

■ Le dossier – Prise en charge des coronaropathies

Actualités de l'imagerie endocoronaire

RÉSUMÉ : L'IVUS et l'OCT sont deux techniques d'imagerie endocoronaire, reposant respectivement sur l'utilisation des ultrasons et des rayonnements infrarouges. Elles jouent un rôle essentiel dans la prise en charge des pathologies coronaires en permettant de guider les angioplasties complexes, d'évaluer les complications liées au stenting, et d'établir un diagnostic précis pour certaines formes de syndromes coronaires aigus. Leur importance et leurs indications ont récemment été mises en avant par les dernières recommandations de la Société européenne de cardiologie (ESC).



P. GUIRAUD-CHAUMEIL
CHU Lariboisière, PARIS.



C. SERVOZ
CHU, TOULOUSE.

L'imagerie endocoronaire regroupe un ensemble de techniques, utilisées en cardiologie interventionnelle pour évaluer l'anatomie des artères coronaires de l'intérieur. Les indications sont multiples allant de la prise en charge diagnostique à un outil thérapeutique pour les pathologies coronaires. Cet article a pour objectif de présenter les deux principales modalités d'imagerie : l'OCT (tomographie en cohérence optique) et l'IVUS (imagerie par ultrason intravasculaire), tout en mettant en lumière les avancées récentes dans le domaine.

Principes de l'imagerie endocoronaire

L'angiographie coronaire permet d'étudier les artères coronaires, d'évaluer leur calibre et de quantifier une sténose en deux dimensions. Toutefois, l'angiographie traditionnelle présente certaines limites. Elle ne permet pas d'étudier la paroi de l'artère, d'évaluer précisément les dimensions d'un vaisseau et les caractéristiques des plaques, ni d'apprécier finement un résultat d'angioplastie. Initialement conçue comme un simple outil de diagnostic, l'imagerie endocoronaire est aujourd'hui devenue un élément essentiel pour guider les procédures de revascularisation complexes. La mesure préprocédurale des dimensions du vaisseau et de la lumière

artérielle, ainsi que la caractérisation de la lésion facilitent le dimensionnement du stent et orientent la stratégie d'implantation. L'imagerie postprocédurale permet une évaluation détaillée des mailles du stent et guide un éventuel geste d'optimisation.

Les deux techniques utilisées sont l'OCT et l'IVUS. Elles présentent des caractéristiques différentes et ont chacune des avantages et des inconvénients, inhérents à leurs principes physiques. Les principales situations cliniques dans lesquelles pourra être utilisée l'imagerie endocoronaire regroupent :

- le syndrome coronaire aigu, et plus particulièrement dans le diagnostic des formes non obstructives (MINOCA) ;
- l'évaluation des plaques d'athérome et notamment de la vulnérabilité de la plaque ;
- le guidage de l'angioplastie complexe (angioplastie des troncs proximaux, angioplasties de bifurcations, angioplasties de lésions calcifiées, CTO) ;
- le suivi et la surveillance des patients déjà stentés, en permettant de rechercher la survenue de complications potentielles.

>>> L'OCT (tomographie en cohérence optique)

Cette technique repose sur l'utilisation d'ondes lumineuses et en particulier les ondes infrarouges, pour reconsti-

Le dossier – Prise en charge des coronaropathies

tuer une image tridimensionnelle du vaisseau étudié. L'OCT offre une excellente résolution de l'ordre de 10 micromètres, permettant une visualisation très fine des structures artérielles coronaires. Lors de l'enregistrement de l'image, il est nécessaire d'injecter du produit de contraste iodé, afin de débarrasser la lumière artérielle des hématies qui perturbent l'acquisition. En raison de ses propriétés, l'OCT est une technique moins adaptée à l'étude des lésions coronaires ostiales. De plus, malgré sa haute résolution, cette technique présente une faible profondeur de pénétration, limitée à 1 à 2 millimètres.

>>> L'IVUS (imagerie par ultrason intravasculaire)

Cette modalité d'imagerie, qui correspond à de l'échographie intravasculaire, utilise les ondes ultrasonores pour produire des images depuis l'intérieur des vaisseaux (**fig. 1**). Elle dispose d'une résolution moindre comparativement à l'OCT (100 microns), mais elle offre une meilleure profondeur de pénétration. Un avantage notable de l'IVUS, réside dans le fait qu'il ne nécessite pas d'injection de produit de contraste iodé, ce qui en fait une option particulièrement intéressante chez les patients insuffisants rénaux.

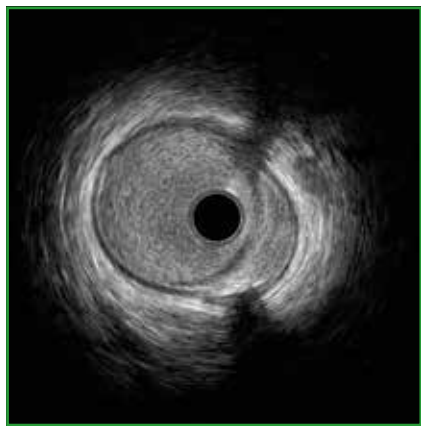


Fig. 1 : Image d'une plaque d'athérosclérose jugée intermédiaire en IVUS. Visualisation des trois tuniques de la paroi artérielle.

Données cliniques et utilisations

L'IVUS et l'OCT ont été évalués dans de nombreux essais cliniques, avec un plus grand nombre d'études portant sur l'IVUS. Certaines de ces études, récentes, ont conduit à des modifications des recommandations émises par les sociétés savantes.

Dans le cadre des angioplasties coronaires complexes, l'utilisation de l'imagerie va permettre de guider la stratégie de revascularisation, en donnant à l'opérateur le diamètre précis de l'artère, la longueur de la lésion ainsi que sa morphologie et son niveau de calcification. Ces informations sont essentielles pour guider le choix des techniques de préparation de la plaque mais également pour guider le choix du diamètre et la longueur du stent. Ceci permet alors de limiter le risque : d'une sous-expansion du stent (lorsque celui-ci est contraint par un élément externe) ou une mal-apposition (lorsqu'une partie de la prothèse n'est pas correctement appliquée contre la paroi artérielle), qui sont des facteurs identifiés de resténose, de thrombose de stents et autres complications qui sont associés à un moins bon pronostic clinique [1].

Puisqu'elles ne partagent pas les mêmes propriétés, l'OCT et l'IVUS auront chacune des limites et indications préférentielles, en fonction des indications.

>>> Lésions complexes/lésions de bifurcation

Les essais IVUS-XPL [2] et ULTIMATE [3] ont prouvé que chez des patients traités par angioplastie pour des lésions coronaires complexes, une stratégie basée sur un guidage par IVUS faisait mieux sur des événements cliniques que comparativement à l'utilisation de l'angiographie seule.

L'essai OCTOBER [4] a évalué une stratégie basée sur l'OCT pour des lésions de bifurcation, et a mis en évidence une diminution des événements liés au vais-

seau à 2 ans, comparativement à une stratégie seulement guidée par angiographie.

Bien que l'IVUS ait été plus largement étudié que l'OCT, des essais récents tels que OPINION [5] et MISTIC-1 [6] ont mis en évidence une non-infériorité de l'angioplastie guidée par OCT, par rapport à un guidage IVUS, chez des patients pris en charge pour une angioplastie coronaire programmée.

Enfin, ces deux modalités d'imagerie ont été évaluées ensemble dans l'essai RENOVATE-COMPLEX PCI, avec pour résultats une diminution des événements cliniques sur un critère composite, chez des patients pris en charge pour une angioplastie et chez qui ont été utilisés IVUS (74 %) et OCT (26 %), en les comparant à une stratégie guidée par angiographie [7].

>>> Lésion du tronc commun

L'IVUS a été évalué par plusieurs essais et a montré son efficacité pour guider l'angioplastie et sa sécurité d'utilisation. Du fait de sa profondeur de champ, l'IVUS est particulièrement intéressant pour les angioplasties du tronc commun, surtout si celui-ci est de grande taille.

>>> Lésions longues

Une évaluation morphologique approfondie est un outil essentiel dans la prise en charge des lésions coronaires longues et diffuses. Dans cette situation, il est souvent difficile, avec la seule angiographie, de déterminer précisément le début et la fin de la plaque d'athérosclérose, ainsi que d'évaluer les dimensions réelles du vaisseau.

L'utilisation de techniques d'imagerie endocoronaire pour guider les angioplasties a démontré des bénéfices cliniques significatifs. À moyen et long terme, ces approches permettent une réduction des taux de resténose, de thrombose de stent et des événements cardiovasculaires majeurs dans cette indication [2, 3, 8].

>>> Syndrome coronaire aigu (SCA)

Concernant des patients pris en charge pour un SCA, l'essai IVUS-ACS [9] paru récemment dans le *Lancet*, a permis de mettre en évidence une supériorité de la stratégie de revascularisation guidée par IVUS sur des critères cliniques à 1 an, comparativement à l'angiographie seule.

L'OCT a également été évalué dans cette indication, par l'essai français DOCTORS [10], démontrant que chez des patients traités pour un SCA sans sus-décalage du segment ST, le guidage du geste par OCT était associé à des valeurs de FFR (*fractional flow reserve*) supérieures que chez les patients traités de manière conventionnelle.

>>> CTO

L'IVUS a montré son efficacité dans un essai randomisé [11] pour prévenir la survenue de MACE comparativement à une stratégie guidée par l'angiographie seule, chez des patients pris en charge pour une occlusion totale chro-

nique (CTO). Dans cette indication, elle permettra de localiser avec précision le guide utilisé et sa position dans la lumière ou sous-intimale.

>>> Lésions calcifiées

L'utilisation de l'OCT et de l'IVUS dans l'évaluation et la prise en charge des lésions calcifiées permettra de détecter plus facilement les plaques calcaires et la sévérité de la charge en calcium. Cette indication est particulièrement intéressante car elle permet de guider le choix de la stratégie de préparation de la plaque en utilisant plutôt de l'athérectomie, de la lithotripsie ou encore simplement un ballon afin de s'assurer d'un succès d'angioplastie [12]. L'imagerie finale permettra de s'assurer d'un bon déploiement du stent et de la bonne apposition des mailles à la paroi, ou à l'inverse de la nécessité d'une postdilatation.

>>> Complications d'une précédente angioplastie

L'imagerie endocoronaire est capable de guider la prise en charge des patients

déjà porteurs d'un stent coronaire. Elle permettra de renseigner l'opérateur sur le type de complication de l'angioplastie (thrombose localisée, resténose intra-stent...) ainsi que sur le mécanisme étiologique (sous-expansion, mal-apposition du stent...). Un traitement adapté peut alors être proposé pour éviter une nouvelle complication (*fig. 2*).

>>> MINOCA (*Myocardial Infarction with Non-Obstructive Coronary Arteries*)

Les recommandations européennes soulignent l'intérêt de l'IVUS et de l'OCT dans la prise en charge des patients admis pour infarctus à coronaires saines. L'imagerie endocoronaire joue un rôle essentiel en permettant de poser le diagnostic de MINOCA en révélant des anomalies non détectables par l'angiographie traditionnelle, telles que :

- une érosion de plaque ;
- une thrombose localisée ;
- une dissection coronaire spontanée.

L'apport de l'imagerie endocoronaire dans ce contexte peut ainsi modifier significativement la prise en charge des syndromes coronaires aigus (SCA) [13].

■ Recommandations

Un grand nombre de travaux évaluant l'imagerie endocoronaire ont été publiés au cours des dernières années. IVUS et OCT ont pris une place prépondérante dans le quotidien du cardiologue interventionnel et les dernières recommandations de la société européenne de cardiologie (ESC), en date du mois d'août 2024, ont renforcé la place de l'imagerie intravasculaire dans la prise en charge des patients coronariens chroniques [14].

- L'utilisation de l'imagerie endocoronaire est recommandée avec un grade I niveau de preuve A, comme aide à l'angioplastie des lésions complexes, en particulier les lésions du corps du tronc

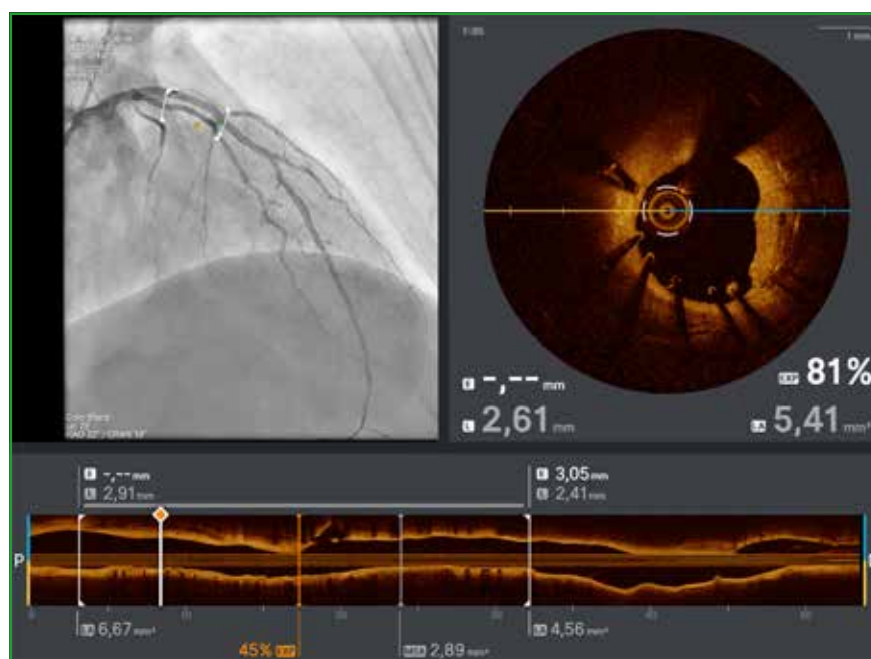


Fig. 2 : Contrôle OCT à quelques jours d'un SCA ST+ en rapport avec une thrombose de stent après traitement anticoagulant. On visualise une malapposition de stent (entre 16 h et 21 h) avec persistance d'une petite charge thrombotique.

Le dossier – Prise en charge des coronaropathies

commun, les lésions de bifurcation ou bien les longues lésions [14].

- Lorsqu'il existe une lésion du tronc commun à la coronarographie entre 40 et 70 % visuellement, un complément d'imagerie par IVUS devrait être utilisé pour caractériser la lésion (IIa, B).

Dans les recommandations ESC 2023 portant sur la prise en charge des SCA [15]:

- L'imagerie endocoronaire devrait être considérée pour guider l'angioplastie (IIa, A).

- L'imagerie endocoronaire, en particulier l'OCT, pourrait être considérée en cas de lésion coupable ambiguë, pour préciser le mécanisme du SCA (IIb, C).

Malgré leur place de plus en plus importante dans la pratique quotidienne et des recommandations en faveur de leur utilisation, IVUS et OCT ne bénéficient pas d'un remboursement par la Sécurité sociale en France actuellement, ce qui constitue un des freins à leur généralisation.

Conclusion

L'imagerie endocoronaire a largement été évaluée ces dernières années au cours de nombreuses études dans des indications variées. IVUS et OCT ont montré leur efficacité pour guider l'angioplastie et permettre une réduction des événements cliniques chez les patients qui en bénéficiaient. Les sociétés savantes, au premier rang desquelles l'ESC, ont renforcé leurs recommandations dans le sens d'une utilisation de ces modalités d'imagerie pour guider l'angioplastie de certaines lésions.

Il faut s'attendre à un usage de plus en plus fréquent de ces techniques, dans les années à venir, notamment dans les angioplasties les plus complexes et/ou celles des vaisseaux proximaux. Ces modalités d'imagerie ont également toute leur place dans le diagnostic des infarctus à coronaires saines.

BIBLIOGRAPHIE

1. STONE GW, CHRISTIANSEN EH, ALI ZA *et al.* Intravascular imaging-guided coronary drug-eluting stent implantation: an updated network meta-analysis. *The Lancet*, 2024;403:824-837.
2. HONG SJ, KIM BK, SHIN DH *et al.* Effect of Intravascular Ultrasound-Guided vs Angiography-Guided Everolimus-Eluting Stent Implantation: The IVUS-XPL Randomized Clinical Trial. *JAMA*, 2015;314:2155.
3. ZHANG J, GAO X, KAN J *et al.* Intravascular Ultrasound Versus Angiography-Guided Drug-Eluting Stent Implantation. *J Am Coll Cardiol*, 2018;72:3126-3137.
4. HOLM NR, ANDREASEN LN, NEGHBAT O *et al.* OCT or Angiography Guidance for PCI in Complex Bifurcation Lesions. *N Engl J Med*, 2023;389:1477-1487.
5. KUBO T, SHINKE T, OKAMURA T *et al.* Optical frequency domain imaging vs. intravascular ultrasound in percutaneous coronary intervention (OPINION trial): one-year angiographic and clinical results. *Eur Heart J*, 2017;38:3139-3147.
6. MURAMATSU T, OZAKI Y, NANASATO M *et al.* Comparison Between Optical Frequency Domain Imaging and Intravascular Ultrasound for Percutaneous Coronary Intervention Guidance in Biolimus A9-Eluting Stent Implantation: A Randomized MISTIC-1 Non-Inferiority Trial. *Circ Cardiovasc Interv*, 2020;13:e009314.
7. LEE JM, CHOI KH, SONG YB *et al.* Intravascular Imaging-Guided or Angiography-Guided Complex PCI. *N Engl J Med*, 2023;388:1668-1679.
8. KIM Y, KIM JH, HONG SJ *et al.* Widespread Use of Imaging-Guided PCI in Asia. *JACC Asia*, 2024;4:639-656.
9. LI X, GE Z, KAN J *et al.* Intravascular ultrasound-guided versus angiography-guided percutaneous coronary intervention in acute coronary syndromes (IVUS-ACS): a two-stage, multicentre, randomised trial. *The Lancet*, 2024;403:1855-1865.
10. MENEVEAU N, SOUTEYRAND G, MOTREFF P *et al.* Optical Coherence Tomography to Optimize Results of Percutaneous Coronary Intervention in Patients with Non-ST-Elevation Acute Coronary Syndrome: Results of the Multicenter, Randomized DOCTORS Study (Does Optical Coherence Tomography Optimize Results of Stenting). *Circulation*, 2016;134:906-917.
11. KIM BK, SHIN DH, HONG MK *et al.* Clinical Impact of Intravascular Ultrasound-Guided Chronic Total Occlusion Intervention With Zotarolimus-Eluting Versus Biolimus-Eluting Stent Implantation: Randomized Study. *Circ Cardiovasc Interv*, 2015;8:e002592.
12. PARK SJ, AHN JM, KANG DY *et al.* Preventive percutaneous coronary intervention versus optimal medical therapy alone for the treatment of vulnerable atherosclerotic coronary plaques (PREVENT): a multicentre, open-label, randomised controlled trial. *The Lancet*, 2024;403(10438):1753-1765.
13. LEO I, BISACCIA G, MIARIS N *et al.* Imaging patients with myocardial infarction with non-obstructive coronary arteries (MINOCA). *Heart*, 2024;110:209-217.
14. VRINTS C, ANDREOTTI F, KOSKINAS KC *et al.* 2024 ESC Guidelines for the management of chronic coronary syndromes. *Eur Heart J*, 2024;ehae177.
15. BYRNE RA, ROSSELLO X, COUGHLAN JJ *et al.* 2023 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes. *Eur Heart J*, 2023;44:3720-3826.

C. Servoz a déclaré être consultant pour Boston et Abbott. P. Guiraud-Chaumeil a déclaré ne pas avoir de liens d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.