

■ Revues générales

Les pièges dans l'évaluation de la sténose carotidienne

RÉSUMÉ : La détermination du degré de sténose est une étape fondamentale en cas de sténose carotidienne. L'écho-Doppler est la technique d'imagerie de première intention. Avant de considérer la maîtrise technique indispensable à une quantification précise, il convient de définir la méthode de référence utilisée pour cette quantification. Les pièges rencontrés ont trait à la technique, mais aussi au type de lésions ainsi qu'au patient et à ses conditions hémodynamiques globales.



S. KOWNATOR

Centre cardiologique et vasculaire,
THIONVILLE.

L'évaluation de la sévérité d'une sténose carotidienne revêt une importance tout à fait particulière quand on se rappelle que pour l'essentiel la stratégie thérapeutique repose sur le degré de cette sténose. Il s'agit là du seul exemple où ce paramètre prend une telle importance. Dès lors, la quantification du degré de sténose doit être fondée sur une méthodologie aussi précise que possible, faisant fi, autant que faire se peut, des pièges et limites des techniques utilisées.

Avant d'analyser les pièges possibles en écho-Doppler, une fois n'est pas coutume, on peut d'emblée en lister les conséquences qui, globalement, sont au nombre de trois. Ainsi, il est possible d'ignorer la sténose, on peut aussi la sous-estimer ou la surestimer. Cela étant dit, on peut identifier schématiquement 3 types de pièges. Celui lié à la clinique. Celui dû au langage ou encore au mode d'expression du degré de sténose, et ce n'est pas le moindre. Enfin, celui lié à une utilisation inadéquate de la technique d'imagerie.

■ Pièges liés à la clinique

On souligne souvent la nécessité d'un examen clinique bien conduit, et notamment

d'une auscultation cervicale attentive, pour le dépistage des sténoses carotidiennes. Bien sûr, il n'est pas de mon propos de considérer cette auscultation comme inutile, la découverte d'un souffle cervical a une excellente spécificité. En revanche, la sensibilité de cette auscultation est pour le moins limitée. Ainsi, dans la *Northern Manhattan Study*, la sensibilité de l'auscultation est de 56 % menant à 44 % de faux négatifs pour le dépistage de sténoses carotidiennes. La spécificité est, par contre, excellente à 98 % [1]. Le premier piège est donc de se fier à l'auscultation pour rechercher une sténose carotidienne, ce qui va aboutir à ignorer bon nombre de ces sténoses.

■ Pièges liés au langage

Ce chapitre revêt une importance tout à fait particulière et primordiale. En effet, quand on parle de sténoses de la carotide interne, il faut avant tout bien définir de quoi on parle.

On doit rappeler que le terme de sténose est réservé aux rétrécissements de la lumière carotidienne de 50 % et plus [2]. On exclut donc ici les sténoses à 20-30 %, qui ne s'accompagnent d'aucune modification hémodynamique.

Revue générale

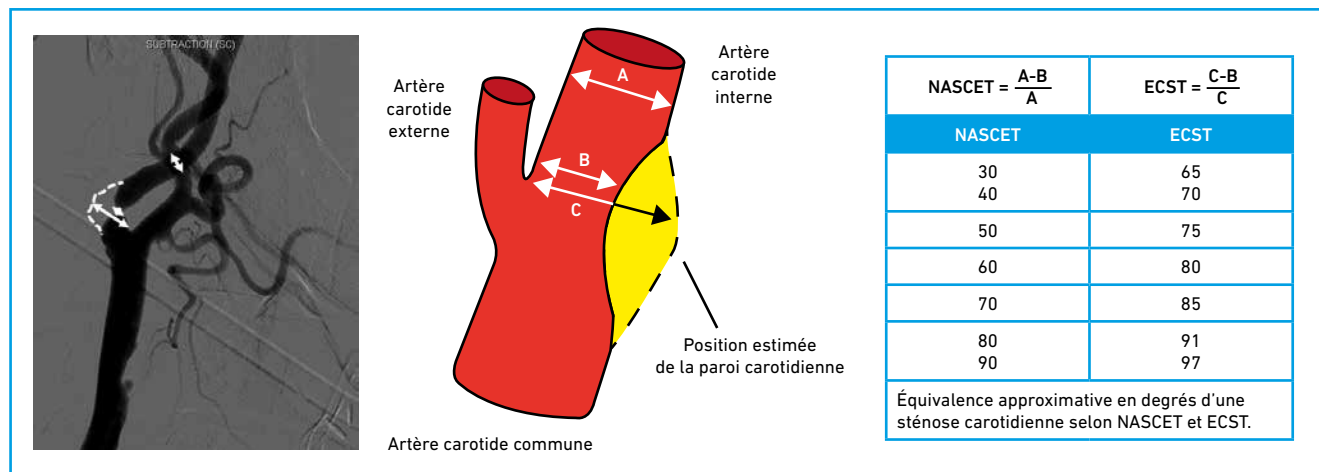


Fig. 1 : Différences entre l'estimation NASCET et ECST d'une sténose carotidienne.

Souvent, d'ailleurs, la reproductibilité de la quantification de ces prétendues sténoses est plus que questionnable.

On s'aperçoit par ailleurs que dans bon nombre de cas les discordances dans l'évaluation d'une sténose relèvent de l'utilisation de méthodes de quantification différentes.

Avant tout, il convient de bien définir les modes de mesure à notre disposition.

Le premier de ces modes, et le plus employé, est le mode NASCET – du nom de l'étude nord-américaine ayant porté sur le traitement des sténoses symptomatiques de la carotide interne au cours de laquelle cette mesure a été utilisée. Il s'agit ici de rapporter le diamètre en regard de la sténose à celui de la carotide interne d'aval, en zone saine (fig. 1). Rappelons que cette mesure a été définie en artériographie conventionnelle [3].

Deuxième mode, le mode ECST, issu cette fois de l'étude européenne ECST. Ici, le degré de sténose de la carotide interne est défini, toujours en artériographie, par le rapport entre le diamètre de la sténose et celui estimé du bulbe carotidien au même site (fig. 1) [4].

On doit d'emblée noter qu'entre ces deux méthodes de mesure il existe des

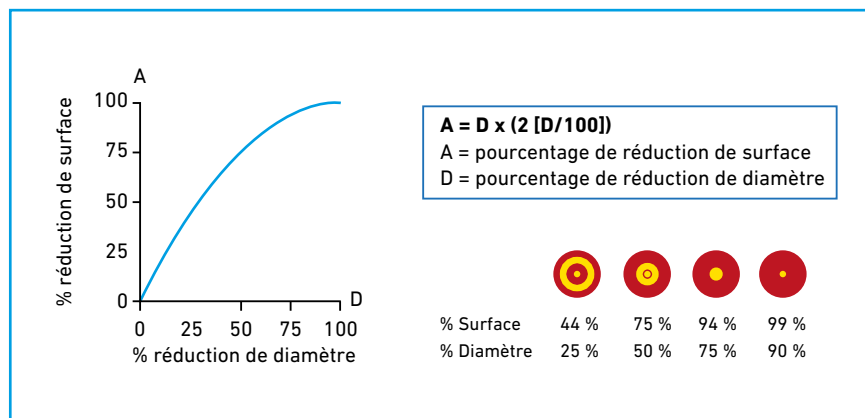


Fig. 2 : Relation entre diamètre et surface. D'après [5].

différences considérables. Ainsi, une sténose à 50 % ECST équivaut à l'absence de sténose en mode NASCET. Ou encore 75 % ECST égale 50 % NASCET. On peut s'étonner d'ailleurs que, compte tenu de telles différences, les deux études aient finalement abouti aux mêmes résultats, montrant un net bénéfice de la chirurgie en cas de sténose symptomatique de la carotide interne > 50 %, mais surtout ≥ 70 %. De fait, on comprend mieux ces résultats quand on s'aperçoit que la différence entre les deux modes de calcul s'atténue avec l'augmentation du degré de sténose. Quoi qu'il en soit, il convient de manière impérative de préciser à quelle méthode de calcul on se réfère pour éviter les mauvaises interprétations.

Autre méthode de mesure qui, elle, n'est pas liée à l'artériographie et qui est source fréquente de méprise : la méthode de mesure par réduction de surface. Celle-ci est essentiellement liée à l'imagerie en coupe, scanner, IRM, mais aussi écho-Doppler. Cette méthode est source de surestimation du degré de sténose par incompréhension, car une sténose à 80 % en surface est équivalente à une sténose à 50 % en diamètre NASCET. Qui plus est, aucune étude n'a relié la stratégie thérapeutique, chirurgie ou non, au degré de sténose évalué en surface. Ainsi, il n'y aura pas d'indication à opérer une sténose de la carotide interne à 70 % en surface, symptomatique ou non, car elle correspond à une sténose de moins de 50 % en diamètre NASCET (fig. 2) [5].

■ Pièges liés à l'imagerie

Il faut rappeler ici les dernières recommandations de la Société Européenne de Cardiologie, qui placent en première intention les méthodes d'imagerie non invasives et avant tout l'écho-Doppler (**tableau I**) [6].

Or, il faut bien se rappeler, et cela peut être source de pièges ou d'incompréhension, que l'évaluation du degré de sténose en écho-Doppler repose avant tout sur l'analyse des vitesses. Ce sont des travaux *princeps*, notamment ceux de Merrill Spencer qui ont permis d'établir une relation entre les vitesses

enregistrées au Doppler et les degrés de sténose évalués en artériographie. Cette relation s'exprime bien sur la courbe publiée en 1979 et qui repose sur l'équation de Bernoulli (**fig. 3**) [7]. Cela étant acquis, on comprend bien les limites possibles de l'évaluation basée sur cette relation. Ainsi, selon cette courbe, une même vitesse peut correspondre à deux degrés de sténose (**fig. 4 et 5**). Cette ambiguïté potentielle exprime l'importance d'une méthodologie rigoureuse d'examen intégrant toutes les modalités de l'écho-Doppler, échographie de mode B, Doppler couleur et/ou puissance, Doppler pulsé et, moins souvent à l'heure actuelle, Doppler continu.

De manière générale, on peut lister les différents pièges possibles en écho-Doppler. Certains sont liés à l'échographiste, on pense ici, avant tout, au manque d'expérience et à une

Recommandations	Classe	Niveau
Un écho-Doppler (imagerie de 1 ^{re} ligne), un scanner ou une IRM sont recommandés pour évaluer l'extension et la sévérité d'une sténose carotidienne extracrânienne.	I	B
Quand un <i>stenting</i> est envisagé, il est recommandé de compléter toute exploration écho-Doppler par un scanner ou une IRM afin d'évaluer l'arche aortique ainsi que la circulation intra- et extracrânienne.	I	B
Quand une endartériectomie carotidienne est envisagée, il est recommandé de corroborer toute estimation par écho-Doppler de la sténose par un scanner ou une IRM (ou par un nouvel écho-Doppler réalisé par un expert de la technique).	I	B

Tableau I : Recommandations ESC pour l'exploration des sténoses carotidiennes.

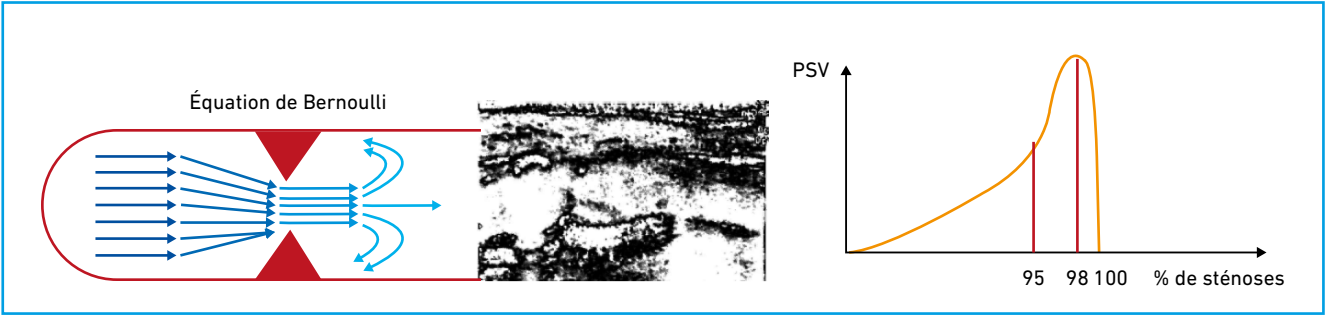


Fig. 3 : Évaluation vélocimétrique du degré de sténose.

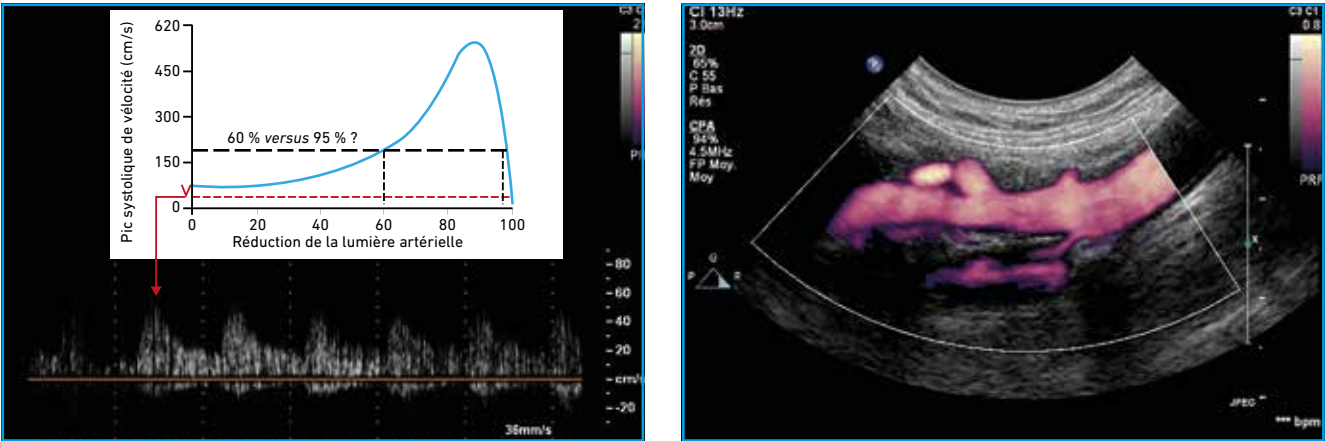


Fig. 4 et 5 : Sténose préocclusive de la carotide interne. En Doppler pulsé (**à gauche**), les vitesses sont effondrées (40 cm/s).

Revue générale

maîtrise technique insuffisante qui peuvent conduire à des réglages inadéquats, un problème d'angulation ou de correction d'angle (**fig. 6**). La limitation technique peut également tenir à la machine utilisée, mais c'est de moins en moins le cas. On peut, par contre, être contraint par un choix insuffisant de sondes.

D'autres pièges sont plutôt liés au patient. Ce sont ainsi les calcifications, les boucles et *kinkings*, les lésions controlatérales, les occlusions ou pseudo-occlu-

sions, les augmentations ou, *a contrario*, les réductions de débit cardiaque.

Les lésions calcifiées sont souvent considérées comme une limite à l'examen ultrasonore. La présence de calcifications peut rendre impossible la visualisation des lésions en raison de la présence d'un cône d'ombre. Pour autant, l'adaptation des réglages peut, dans bon nombre de cas, pallier cette limite. On peut ainsi augmenter le gain en Doppler couleur, diminuer la PRF. On peut également recourir à une sonde

de plus basse fréquence, voire à la sonde d'échocardiographie. Ces différentes adaptations vont dégrader la qualité de l'image ultrasonore, mais permettent souvent de juger de la présence ou non d'une sténose sans en assurer la quantification. Cette étape revient, comme à l'habitude, à l'analyse du flux Doppler. Ici, il convient d'effectuer le tir Doppler à la sortie du cône d'ombre (**fig. 7**). On se guide alors sur l'existence d'un *aliasing* qui témoigne de la sténose liée à la plaque calcifiée et permet de positionner la fenêtre Doppler. Les vitesses enre-

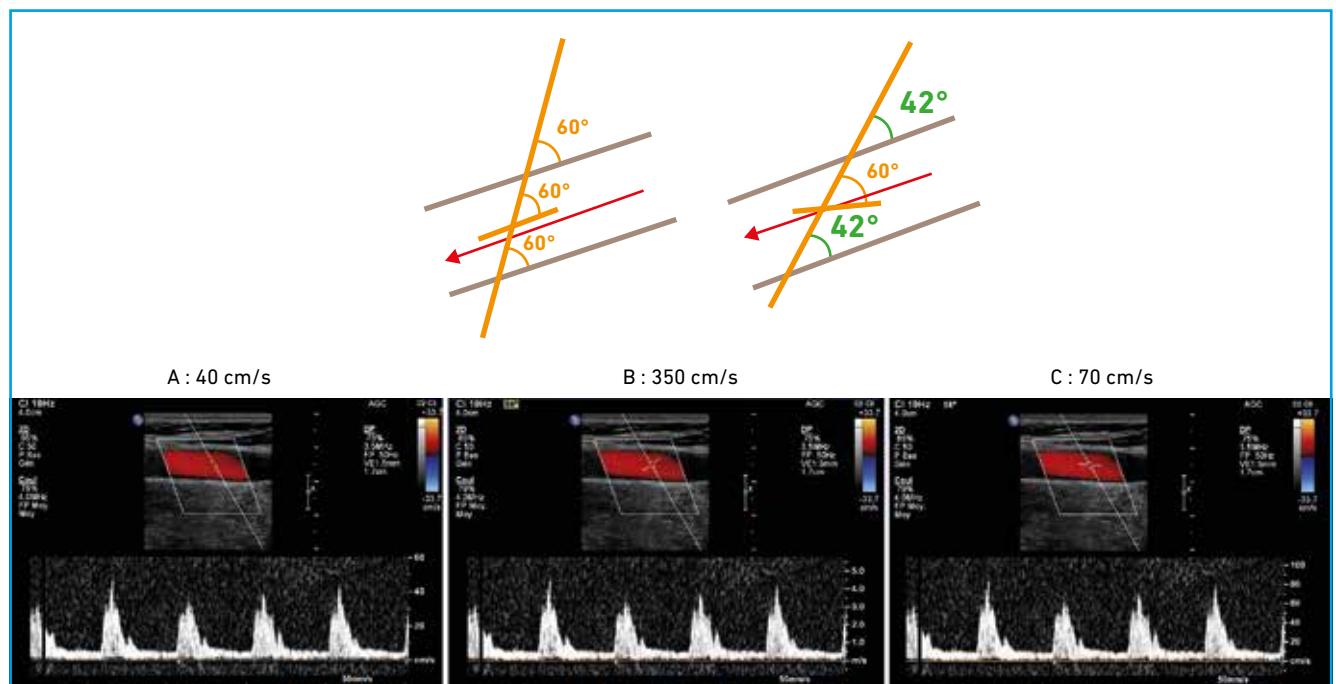


Fig. 6 : Impératifs techniques liés notamment à l'angulation et à la correction d'angle. Sur la même image figurent les vitesses obtenues avec des corrections d'angle différentes, c'est l'image C qui correspond à la correction adéquate.

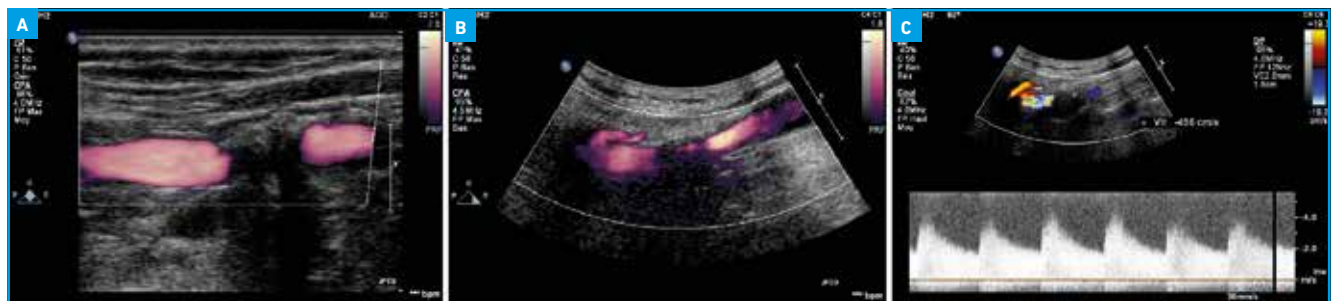


Fig. 7. A : plaque calcifiée avec un cône d'ombre important. **B :** l'adaptation des réglages en Doppler permet de dégager un flux. **C :** en Doppler pulsé, positionné en regard de la zone d'*aliasing*, on met en évidence la sténose avec une vitesse maximale systolique à 400 cm/s.



Fig. 8 : Plicature de la carotide interne haute.

gistrées à ce niveau sont représentatives du rétrécissement. Enfin, en présence de calcifications, l'injection de produit de contraste ultrasonore permettra souvent de s'affranchir de la limite liée à ces calcifications.

La présence de boucles ou de plicatures peut dans certains cas prêter à confusion avec l'existence d'une sténose. Il faut dire d'ailleurs que certaines de ces plicatures constituent de réels rétrécissements. L'évaluation précise des vitesses est parfois difficile tant les tortuosités peuvent être complexes (fig. 8). Il faut s'attacher à bien suivre le trajet de l'artère en changeant si nécessaire les plans de coupes. L'utilisation d'une sonde de grand champ peut s'avérer précieuse. Un piège classique consiste en l'accélération des vitesses Doppler en l'absence de sténose, en cas d'occlusion carotidienne contralatérale. Ici, la suppléance exercée par le polygone de Willis, et notamment la communicante antérieure, conduit à une accélération des vitesses dans la carotide perméable (fig. 9). Ce phénomène peut

être particulièrement critique quand il existe une sténose légère à modérée de la carotide interne, qui peut donc être surévaluée. Le rapport carotidien systolique (vitesse systolique maximale au niveau de la carotide interne/vitesse systolique maximale systolique au niveau de la carotide commune homolatérale) permet de redresser le diagnostic. Le diagnostic différentiel entre occlusion et pré-occlusion peut constituer un piège d'évaluation. Pour autant, les conséquences cliniques sont ici limitées, la conduite thérapeutique ne sera pas différente dans l'extrême majorité des cas. Quoiqu'il en soit, en présence d'un aspect évoquant une occlusion de carotide interne, il faut s'attacher à rechercher un flux rési-

POINTS FORTS

- En cas de sténose carotidienne, la stratégie thérapeutique repose en grande partie sur le degré de sténose.
- L'écho-Doppler est la méthode d'évaluation de première intention.
- Il est fondamental de préciser la méthode de calcul du degré de sténose.
- C'est la méthode NASCET qui est le plus souvent utilisée comme méthode de référence pour la corrélation avec l'évaluation velocimétrique du degré de sténose.
- Une méthodologie rigoureuse s'appuyant sur toutes les modalités de l'écho-Doppler est indispensable.
- Les réglages de la machine doivent être adaptés aux conditions hémodynamiques du patient.

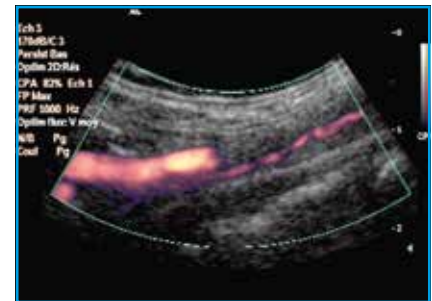


Fig. 10 : Pseudo-occlusion.

duel en diminuant la PRF. Ce flux peut être d'allure filiforme, constituant le classique "*string sign*" (fig. 10). Dans la majorité des cas, en Doppler pulsé, on enregistrera un flux de basse vitesse. Parmi les pièges de l'écho-Doppler,

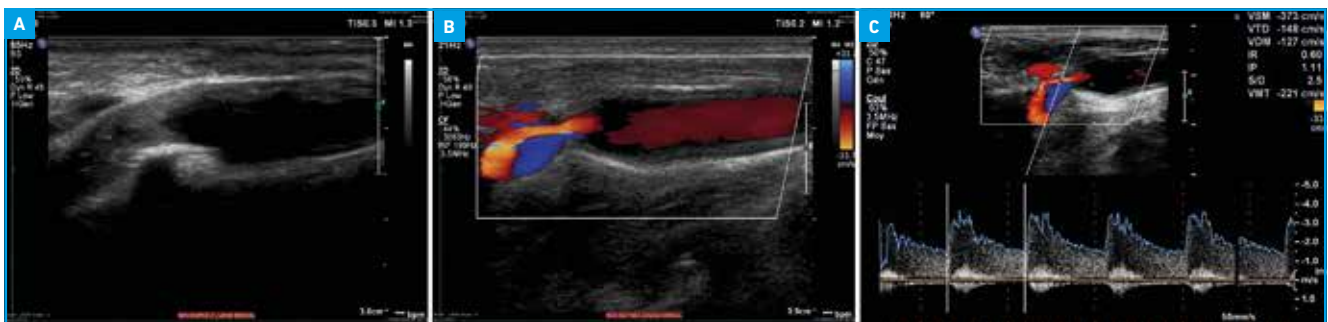


Fig. 9. A : occlusion de la carotide interne droite. B : sténose de la carotide interne gauche. C : vitesse maximale systolique à 373 cm/s rapport carotidien systolique à 3,2 traduisant une sténose de l'ordre de 60 % en mode NASCET, inférieure à ce que laisserait penser la vitesse maximale systolique.

Revue générale

figurent les variations liées aux conditions hémodynamiques générales. On peut ainsi observer une augmentation des vitesses en cas d'hyperdébit, ce peut être le cas face à une hyperthyroïdie qui pourrait conduire à la surestimation d'une sténose. Un hypodébit peut mener, lui, à une sous-estimation, ainsi en cas de diminution du débit cardiaque, en cas de sténose aortique ou de sténose proximale d'un gros tronc. Dans toutes ces circonstances, il faut rechercher le caractère uni- ou bilatéral de l'anomalie et recourir au rapport carotidien systolique pour corriger l'évaluation si nécessaire. La présence de lésions d'aval peut aussi contribuer à une sous-estimation des vitesses, notamment une diminution des vitesses diastoliques, encore une fois le rapport carotidien permet de rectifier.

Ainsi, l'évaluation des sténoses de la carotide interne peut être l'objet de nombreux pièges. Néanmoins, le respect d'une méthodologie systématique et une adaptation adéquate des réglages de la machine permettent souvent de pallier ces pièges. Bien évidemment, dans un nombre de cas limités, l'évaluation ultrasonore peut s'avérer difficile voire

impossible, il faut alors recourir à une autre méthode d'imagerie non invasive, angio-scanner ou angio-RM, en sachant que ces méthodes peuvent également être prises en défaut et ont leurs propres limites. Ainsi, les calcifications pour le scanner ou la surestimation des sténoses voire les fausses occlusions en IRM.

Rappelons enfin que la décision d'intervention en cas de sténose carotidienne repose, indépendamment du caractère symptomatique ou asymptomatique, sur l'écho-Doppler associé à une autre méthode d'imagerie non invasive ou à un deuxième examen ultrasonore réalisé par un opérateur expérimenté.

BIBLIOGRAPHIE

1. RATCHFORD EV, JIN Z, DI TULLIO MR *et al.* Carotid bruit for detection of hemodynamically significant carotid stenosis: the Northern Manhattan Study. *Neurol Res*, 2009;31:748-752.
2. DE WEERD M, GREIVING JP, HEDBLAD B *et al.* Prediction of asymptomatic carotid artery stenosis in the general population: identification of high-risk groups. *Stroke*, 2014;45:2366-2371.
3. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients high with grade stenosis. *N Engl J Med*, 1991;325:445-453.
4. European Carotid Surgery Trialists' Collaborative Group. Randomised trial of endarterectomy for recently symptomatic carotid stenosis: final results of the MRC European Carotid Surgery Trial (ECST). *Lancet*, 1998;351:1379-1387.
5. OTA H, TAKASE K, RIKIMARU H *et al.* Quantitative vascular measurements in arterial occlusive disease. *Radiographics*, 2005;25:1141-1158.
6. ABOYANS V, RICCO JB, BARTELINK MEL *et al.* ESC Scientific Document Group, 2017 ESC Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases, in collaboration with the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Eur Heart J*, 2017 Aug 26.
7. SPENCER MP, REID JM. Quantitation of carotid stenosis with continuous-wave (C-W) Doppler ultrasound. *Stroke*, 1979;10:326-333.

L'auteur a déclaré ne pas avoir de conflits d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.