



Imagerie peropératoire, aujourd'hui et demain

Aude Couturier

L'arrivée de la tomographie en cohérence optique (OCT), il y a une vingtaine d'années, a révolutionné l'imagerie de la rétine et représente aujourd'hui le gold standard pour le diagnostic et le suivi des pathologies maculaires. C'est donc naturellement que des tentatives pour acquérir ces images pendant la chirurgie ont ensuite été réalisées.

Les premières images peropératoires ont été obtenues à l'aide d'OCT portatifs ou montés sur le microscope et nécessitaient un arrêt de la chirurgie pour l'acquisition. Aujourd'hui, l'OCT intégré au microscope permet une imagerie en temps réel, de haute résolution, au cours de toutes les étapes de la chirurgie. Ces images *in vivo* de la manipulation du tissu rétinien pourraient permettre une meilleure compréhension des pathologies vitéo-rétiniennes, mais aussi une aide à la décision et une optimisation des résultats postopératoires.

Pour mieux comprendre l'impact et les bénéfices de l'imagerie OCT peropératoire sur la chirurgie, deux études nommées PIONEER (*Prospective Intraoperative and perioperative Ophthalmic imaging with optical coherence tomography*) et DISCOVER (*Determination of feasibility of Intraoperative Spectral domain microscope Combined/integrated OCT Visualization during En face Retinal and ophthalmic surgery*) ont été menées par l'équipe du Dr Ehlers à Cleveland [1,2]. L'étude DISCOVER a confirmé la faisabilité de l'imagerie peropératoire en OCT intégré au microscope (RESCAN 700, Carl Zeiss Meditec) avec une visualisation rapide et précise de la zone d'intérêt par tous les chirurgiens. Dans ces études, la visualisation des images d'OCT peropératoire a modifié l'attitude du chirurgien dans 15 à 40% des cas (présence de résidu de membrane, trou maculaire non suspecté...).

Intérêt dans la chirurgie maculaire

Les études PIONEER et DISCOVER ont démontré la faisabilité et l'utilité de l'OCT peropératoire dans la chirurgie maculaire [1,2]. Les images recueillies permettent d'obtenir une information sur l'intégrité des couches rétinienne, mais aussi de visualiser les structures épitrétiennes. Plusieurs études ont ainsi souligné l'intérêt de l'OCT peropératoire pour confirmer le caractère complet du pelage d'une membrane épitrétiennne et/

ou de la membrane limitante interne (MLI) [2-4]. La réalisation d'un OCT juste après le pelage permet en effet de vérifier l'absence de résidu et évite de faire une seconde coloration potentiellement toxique. Un résidu de membrane a été détecté en OCT peropératoire, mais il n'a pas été visualisé par le chirurgien dans 10% des cas dans l'étude PIONEER [1].

La vérification de l'intégrité de la rétine après le pelage, notamment dans les cas de tractions vitéo-maculaires sévères, est aussi un avantage certain de l'OCT peropératoire [5].

La réalisation d'images OCT *in vivo* au moment du pelage permet également de visualiser directement les modifications du tissu rétinien induites par le pelage. L'élévation du cortex vitréen postérieur ainsi que le pelage de la membrane épitrétiennne et/ou de la MLI induisent une traction aiguë à la surface de la rétine sans modifier de façon significative la morphologie maculaire (*figure 1*). Après le pelage, aucun changement significatif de morphologie n'est observable et les plis rétinien restent

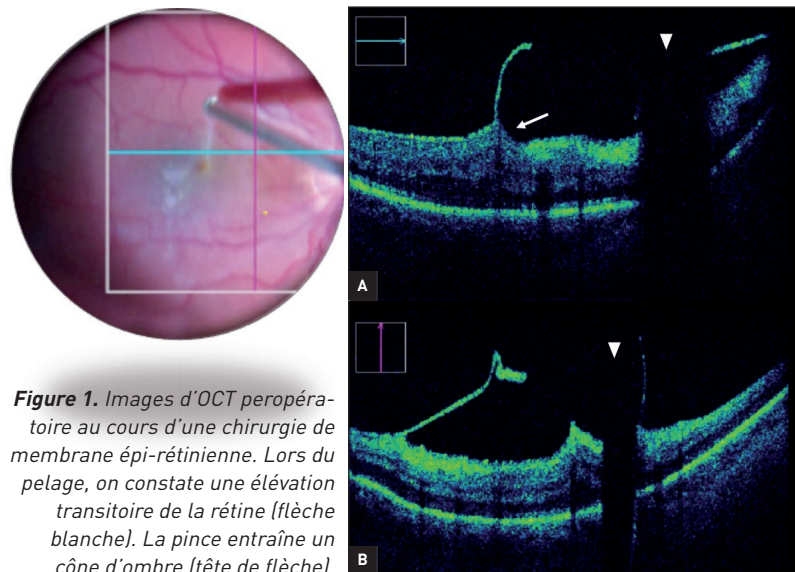


Figure 1. Images d'OCT peropératoire au cours d'une chirurgie de membrane épitrétiennne. Lors du pelage, on constate une élévation transitoire de la rétine (flèche blanche). La pince entraîne un cône d'ombre (tête de flèche).

Hôpital Lariboisière, Paris

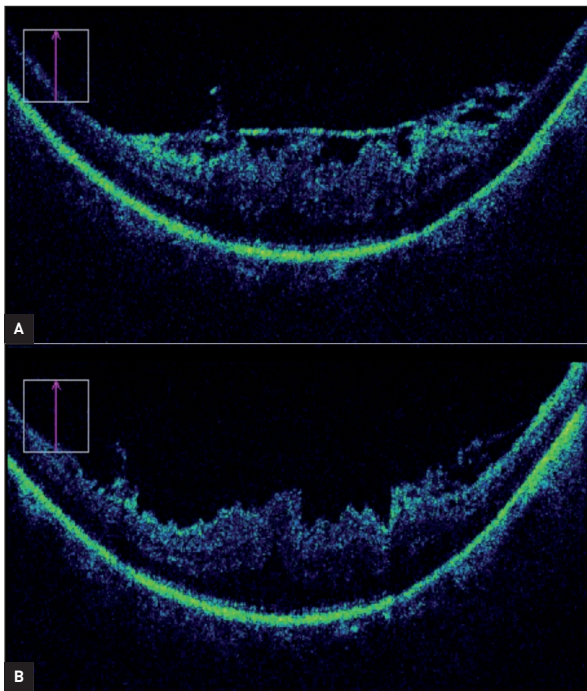


Figure 2. Images d'OCT peropératoire avant (A) et après (B) pelage lors d'une chirurgie de membrane épi-rétinienne. On constate la persistance des plis rétiens après le pelage.

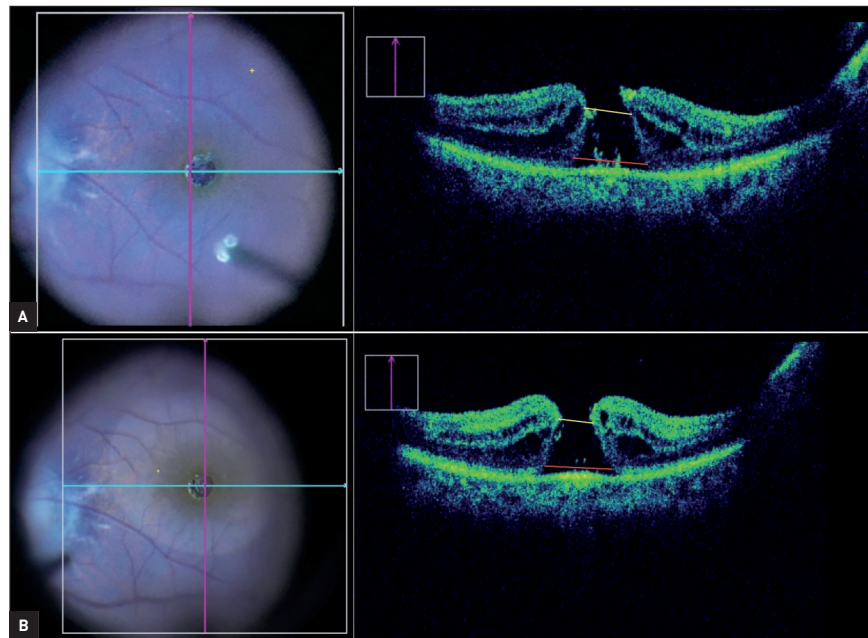


Figure 3. Images d'OCT peropératoire avant (A) et après (B) pelage de limitante lors d'une chirurgie de trou maculaire. Les diamètres du trou maculaires restent stables après la vitrectomie et le pelage de la membrane limitante interne.

visibles (figure 2). Ces analyses qualitatives ont été confirmées par des données quantitatives : au cours de la chirurgie de membranes épirétiniennes, l'épaisseur maculaire centrale mesurée en OCT peropératoire après le pelage de la membrane n'est pas significativement différente de l'épaisseur centrale mesurée en OCT peropératoire avant le pelage [3]. De même, au cours de la chirurgie de trou maculaire, l'analyse en OCT peropératoire n'a pas retrouvé de variation significative du diamètre minimal horizontal ni du diamètre de la base du trou après la réalisation du décollement postérieur du vitré, ni après le pelage de la MLI en comparaison des diamètres initiaux du trou maculaire [6] (figure 3). La rétine présente donc une résistance importante aux tractions aiguës exercées par les instruments chirurgicaux. Ainsi, une traction prolongée semble nécessaire pour entraîner les altérations structurales visibles dans les membranes épirétiniennes et dans les trous maculaires, confirmant les propriétés de résistance et d'élasticité de la rétine.

Intérêt chez le patient myope fort

L'OCT peropératoire trouve particulièrement son intérêt chez le patient myope fort. En effet, la myopie forte augmente le risque de survenue de pathologies vitréo-rétiniennes, telles que les membranes épirétiniennes,

les fovéoschisis et les trous maculaires. Par ailleurs, la chirurgie du myope fort peut être complexe en raison d'une visibilité moindre, de la présence d'un staphylome postérieur ou d'une atrophie chorioretinienne.

Une étude réalisée chez 22 patients myopes forts a confirmé la faisabilité de l'OCT peropératoire dans ces yeux, avec l'obtention d'images de bonne qualité malgré la grande longueur axiale et la présence d'un staphylome [7]. Cette étude souligne également l'intérêt de l'OCT peropératoire dans ces yeux myopes forts qui sont à plus haut risque de complications chirurgicales. Ainsi, dans cette série, l'OCT peropératoire a permis de confirmer l'apparition d'un trou rétinien après le pelage dans 2 des 22 yeux myopes forts opérés (9%) (figure 4). Cette capacité de détection d'une lésion après le pelage est particulièrement importante chez les myopes forts, et notamment dans la chirurgie des fovéoschisis, où l'apparition d'un trou maculaire en postopératoire est une complication fréquente. La vérification immédiate de la présence d'un trou en fin de chirurgie sera une aide précieuse pour guider le chirurgien sur la nécessité ou non d'un tamponnement par gaz.

De plus, cette étude a montré la capacité de l'OCT peropératoire à détecter les structures épirétiniennes, parfois difficiles à visualiser chez les yeux myopes forts présentant un faible contraste. Cette étude souligne notamment

Dossier

l'apport de l'OCT peropératoire pour vérifier l'attache du vitré à la papille et détecter la présence de résidus de cortex vitréen, qui sont fréquents dans les yeux myopes forts et doivent être pelés afin de lever toute traction antéro-postérieure (figure 5). De même que chez l'emmetrope, les bords ou les résidus d'une membrane épirétinienne ou de limitante interne peuvent être visualisés et le caractère complet du pelage peut ainsi être vérifié sur les images *in vivo*.

Enfin, l'OCT peropératoire sera utile pour la réalisation de techniques chirurgicales spécifiques telles que celle du pelage de limitante avec épargne fovéolaire (*foveal-sparing*) utilisée dans les foveoschisis, ou celle du volet de limitante interne (*ILM-flap*) dans les trous maculaires, en confirmant la bonne position de ce volet après échange fluide-air.

Avenir de l'OCT peropératoire

L'OCT peropératoire fait sans aucun doute partie intégrante de la chirurgie vitréo-maculaire moderne aujourd'hui. Si son utilisation n'est pas nécessaire de façon systématique dans les cas simples de membranes épirétiniennes ou de trous maculaires, elle devient presque indispensable dans certains cas de tractions vitréo-maculaires sévères ou dans la chirurgie du myope fort, comme détaillé ci-dessus. L'OCT peropératoire sera également très utile dans les chirurgies d'hémorragies intravitréennes dont le statut maculaire préopératoire n'est pas connu,

permettant ainsi de traiter de façon simultanée une fine membrane épirétinienne associée ou un œdème maculaire.

À l'avenir, l'amélioration de la résolution des images et le développement d'instruments spécifiques sans artefact d'ombre permettront sans doute de faciliter son utilisation. L'intégration à une plateforme de chirurgie assistée par réalité augmentée pourrait également permettre d'améliorer la visualisation des images, voire de les comparer aux images préopératoires en temps réel.

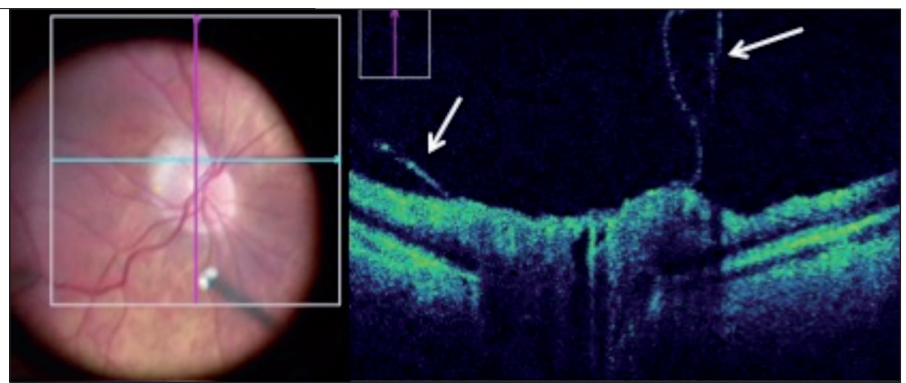


Figure 4. Image d'OCT peropératoire centrée sur la papille chez un patient myope fort, confirmant que le décollement postérieur du vitré est incomplet.

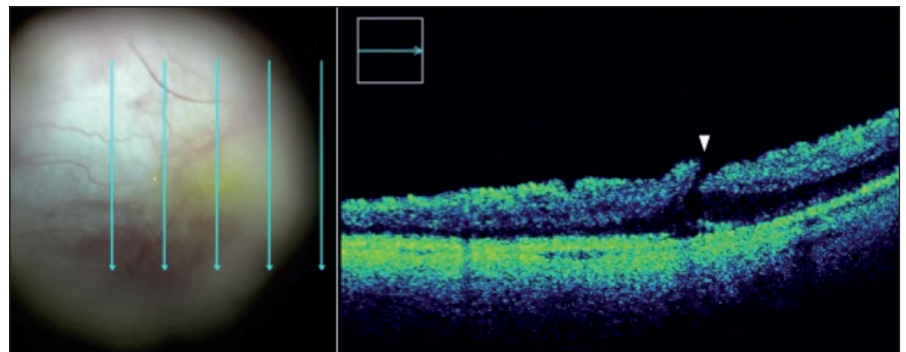


Figure 5. Image d'OCT peropératoire après pelage de membrane épi-rétinienne chez un patient myope fort, mettant en évidence un trou rétinien.

Références bibliographiques

- [1] Ehlers JP, Dupps WJ, Kaiser PK *et al.* The prospective intraoperative and perioperative ophthalmic imaging with optical coherence tomography (PIONEER) Study: 2-year results. *Am J Ophthalmol.* 2014;158(5):999-1007.
- [2] Ehlers JP, Goshe J, Dupps WJ *et al.* Determination of feasibility and utility of microscope-integrated optical coherence tomography during ophthalmic surgery: the DISCOVER Study RESCAN Results. *JAMA Ophthalmol.* 2015;133(10):1124-32.
- [3] Ray R, Barañano DE, Fortun JA *et al.* Intraoperative microscope-mounted spectral domain optical coherence tomography for evaluation of retinal anatomy during macular surgery. *Ophthalmology.* 2011;118(11):2212-7.
- [4] Falkner-Radler CI, Glittenberg C, Gabriel M, Binder S. Intraoperative microscope-integrated spectral domain optical coherence tomography-assisted membrane Peeling. *Retina.* 2015;35(10):2100-6.
- [5] Ehlers JP, Tam T, Kaiser PK *et al.* Utility of intraoperative optical coherence tomography during vitrectomy for vitreomacular traction syndrome. *Retina.* 2014;34(7):1341-6.
- [6] Ehlers JP, Xu D, Kaiser PK, Singh RP, Srivastava SK. Intraoperative dynamics of macular hole surgery: an assessment of surgery-induced ultrastructural alterations with intraoperative optical coherence tomography. *Retina.* 2014;34(2):213-21.
- [7] Bruyère E, Philippakis E, Dupas B *et al.* Benefit of intraoperative optical coherence tomography for vitreomacular surgery in highly myopic eyes. *Retina.* 2017 Aug 22. Epub ahead of print.