rosenberg G, Tarbell JM. Real-time in vitro observation of cavitation in a prosthetic heart valve. *ASAIO Trans* 1991;37:M351–3.
- [15] Kaps M, Hansen J, Weiher M, Tiffert K, Kayser I, Droste DW. Clinically silent microemboli in patients with artificial prosthetic aortic valves are predominantly gaseous and not solid. *Stroke* 1997;28:322–5.
- [16] Braekken SK, Russell D, Brucher R, Svennevig J. Incidence and frequency of cerebral embolic signals in patients with a similar bileaflet mechanical heart valve. *Stroke* 1995;26:1225–30.
- [17] Deklunder G, Prat A, Lecroart JL, Roussel M, Dauzat M. Can cerebrovascular microemboli induce cognitive impairment in patients with prosthetic heart valves? *Eur J Ultrasound* 1998;7:47–51.
- [18] Braekken SK, Reinvang I, Russell D, Brucher R, Svennevig JL. Association between intraoperative cerebral microembolic signals and postoperative neuropsychological deficit: comparison between patients with cardiac valve replacement and patients with coronary artery bypass grafting. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1998;65:573–6.
- [19] Martin KK, Wigginton JB, Babikian VL, Pochay VE, Crittenden MD, Rudolph JL. Intraoperative cerebral high-intensity transient signals and postoperative cognitive function: a systematic review. *Am J Surg* 2009;197:55–63.
- [20] Henri P, Tranquart F. [B-flow ultrasonographic imaging of circulating blood]. *J Radiol* 2000;81:465–7.
- [21] Deane C. Extended field-of-view and B-flow ultrasound: fashion or future? *Ultrasound Obstet Gynecol* 2000;15:96–7.
- [22] Forsberg F. Ultrasonic biomedical technology; marketing versus clinical reality. *Ultrasonics* 2004;42:17–27.
- [23] Fan L, Boni E, Tortoli P, Evans DH. Multigate transcranial Doppler ultrasound system with real-time embolic signal identification and archival. *IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control* 2006;53:1853–61.
- [24] Banahan C, Hague JP, Evans DH, Patel R, Ramnarine KV, Chung EM. Sizing gaseous emboli using Doppler embolic signal intensity. *Ultrasound Med Biol* 2012;38:824–33.
- [25] Palanchon P, Bouakaz A, van Blankenstein JH, Klein J, Bom N, de Jong N. New technique for emboli detection and

- discrimination based on nonlinear characteristics of gas bubbles. *Ultrasound Med Biol* 2001;27:801–8.
- [26] Palanchon P, Bouakaz A, Klein J, de Jong N. Subharmonic and ultraharmonic emissions for emboli detection and characterization. *Ultrasound Med Biol* 2003;29:417–25.
- [27] Molloy J, Markus HS. Multigated Doppler ultrasound in the detection of emboli in a flow model and embolic signals in patients. *Stroke* 1996;27:1548–52.
- [28] Markus HS, Molloy J. Use of a decibel threshold in detecting Doppler embolic signals. *Stroke* 1997;28:692–5.