La sténose significative vue par l'échographie endocoronaire (IVUS)

C. CAUSSIN, D. PESENTI-ROSSI,
Y. HABIB, S. GHOSTINE
Hôpital Marie Lannelongue,
LE PLESSIS-ROBINSON.

L'échographie endocoronaire (IVUS), en visualisant non seulement la lumière artérielle mais aussi la plaque d'athérome, permet de pallier les insuffisances de la coronarographie, à savoir :

• Le postulat d'un segment de référence sain afin de calculer un pourcentage de sténose. Ce segment de référence est en fait exceptionnellement sain.

• La projection bidimensionnelle d'un volume qui peut masquer des sténoses excentrées ou créer des superpositions sur des segments importants.

Les mesures de lumière obtenues en échographie endocoronaire sont très fortement corrélées aux tests fonctionnels invasifs ou non invasifs et ont aussi une valeur pronostique.

Ses principaux inconvénients sont son coût, son caractère invasif et sa faible diffusion.

Les premières images d'échographie endovasculaire ont été enregistrées en 1988 par Yock, son impact clinique a été révélé dans le milieu des années 90 et son application dans les grandes séries (études de régression de plaque, études de resténose avec les stents actifs) est surtout contemporaine des années 2000. Actuellement, des sondes de 40 MHz sont utilisées. Leur résolution spatiale, axiale de 80 à 100 μm et circonférentielle de l'ordre de 200 μm, et la cadence image de 30/seconde sont suffisantes pour apprécier précisément des dimensions de la lumière artérielle. Les mesures sont des mesures directes.

MESURES QUANTITATIVES

Aussi précises soient-elles, les images d'échographie endocoronaire ne sont pas des images histologiques. Comme toutes images échographiques, ce sont les interfaces entre des milieux d'impédance acoustique différente qui constituent l'image. La densité d'un même tissu est proportionnelle à la présence de collagène ou de calcium. Les éléments sanguins en mouvement donnent un aspect brillant et mobile caractéristique. Les structures très cellulaires, sans collagène, liquidiennes ou riches en lipides apparaissent comme peu écho-intenses ; à l'inverse, les structures très fibreuses comme les plaques fibreuses, les limitantes élastiques ou l'adventice apparaissent très écho-intenses.

Les mesures en échographie doivent être réalisées au bord d'attaque de chaque interface et jamais au bord fuyant. Les mesures de diamètre doivent passer par le centre de la lumière et non pas par le centre du cathéter. Les mesures de diamètre et de surface luminale doivent être réalisées sur les images de section d'artère et pas sur les images de reconstruction longitudinale, excepté pour les mesures de longueur de segment [1, 2].

Sur une image échographique de section d'artère, seuls deux interfaces ont une signification histologique : l'interface lumière-intima (ou lumière plaque) et l'interface média-adventice. Deux mesures de section doivent être réalisées de façon reproductible : la surface artérielle luminale qui est la surface de la lumière bordée par l'intima (ou la plaque), et la surface artérielle totale bordée par la limitante élastique externe qui est la surface bordée par l'interface média-adventice. Dans les vais-

► Qu'appelle-t-on une sténose coronaire significative ?

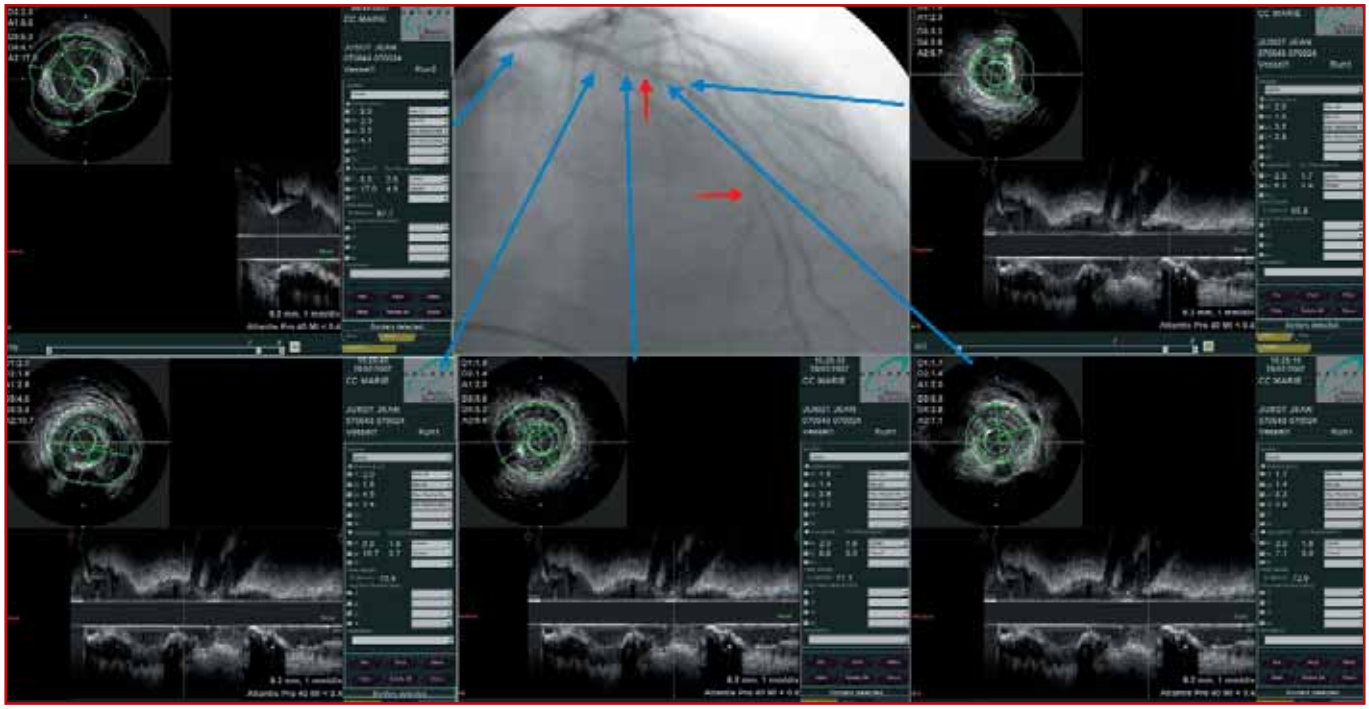

Fig. 1 : *Un exemple de sténose évaluée par coronarographie et échographie endocoronaire. La coronarographie retrouve un réseau grêle. On met en évidence une sténose significative de plus de 50 % de l'IVA assez distale et peut-être au niveau du départ de la 2e diagonale (flèches rouges). La partie proximale de l'IVA et le tronc commun semblent réguliers et sains, l'IVA moyenne au niveau du départ des 2 premières diagonales semble porteuse d'un athérome modéré. L'échographie endocoronaire a une tout autre expertise. Le réseau tronc commun et IVA est très sévèrement infiltré avec une "sténose significative" qui s'étend du tronc commun (surface luminale = 5,5 mm² et 67 % de sténose diffuse en haut à gauche) à l'IVA proximale (surface luminale = 2,9 mm² et 72 % de sténose diffuse en bas à gauche) et l'IVA moyenne (surface luminale = 2,0 mm² et 77 % de sténose diffuse en bas au milieu et à droite). L'IVA distale n'a pas été explorée. Comme on le voit, l'appréciation des sténoses est beaucoup plus fiable en IVUS car il s'agit d'une quantification absolue et non en référence à un segment jugé sain comme en coronarographie.*

seaux stentés, une troisième interface peut être mesurée, délimitée par les mailles du stent.

1. – Les bords de la lumière

La première structure que le faisceau d'ultrasons traverse est la lumière remplie de sang. Le sang a un aspect scintillant en mouvement qui le distingue des tissus. L'intensité du scintillement augmente de façon exponentielle avec la fréquence du transducteur et la stase sanguine, ainsi le sang en stase peut être plus écho-dense qu'une plaque. L'injection par le cathéter de sérum physiologique ou de contraste est utile pour laver ce phénomène et obtenir une bonne visibilité des bords du vaisseau. Des algorithmes sont aussi disponibles pour filtrer le sang en perpétuel mouvement.

Les mesures luminales incluent la surface artérielle luminale et le diamètre minimum (le plus petit diamètre passant par le centre de la lumière) et le diamètre maximal (le plus long diamètre passant par le centre de la lumière). Cette mesure de surface luminale au niveau de l'obstruction la plus importante est la mesure clé de la quantification en IVUS.

2. – La média

La média ne peut être mesurée de façon précise en échographie endocoronaire. En effet, la média est essentiellement de composante musculaire avec très peu de collagène. La réflectivité du collagène étant mille fois supérieure à celle du muscle, la limitante élastique interne riche en collagène donne des échos hyper-intenses qui débordent dans la média. Ainsi, le bord d'attaque de la média n'est pas individualisable.

En revanche, la limitante élastique externe se présente comme un écho hyper-intense au-delà de la bande noire de la média. La surface définie à l'intérieur de la limitante élastique externe est la surface artérielle totale. On peut en déduire la surface plaque + média qui est la surface artérielle totale moins la surface artérielle luminale.

3. – L'adventice

L'adventice est une structure très riche en collagène, ayant donc un aspect hyperéchogène. Son épaisseur de l'ordre de 200 μm n'est pas observable car il n'y a pas d'interface acous-

POINTS FORTS

- **L'IVUS permet une imagerie directe de la plaque d'athérome et de la lumière avec une précision de quelques dizaines de microns.**
- **Il existe une corrélation forte entre les tests fonctionnels et les paramètres d'échographie endocoronaire.**
- **L'IVUS a une valeur pronostique.**

tique entre l'adventice et le tissu péri-adventiciel. Sous certaines conditions, on peut toutefois estimer son épaisseur lors de la présence d'une interface acoustique, par exemple lors de trajets en contact avec du liquide péricardique (IVA) ou lors de trajets intramyocardiques [3].

4. – Les stents

En présence d'un stent, une troisième mesure est réalisable : la surface intrastent délimitée par le centre de chacune des mailles du stent. Elle permet de calculer la surface d'hyperplasie intimale qui est la surface artérielle luminale moins la surface intrastent.

En faisant la somme de ces surfaces d'hyperplasie tous les millimètres, on obtient le volume d'hyperplasie en mm^3. Ce volume peut être reporté à la surface en divisant le volume par la longueur.

APPLICATION CLINIQUE DE LA QUANTIFICATION EN IVUS

La surface artérielle minimale luminale (minimal lumen area : MLA des Anglo-Saxons) a la plus forte corrélation avec les tests d'ischémie et une excellente valeur pronostique. Cette surface est corrélée de façon significative avec le risque d'événements graves (décès, infarctus du myocarde, nécessité d'une revascularisation du vaisseau cible) lorsque l'on s'intéresse aux gros troncs épicardiques. Un taux d'événement de 30 % était observé chez des patients qui avaient une surface luminale inférieure à 3 mm^2, un taux de 22 % lorsque la lumière était inférieure à 4 mm^2, et de 5 % lorsqu'elle était supérieure à 4 mm^2 [4].

La valeur seuil de 4 mm^2 est confirmée par les tests d'ischémie, notamment le Doppler coronaire où le chiffre de 4 mm^2 correspond à une réserve coronaire de 2 en Doppler coronaire, seuil ischémique communément admis [5]. Le guide pression et la mesure de la FFR [6] ainsi que la scintigraphie myocardique [7] retiennent aussi cette valeur de surface luminale minimale de 4 mm^2 comme seuil de significativité.

Pour les troncs communs, cette surface luminale minimale a été déterminée de la même manière à 5,9 mm^2 ou 6 mm^2 [8, 9]. L'apport de l'écho endocoronaire pour l'estimation de la sténose résiduelle post-stent en comparaison à la coronarographie est démontré. Ainsi, les stents implantés en s'aidant de l'IVUS ont un taux de resténose nettement inférieur aux stents implantés sous angiographie seule [10].

Les principales limites de l'IVUS sont son coût élevé et son caractère invasif. Sa diffusion en France est très faible puisqu'il accompagne environ 0,5 % des coronarographies diagnostiques. Ce chiffre atteint 30 % au Japon. Le service rendu par cette technique devrait permettre de voir son développement dans les prochaines années comme un examen de routine pour pallier les limites de la coronarographie. ■

Bibliographie

1. Mintz GS, Nissen SE, Anderson WD, Bailey SR, Erbel R, Fitzgerald PJ, Pinto FJ, Rosenfield K, Siegel RJ, Tuzcu EM, Yock PG. American College of Cardiology Clinical Expert Consensus Document on Standards for Acquisition, Measurement and Reporting of Intravascular Ultrasound Studies (IVUS). A report of the American College of Cardiology Task Force on Clinical Expert Consensus Documents. *J Am Coll Cardiol,* 2001 ; 37 : 1 478-92.

2. Di Mario C, Gorge G, Peters R, Kearney P, Pinto F, Hausmann D, von Birgelen C, Colombo A, Mudra H, Roelandt J, Erbel R. Clinical application and image interpretation in intracoronary ultrasound. Study Group on Intracoronary Imaging of the Working Group of Coronary Circulation and of the Subgroup on Intravascular Ultrasound of the Working Group of Echocardiography of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J,* 1998 ; 19 : 207-29.

3. Rioufol G, Elbaz M, Dubreuil O, Tabib A, Finet G. Adventitia measurement in coronary artery : an in vivo intravascular ultrasound study. *Heart,* 2006 ; 92 : 985-6.

4. Abizaid AS, Mintz GS, Mehran R, Abizaid A, Lansky AJ, Pichard AD, Satler LF, Wu H, Pappas C, Kent KM, Leon MB. Long-term follow-up after percutaneous transluminal coronary angioplasty was not performed based on intravascular ultrasound findings : importance of lumen dimensions. *Circulation*, 1999 ; 100 : 256-61.

5. Abizaid A, Mintz GS, Pichard AD, Kent KM, Satler LF, Walsh CL, Popma JJ, Leon MB. Clinical, intravascular ultrasound, and quantitative angiographic determinants of the coronary flow reserve before and after percutaneous transluminal coronary angioplasty. *Am J Cardiol,* 1998 ; 82 : 423-8.

6. Briguori C, Anzuini A, Airoldi F, Gimelli G, Nishida T, Adamian M, Corvaja N, Di Mario C, Colombo A. Intravascular ultrasound criteria for the assessment of the functional significance of intermediate coronary artery stenoses and comparison with fractional flow reserve. *Am J Cardiol*, 2001 ; 87 : 136-41.

7. Nishioka T, Amanullah AM, Luo H, Berglund H, Kim CJ, Nagai T, Hakamata N, Katsushika S, Uehata A, Takase B, Isojima K, Berman DS, Siegel RJ. Clinical validation of intravascular ultrasound imaging for assessment of coronary stenosis severity : comparison with stress myocardial perfusion imaging. *J Am Coll Cardiol,* 1999 ; 33 : 1 870-8.

8. Abizaid AS, Mintz GS, Abizaid A, Mehran R, Lansky AJ, Pichard AD, Satler LF, Wu H, Kent KM, Leon MB. One-year follow-up after intravascular ultrasound assessment of moderate left main coronary artery disease in patients with ambiguous angiograms. *J Am Coll Cardiol*, 1999 ; 34 : 707-15.

9. Jasti V, Ivan E, Yalamanchili V, Wongpraparut N, Leesar MA. Correlations between fractional flow reserve and intravascular ultrasound in patients with an ambiguous left main coronary artery stenosis. *Circulation,* 2004 ; 110 : 2 831-6.

10. Nissen SE, Yock P. Intravascular ultrasound : novel pathophysiological insights and current clinical applications. *Circulation*, 2001 ; 103 : 604-16.