L'Année ophtalmologique

Quoi de neuf en chirurgie réfractive ?

D. GATINEL
Chef de service, Fondation Rothschild, PARIS.

Les progrès accomplis en chirurgie réfractive au cours des dernières décennies découlent du développement conjoint des lasers chirurgicaux, ainsi que des implants utilisés pour corriger les fortes amétropies (implants phaques) ou pallier le retrait du cristallin en chirurgie de la cataracte (implants toriques et multifocaux). L'efficacité des techniques chirurgicales concernées ne repose pas seulement la sophistication croissante de ces moyens de corrections ; la qualité de l'indication et de la stratégie opératoire sont tout aussi cruciaux. De fait, la chirurgie réfractive devrait logiquement bénéficier des progrès accomplis en matière de résolution optique et de traitement du signal pour l'imagerie du segment antérieur en tomographie par cohérence optique (OCT). Cette technologie est déjà utilisée en mode dynamique pendant la réalisation de kératoplasties et pour la chirurgie de la cataracte au laser femtoseconde. En chirurgie réfractive cornéenne, les mesures OCT permettent de mesurer en continu l'épaisseur du mur stromal résiduel. Le potentiel que revêt dorénavant cette technologie en mode statique devrait lui conférer un rôle de premier plan pour le bilan préopératoire et le suivi en chirurgie réfractive cornéenne et cristallinienne.

La biométrie oculaire peut être effectuée par une technique de balayage OCT (*swept source*) avec l'instrument IOLMaster 700 (Zeiss, Jéna, Allemagne). Cette approche permet de visualiser l'intégralité du chemin optique séparant la cornée de la fovéa, et de représenter avec précision la position en coupe anatomique longitudinale les principales interfaces tissulaires. Cette technologie fournit ainsi une représentation en coupe du segment antérieur, et la mesure de la distance entre l'apex cornéen et la dépression fovéale correspond à la longueur axiale de l'œil mesuré.

Plusieurs coupes sont acquises par l'instrument lors de chaque mesure, dont une, de direction horizontale, est affichée au sein du rapport établi par l'instrument IOLMaster 700. Depuis une vingtaine d'années, la chirurgie cornéenne au laser Excimer demeure la technique la plus pratiquée pour la correction des amétropies courantes, mais celle-ci ne permet pas de corriger intégralement les forts amétropes. L'état du cristallin est un élément essentiel pour orienter entre un LASIK : l'indication élective de la chirurgie de la cataracte concerne les cristallins présentant un début d'opacification mais il existe certaines "formes limites". En effet, l'étude fine en lampe à fente du segment antérieur n'est pas toujours suffisamment précise pour trancher entre cristallin "clair" et cristallin déjà opacifié, et le recours à certains examens paracliniques supplémentaires s'avère alors nécessaire.

La définition fonctionnelle de la cataracte fait généralement intervenir la notion de réduction de la meilleure acuité corrigée, mais en 2018, ce critère n'est pas suffisamment sensible et spécifique pour exclure la présence d'un trouble des milieux en cas de conservation de l'acuité visuelle. La diffusion lumineuse provoquée par des opacités cristalliniennes corticales peut entraîner une gêne visuelle majeure en conditions mésopiques pour un œil pourtant muni d'une acuité visuelle supérieure à 10/10^{e}. En définitive, alors que la chirurgie de la cataracte est avant tout justifiée par une diminution de la transparence cristallinienne provoquant une gêne visuelle significative, une indication purement réfractive préside à la chirurgie du cristallin clair.

Dans ce contexte, la mise au point d'un test objectif destiné à aider le clinicien à mieux scinder entre cristallin clair et cataracte débutante est un enjeu d'importance. L'image du cristallin en coupe axiale horizontale comporte des informations en rapport avec l'effet du tissu cristallinien sur la lumière infrarouge émise et recueillie par le biomètre. Elle recèle potentiellement des informations susceptibles de permettre de quantifier simplement la transparence du cristallin.

Nous avons exploré cette piste en étudiant de manière objective l'image en coupe fournie par le biomètre IOLmaster 700 (Zeiss, Jena, Allemagne) [1]. Après

L'Année ophtalmologique

détourage et nettoyage de celle-ci (retrait du cadre et des parties vides), une inversion des niveaux de gris a été effectuée. La valeur d'intensité de chaque pixel de l'image obtenue, comprise entre 0 et 255, a ensuite été mesurée par un logiciel conçu pour l'analyse de fichiers d'affichages numériques (***fig. 1***). La valeur moyenne des niveaux d'intensité des pixels constitutifs de l'image fournit une estimation de la densité moyenne du cristallin (ALD pour *Average Lens Density*). Plus cette valeur est élevée, plus l'opacité du cristallin est importante. Une mesure par aberrométrie en double passage (instrument HD Analyzer, Visiometrics) a été systématiquement réalisée chez les yeux étudiés afin d'obtenir leur valeur d'indice OSI (*Optical Scatter Index*). Cette valeur est proportionnelle à l'importance de la diffusion optique (*scatter*) au sein des milieux oculaires. Cependant, l'élévation de l'OSI traduit la présence d'un trouble des milieux oculaires, mais n'est pas forcément liée de manière spécifique à la présence d'une opacité du cristallin. Un examen tomographique (Pentacam, Oculus, Allemagne) a également été effectué dans notre étude, car cette technique permet d'obtenir une imagerie du cristallin (coupes Scheimpflug) et fournit des indices densitométriques établis à partir de ces images.

La densité optique moyenne du cristallin (ALD) estimée à partir des coupes OCT fournies par le biomètre IOLMaster 700 était de 71.2 +/- 15.1 unités pixel. Dans le groupe contrôle, cette moyenne était de 59.9 +/-11.2 unités pixel, alors qu'elle était de 84.4 +/-19.7 unités pixels dans le groupe cataracte. Un seuil de 82.9 unités pixel permettait de distinguer entre un cristallin clair et un début de cataracte avec une sensibilité de 73,9 % et une spécificité de 91,2 %. Il existait une corrélation significative entre notre indice et l'OSI de l'instrument HD-Analyzer, et l'indice densitométrique PNS fourni par l'instrument Pentacam (Oculus, Allemagne). Ainsi, en cas de diffusion optique élevée (OSI > 1), une élévation de ce nouvel indice densitométrique (ALD > 83) peut en confirmer l'origine cristallinienne. Cette méthode possède l'avantage de ne pas recourir à un instrument supplémentaire dédié, car les données sources nécessaires au calcul de l'ALD sont automatiquement acquises lors de la mesure destinée au calcul de la puissance de l'implant par le biomètre.

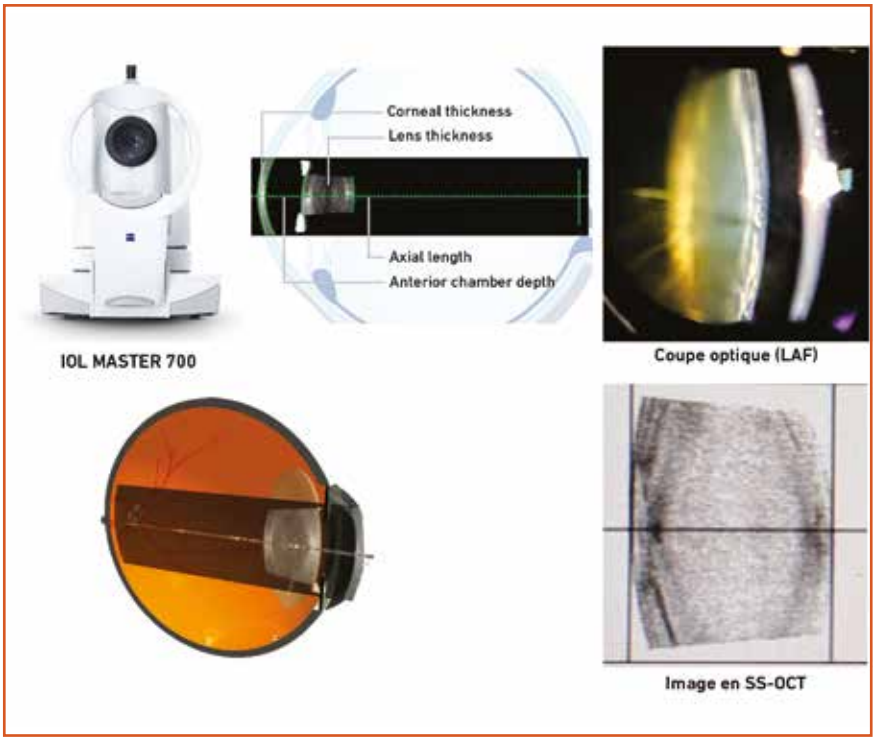

Fig. 1 : Représentation de l'image en coupe du segment antérieur par imagerie OCT *swept source* (SS OCT) obtenue grâce à l'instrument IOL Master 700.

Cette première étape s'est avérée encourageante et devra être confirmée par des études plus larges. L'analyse que nous avons effectuée sur l'image en section horizontale du cristallin peut être répétée pour les 5 autres coupes réalisées par le IOLMaster 700, à condition d'accéder à ces données qui ne sont pas affichées par défaut par le logiciel de l'instrument. Le développement d'algorithmes plus poussés peut être envisagé pour segmenter spatialement l'information recueillie, et tendre vers une l'étude spécifique de la transparence de telle ou telle portion du cristallin (ex : cortex antérieur ou postérieur, noyau, etc.).

La résolution offerte par les instruments OCT dédiés à l'imagerie du segment antérieur excède largement celle des caméras Scheimpflug utilisées pour la topographie cornéenne. Ils permettent de délinéer la couche épithéliale, de réaliser des coupes tissulaires selon des axes variés, et d'étudier la topographie antérieure et postérieure de la cornée. Ce gain en résolution augure de progrès à venir dans le diagnostic précoce du kératocône, la planification de chirurgies par addition d'implants, d'anneaux, ou encore de lenticules de tissu au sein de la cornée.

Initialement développée par la société Schwind, la photokératectomie à visée réfractive (PKR) en mode transépithélial (trans-PKR) est dorénavant proposée en option sur le laser Excimer EX500 (Wavelight). La profondeur centrale du pattern de tir destiné à l'ablation de la couche épithéliale peut être ajusté par pas de 5 microns. Nous avons étudié la contribution topographique de la couche

épithéliale pour les yeux myopes opérés de PKR en réalisant une mesure par topographie spéculaire de la couche de Bowman après retrait de l'épithélium, juste avant la délivrance de la photoablation [2]. En moyenne, on observait après retrait de l'épithélium une élévation d'une demi-dioptrie de la kératométrie axiale centrale, et une tendance à l'augmentation de l'astigmatisme conforme à la règle. Dans un futur proche, il deviendra possible d'envisager la délivrance d'une photoablation personnalisée guidée par la mesure des variations d'épaisseurs de la couche épithéliale après mesure par OCT.

Il y a bientôt 20 ans, les premiers aberromètres étaient introduits en pratique clinique. Ils permirent au clinicien d'étudier la qualité optique de l'œil humain et comprendre l'origine de certains symptômes visuels qui n'étaient pas corrigibles par une correction sphérocylindrique. Toutefois, il n'était pas possible de localiser avec précision le(s) tissu(s) impliqués dans la genèse des aberrations du front d'onde. Le couplage d'un instrument d'imagerie OCT à des instruments dédiés à la mesure de la qualité optique oculaire permettra d'affiner le recueil d'information et la conception de nouvelles solutions thérapeutiques personnalisées, qui tiendront compte des caractéristiques à la fois globales et locales des yeux candidats à la chirurgie réfractive au laser ou implantatoire.

BIBLIOGRAPHIE

1. Panthier C, Burgos J, Rouger H *et al.* New objective lens density quantification method using swept-source optical coherence tomography technology: Comparison with existing methods. *J Cataract Refract Surg*, 2017;43:1575-1581.
2. Salah-Mabed I, Saad A, Gatinel D. Topography of the corneal epithelium and Bowman layer in low to moderately myopic eyes. *J Cataract Refract Surg*, 2016;42:1190-1197.

L'auteur a déclaré ne pas avoir de conflits d'intérêts concernant