



Chirurgie cornéenne assistée par OCT

Vincent Borderie

Le microscope opératoire OCT est pour le chirurgien de la cornée un progrès technologique majeur mais aussi un challenge car il doit apprendre à opérer en regardant une image OCT plus qu'une vue traditionnelle du champ opératoire. L'OCT associé au microscope opératoire utilise une image de génération Spectral domain en temps réel. Ses principales applications actuelles sont la greffe de cornée, la chirurgie de l'hydrops et le traitement des décollements de la membrane de Descemet après chirurgie de la cataracte.

L'introduction de la tomographie en cohérence optique (OCT) en peropératoire constitue une révolution dans la chirurgie cornéenne. De même que le développement l'OCT-Spectral domain pour l'évaluation des pathologies du segment antérieur a modifié profondément la pratique clinique des cornéologues, l'association de l'OCT au microscope opératoire est un progrès majeur en chirurgie cornéenne car la technologie OCT permet d'augmenter la définition de l'image du tissu cornéen lors de la chirurgie. L'image de la cornée au microscope opératoire ne permet pas de distinguer ses différentes couches (épithélium, stroma, membrane de Descemet et endothélium) ni de savoir précisément à quelle profondeur une dissection est réalisée. Inversement, l'image OCT du microscope permet de différencier l'épithélium du stroma et le stroma de la membrane de Descemet et d'évaluer la profondeur d'une dissection dans le stroma cornéen.

Une nouvelle technique chirurgicale

Sur le plan technique, l'OCT associé au microscope opératoire, utilise une image de génération Spectral domain en temps réel. Le microscope opératoire OCT (*figure 1*) est pour le chirurgien de la cornée un progrès technologique majeur mais aussi un challenge car il doit apprendre à opérer en regardant une image OCT plus qu'une vue traditionnelle du champ opératoire. Le microscope fournit soit une image classique du champ opératoire, soit la même image avec une ou deux coupes OCT perpendiculaires entre elles en incrustation dans un des deux oculaires du microscope. Le passage d'un mode vue



Figure 1. Microscope opératoire OCT. Préparation d'un greffon pour une greffe endothéliale.

à un autre se fait par la pédale du microscope. Celle-ci permet également de focaliser l'OCT, de déplacer la zone d'intérêt et de déclencher un enregistrement numérique. Les autres fonctions traditionnelles d'un microscope opératoire sont également pilotées par la pédale (zoom, déplacement latéral, mise au point).

La limitation actuelle de cette nouvelle technologie est son coût élevé. Ce type de matériel est justifié pour une activité importante et régulière de chirurgie cornéenne. Néanmoins, lorsque l'on a appris à utiliser le microscope OCT pour faire les greffes de cornée, il devient difficile de s'en passer.

Les principales applications actuelles du microscope opératoire OCT sont les greffes lamellaires, greffes endothéliales et greffes lamellaires antérieures.

CHNO des XV-XX, Université Pierre et Marie Curie, Paris ; 10th Boston Visiting Professor in Cornea and External Eye Disease, Harvard Medical School, Boston

Greffes de cornée assistée par OCT

Lors de la préparation des greffons pour la DSAEK (*Descemet stripping automated endothelial keratoplasty*), le microscope opératoire OCT permet de contrôler le greffon avant la découpe (recherche d'un amincissement cornéen localisé, d'une incision de chirurgie de la cataracte) et donc de guider la découpe (choix de la profondeur de découpe et de la zone d'attaque de la découpe). Il permet également de contrôler le greffon obtenu (épaisseur centrale du greffon, variabilité de l'épaisseur du greffon) (figure 2). Le greffon préparé pour la DMEK (*Descemet membrane endothelial keratoplasty*) est également parfaitement visualisé sur les coupes OCT (figure 3).

La greffe endothéliale comporte un temps d'ablation mécanique de la membrane de Descemet du patient (*Descemet membrane stripping*). Celle-ci doit être enlevée sur toute la zone correspondant à la greffe et sur toute son épaisseur (descemétorhexis). Dans certains cas, le clivage peut se faire non pas entre le stroma et la membrane de Descemet mais entre la couche fœtale (*anterior banded zone, ABZ*) et la couche post-natale (*posterior non banded zone, PNBZ*) de la Descemet laissant en place l'ABZ. Les reliquats de membrane de Descemet ou d'ABZ sont sources de mauvaise adhésion du greffon endothélial et d'opacités de l'interface [1]. Le microscope opératoire OCT permet de contrôler que l'ablation de la membrane de Descemet a été complète.

Au temps suivant de la greffe endothéliale, le microscope opératoire OCT permet de contrôler que le greffon est inséré face endothéliale vers l'arrière et qu'il est bien adhérent au stroma de la cornée du patient, sans fluide résiduel entre les deux. En cas de DSAEK, la face endothéliale du greffon est aisément identifiée sur l'image OCT par le caractère hyperréfléctif de l'endothélium (figure 4). En cas de DMEK le sens du greffon est identifié par l'enroulement du greffon descemétique [2]. En effet, la membrane de Descemet tend à s'enrouler spontanément face endothéliale vers l'extérieur (inversion de la concavité endothéliale physiologique).

Pour la kératoplastie transfixiante et les greffes lamellaires antérieures, le microscope opératoire OCT permet de vérifier la qualité du greffon en début d'intervention

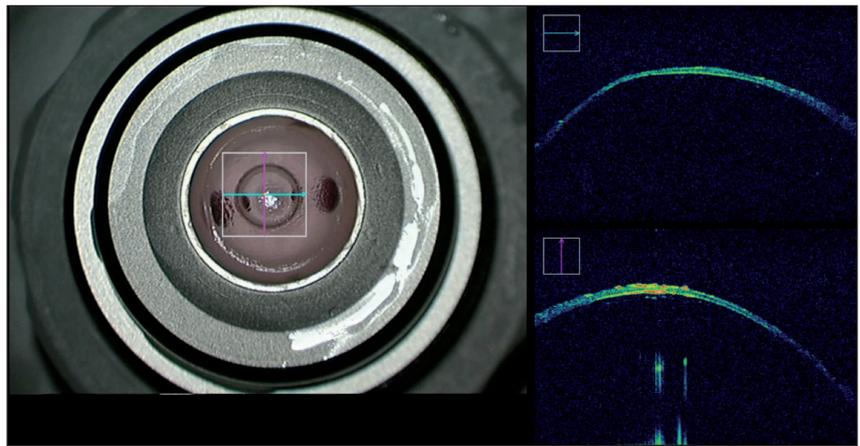


Figure 2. Préparation du greffon pour la DSAEK ultrafine. On vérifie en fin de découpe que le greffon obtenu est bien ultrafin (épaisseur de l'ordre de 100 μm ou moins). Ici l'épaisseur du greffon mesurée 3 mois après la greffe, était de 53 μm .

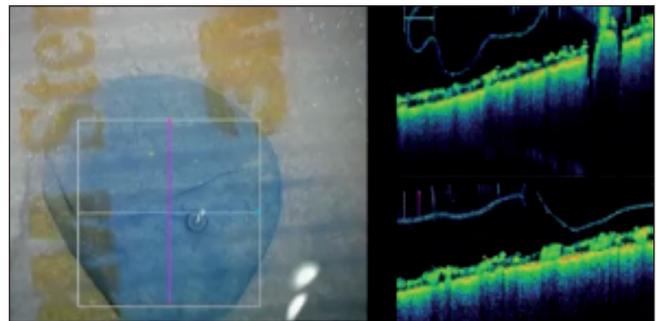


Figure 3. Préparation du greffon pour la DMEK. Le greffon n'a pas de mémoire de forme et s'enroule spontanément face endothéliale vers l'extérieur du rouleau.

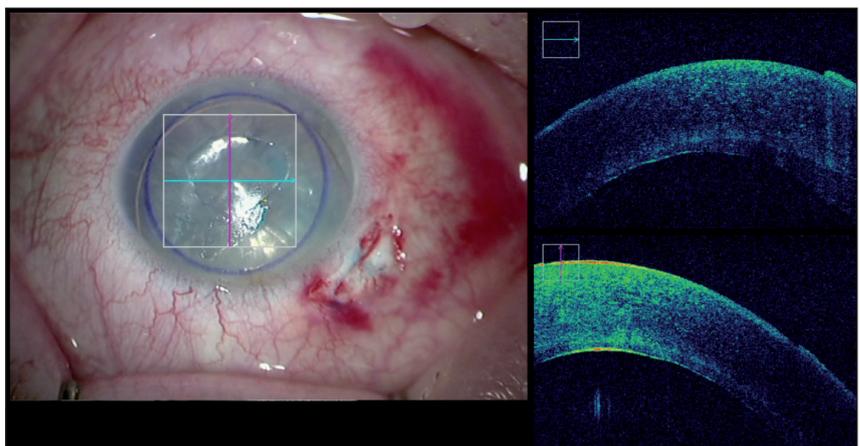


Figure 4. DSAEK ultrafine. Vérification du bon positionnement du greffon. L'endothélium du greffon est hyperréfléctif. On vérifie ici qu'il est bien orienté vers l'arrière. On vérifie également l'absence de diastasis entre la cornée du patient et le greffon.

Dossier

(absence d'opacités stromales, de séquelles d'ulcère, de cicatrices de chirurgie réfractive) [3].

Au cours de la greffe lamellaire antérieure profonde (*deep anterior lamellar keratoplasty*, DALK), il permet de contrôler :

- la profondeur de la trépanation réalisée,
- la profondeur de l'aiguille ou de la canule introduite dans le stroma pour induire le décollement de la couche de Dua (*figure 5*),
- la profondeur de la dissection lamellaire (*figure 6*),
- l'épaisseur du stroma postérieur résiduel après dissection lamellaire,
- le type de bulle obtenue après injection d'air (*big bubble* de type 1 correspondant à un clivage entre la couche de Dua et le stroma postérieur, *big bubble* de type 2 correspondant à un clivage entre la couche de Dua et la membrane de Descemet) (*figure 7*),
- l'absence de diastasis entre le lit receveur et le greffon en fin d'intervention (en cas de diastasis, une bulle d'air en chambre antérieure est nécessaire, notamment en cas de *big bubble* de type 2 ou de microperforation peropératoire).

Lors des phases de dissection lamellaire, le chirurgien doit se concentrer sur les coupes OCT et non sur l'image classique afin de réaliser la dissection dans le bon plan antérieur à la membrane de Descemet.

Autres applications en chirurgie cornéenne

Les autres applications sont la chirurgie de l'hydrops, le traitement des décollements de la membrane de Descemet après chirurgie de la cataracte, l'évaluation peropératoire des anomalies de Peters [4], la chirurgie du ptérygion. Dans la chirurgie de l'hydrops, le microscope opératoire OCT permet de placer des sutures compressives, non perforantes et pré-desce-métiques en face de la rupture de la membrane de Descemet et de vérifier que la membrane de Descemet est bien réappliquée sur le stroma après injection de la bulle d'air. Dans les décollements iatrogènes de la membrane de Descemet, il permet également de vérifier que la membrane de Descemet est bien réappliquée après injection d'air. Dans la chirurgie du ptérygion, il permet de vérifier le plan de la dissection

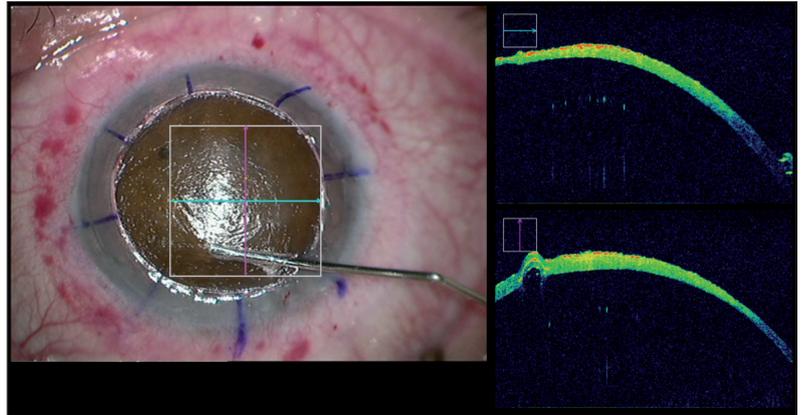


Figure 5. DALK assistée par OCT. La position de la canule d'injection d'air est vérifiée sur les coupes OCT peropératoires. La canule doit être insérée très proche de la membrane de Descemet pour réaliser le clivage de la couche de Dua.

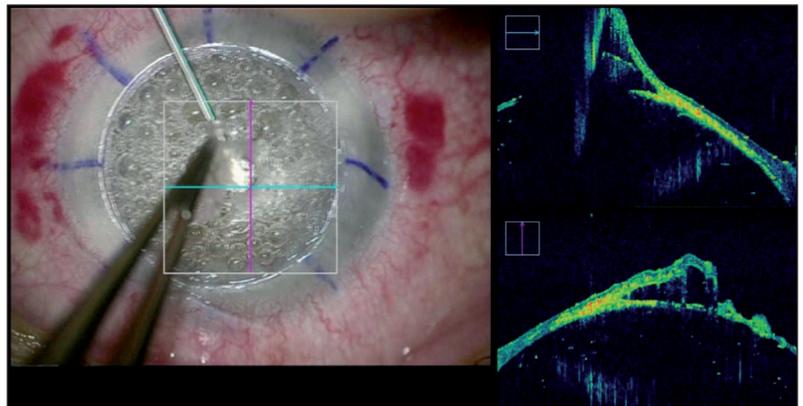


Figure 6. DALK assistée par OCT. La dissection lamellaire profonde est réalisée sous contrôle des coupes OCT en temps réel. Celles-ci permettent d'évaluer la localisation du dissecteur dans le stroma. Ici, l'épaisseur du lit stromal postérieur est inférieure à 50 µm.

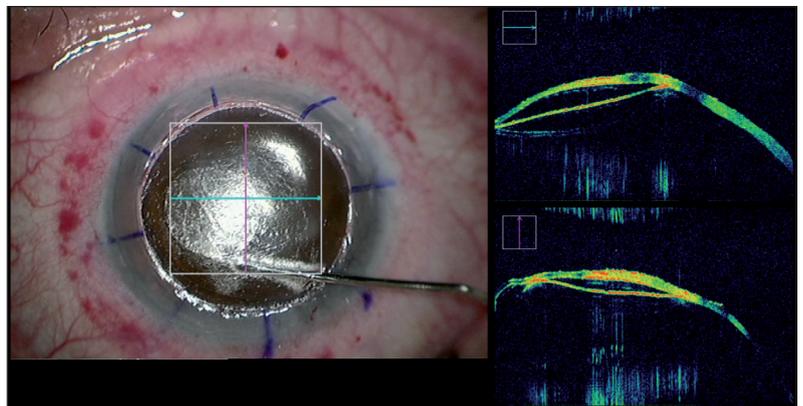


Figure 7. DALK assistée par OCT. L'injection d'air a créé une bulle de type 1 (clivage entre le stroma et la couche de Dua) et une bulle de type 2 (clivage entre la couche de Dua et la membrane de Descemet). La couche de Dua est bien visualisée, très hyperréfléctive, en arrière du stroma postérieur. La membrane de Descemet est plus postérieure et moins réfléchive (scan horizontal, ligne verte).

au niveau cornéen. Ce plan ne doit pas être trop profond pour ne pas induire une perte de substance stromale iatrogène, ni trop superficiel ce qui aboutirait à la persistance de reliquats de ptérygion sur la cornée.

L'avenir

Les applications du microscope OCT en chirurgie cornéenne sont amenées à s'élargir au fur et à mesure que les chirurgiens de la cornée s'approprient la technologie et explorent ses potentiels. La chirurgie réfractive cornéenne est un exemple d'application potentielle pour, par exemple, la gestion des complications et des cas difficiles.

Le microscope OCT permet un saut dans la résolution et la définition de l'image peropératoire. Il reste maintenant à réaliser le même progrès au niveau du geste opératoire. Le laser femtoseconde est a priori la solution logique pour améliorer la précision du geste, en permettant des dissections guidées par l'image OCT. Le laser femtoseconde couplé à l'OCT existe déjà pour la chirurgie de la cataracte et les greffes mais le dispositif est fixe

et la cornée du patient doit être amenée au contact du dispositif. Ceci ne permet pas de réaliser tous les temps opératoires ni de réaliser des dissections et découpes complexes. Combiner le microscope OCT qui autorise trois degrés de liberté au chirurgien (x, y, z) à un laser femtoseconde guidé par l'image OCT est un challenge pour les compagnies qui développent ce type de technologies avancées.

Références bibliographiques

- [1] Weller JM, Schlötzer-Schrehardt U, Kruse FE, Tourtas T. Splitting of the Recipient's Descemet Membrane in Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty-Ultrastructure and Clinical Relevance. *Am J Ophthalmol.* 2016;172:1-6.
- [2] Saad A, Guilbert E, Grise-Dulac A, Sabatier P, Gatineau D. Intraoperative OCT-Assisted DMEK: 14 consecutive Cases. *Cornea.* 2015;34(7):802-7.
- [3] Kobayashi A, Yokogawa H, Mori N, Sugiyama K. Visualization of precut DSAEK and pre-stripped DMEK donor corneas by intraoperative optical coherence tomography using the RESCAN 700. *BMC Ophthalmol.* 2016;16:135.
- [4] Hong J, Yang Y, Cursiefen C *et al.* Optimising keratoplasty for Peters' anomaly in infants using spectral-domain optical coherence tomography. *Br J Ophthalmol.* 2016.