



OCT du segment antérieur du sujet sain

Mickaël Sellam

L'OCT permet l'examen du segment antérieur de façon non-contact et rapide. Cet article fait un tour d'horizon des différentes applications de l'OCT de segment antérieur et décrit la sémiologie en OCT chez le sujet sain.

Les différents OCT du segment antérieur

Les OCT purement de segment antérieur utilisent une longueur d'onde de 1310 nm. Disponibles ce jour :

- OCT Visante (Carl Zeiss Meditec), technologie *Time Domain* ; la résolution axiale est de 18 μm et transverse de 60 μm ;
- OCT de lampe à fente (Heidelberg), premier appareil mis sur le marché en 2003 ;
- SS-1000 Casia (Tomey) : reconstruction en 3D utilisant la technologie *Swept Source* OCT dont la résolution axiale est de 10 μm .

Les autres OCT de segment antérieur sont en réalité des OCT de segment postérieur (*Spectral Domain*) auxquels s'ajoutent des lentilles et des logiciels spécifiques pour l'exploration du segment antérieur. Ils sont équipés de système d'*eye-tracking* permettant une très haute qualité d'image chez les patients ayant une mauvaise fixation. La longueur d'onde utilisée varie de 820 nm à 880 nm selon les appareils :

- Spectralis de Heidelberg (820 nm),
- RTVue d'Optovue (840 nm),
- Optos OCT SLO (830 nm),
- Nidek RS-3000 (880 nm)
- Topcon 3D OCT-2000 (840 nm),
- Canon OCT-HS100 (855 nm),
- Cirrus HD-OCT de Carl Zeiss Meditec 500/5000 (840 nm).

Ces deux grands types d'OCT diffèrent par leur longueur d'onde et par leur technologie (*Time Domain* pour l'OCT Visante et l'OCT de lampe à fente de Heidelberg ; *Spectral Domain* pour les autres), donc par la résolution axiale de l'image et par la taille du scan. Les OCT émettant à 1310 nm permettent de réaliser des coupes plus longues (> 15 mm) mais avec une définition de l'ordre de 30 μm , alors que les OCT émettant à 840 nm permettent de réaliser au maximum des coupes de l'ordre de 10 à 12 mm mais avec une définition de l'ordre de 6 μm . Une meilleure appréciation globale du segment antérieur, de

l'angle et des relations des différentes structures entre elles sera obtenue avec des appareils émettant à 1310 nm alors qu'une analyse plus fine de la cornée sera obtenue avec les OCT de type *Spectral Domain*. Ces deux types d'OCT semblent donc être complémentaires avec toutefois un avantage non négligeable en faveur des OCT émettant à 840 nm puisqu'ils permettent l'exploration du segment postérieur en plus de l'analyse antérieure.

Intérêts et champs d'application

L'imagerie du segment antérieur obtenue en OCT présente de nombreux intérêts liés à l'acquisition des images : non-contact et rapide, reproductible et déléguable, pouvant être réalisée dans des conditions physiologiques (assis, possibilité de modifier les conditions lumineuses de la salle d'examen).

Les champs d'application clinique sont multiples et, comme nous le verrons, l'évolution des logiciels permet une meilleure analyse des images grâce aux modules « réfractif » et « irido-cornéen » disponibles :

• dans le glaucome :

- carte pachymétrique,
- mesures de l'angle irido-cornéen et flèche cristallinienne,
- aide à la compréhension des mécanismes en jeu dans les suites de chirurgie filtrante ;

• en chirurgie réfractive :

- lors de reprises chirurgicales de lasik pour la mesure du mur postérieur résiduel,
- avant implantation phaque,
- mesure du pouvoir réfractif cornéen après chirurgie réfractive :
 - système Visante Omni chez Carl Zeiss Meditec combinant la technologie Placido et OCT afin de déterminer la courbure et l'élévation de la face postérieure de la cornée à partir de la courbure antérieure et de la pachymétrie,
 - pouvoir réfractif cornéen des faces antérieures et postérieures par évaluation de la courbure de chaque face avec le SD OCT RTVue d'Optovue,
 - analyse topographique de la cornée par reconstruction

Centre d'exploration de la vision, Rueil-Malmaison.

Dossier

volumique avec le SS-1000 ;

- **pour les pathologies de cornée :**

- greffes lamellaires,
- profondeur de taies cornéennes,
- dystrophies cornéennes,

- exploration du segment antérieur en cas de **traumatisme oculaire** : le caractère non-contact de l'examen permet une analyse sans risque en cas de trouble important des milieux (cornée) ;

- **en contactologie** : aide à l'adaptation en lentilles des kératocônes grâce à l'étude du limbe et de la sclère [1].

OCT du segment antérieur du sujet sain

Les images en coupe de la cornée permettent d'identifier les différentes couches de la cornée (figure 1). Celles-ci seront plus nettement identifiables lors de l'utilisation d'instruments utilisant une longueur d'onde de 840 nm et la technologie *Spectral Domain* OCT. Ainsi, chez le sujet sain [2] :

- l'épithélium est de structure homogène, légèrement hyporéfléctif,
- la membrane de Bowman se voit aisément ; elle est parfaitement régulière et hyperréfléctive,
- le stroma cornéen sous-jacent est de structure plus hétérogène que l'épithélium,
- la couche endothélio-descemétique n'est peu ou pas visible.

Les OCT de longueur d'onde de 1310 nm réalisent une coupe scan plus grande que le *Spectral Domain*, de 16 mm, permettant ainsi une visualisation des relations entre les différentes structures du segment antérieur (figure 2).

Une biométrie précise et reproductible du segment antérieur mesure les éléments suivants [3] :

- pachymétrie (figure 3) :

- la pachymétrie cornéenne centrale normale est comprise entre 520 et 570 μm . La carte de pachymétrie est mesurée sur 6 mm (RTVue) ou sur 10 mm (Visante, Casia SS-1000) de diamètre ;

- il est également possible de mesurer la pachymétrie à un point donné, sur une image en coupe, à l'aide des calipers : mesure possible d'un volet cornéen de lasik ou de taie cornéenne ;

- profondeur de chambre antérieure : distance mesurée entre l'endothélium cornéen et la cristalloïde antérieure (ou face antérieure d'un implant) ;

- diamètre de chambre antérieure : soit la droite allant d'éperon scléral à éperon scléral opposé ;

- flèche cristallinienne : correspond à la hauteur mesurée entre le diamètre de chambre antérieure et l'apex cristallinien. Mise en évidence lors des études cliniques

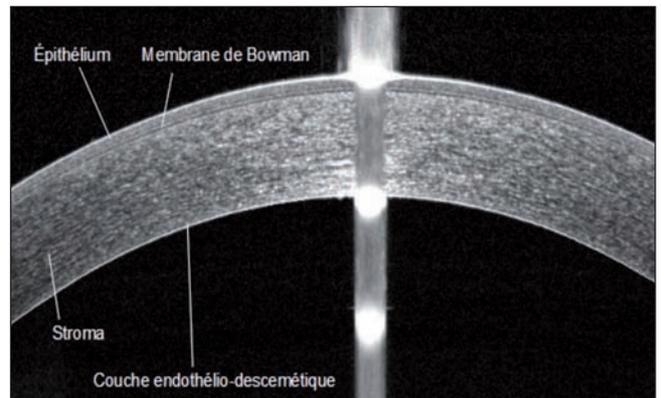


Figure 1. Coupe cornéenne.

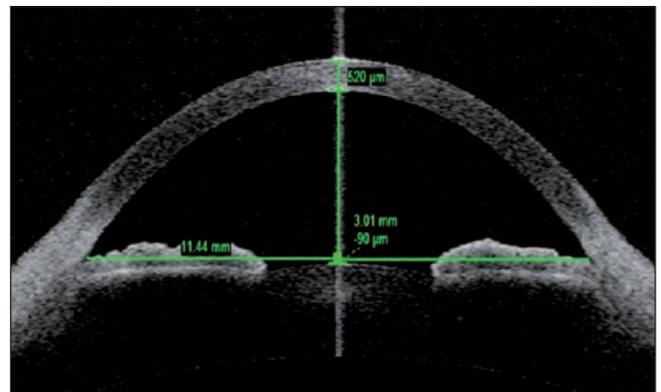


Figure 2. Coupe du segment antérieur.

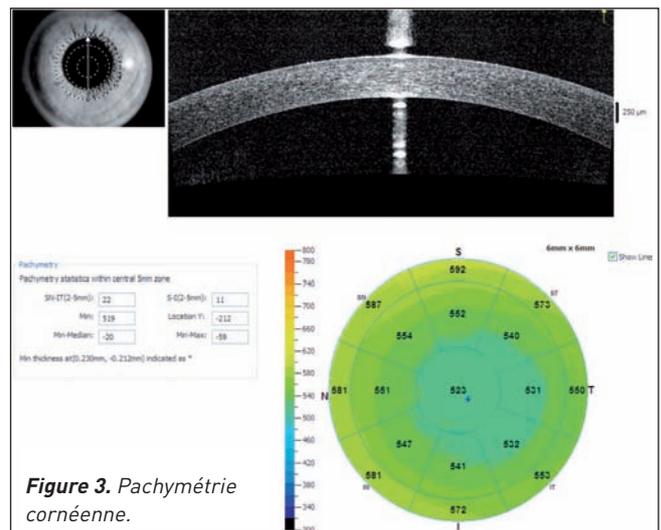


Figure 3. Pachymétrie cornéenne.

sur le vaulting du cristallin pour les implants paques, la composante cristallinienne est ainsi évaluée dans sa participation causale à la fermeture de l'angle irido-cornéen.

Glaucome

L'angle irido-cornéen ouvert met en évidence toutes les structures de l'angle (figure 4).

L'éperon scléral est aisément identifiable et doit être localisé avec précision, car il est le repère fixe de l'angle

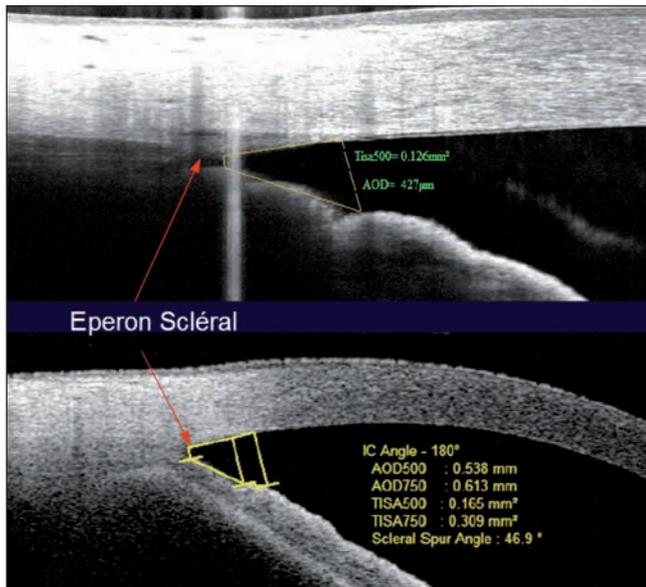


Figure 4. Angle irido-cornéen. En haut : RTVue. En bas : OCT Visante.

à partir duquel l'évaluation de l'ouverture de l'angle repose. En revanche, la visualisation des corps ciliaires est classiquement mauvaise ou impossible, selon le degré de pigmentation de l'iris, car jusqu'à présent le faisceau ne passe pas la barrière épithéliale irienne.

Plusieurs mesures de l'angle irido-cornéen peuvent être effectuées afin d'évaluer son ouverture (figure 4) à 500 µm ou à 750 µm de l'éperon scléral [4] : AOD (Angle Opening Distance), ARA (Angle Recess Area), TISA (Trabecular-Iris Space Area), TICL (Trabecular Iris Contact Length), TIA (Trabecular Iris Angle).

Le problème posé par ces mesures est celui de la grande variabilité anatomique interindividuelle de l'angle et de la difficulté de standardiser les conditions de luminosité ou de diamètre pupillaire permettant de définir ces valeurs ; il reste donc difficile de définir les valeurs normales de l'angle irido-cornéen. L'analyse volumique de l'angle est probablement une piste intéressante d'évaluation de l'angle irido-cornéen mais reste actuellement encore insatisfaisante.

Chirurgie réfractive

Les modules de chirurgie réfractive développés par les différents fabricants permettent (figure 5) :

- de placer sur l'image en coupe une ligne de sécurité située à une profondeur déterminée prédéfinie en cas de reprise de lasik afin de respecter un mur postérieur résiduel (RBS),
- d'évaluer la position post-chirurgicale d'un implant phaqué et de prévoir ainsi les distances de sécurité entre l'implant et le cristallin, et entre l'implant et l'endothélium, pour guider le choix de l'implant d'une part, et effectuer une surveillance (effet de vaulting) de ces implants

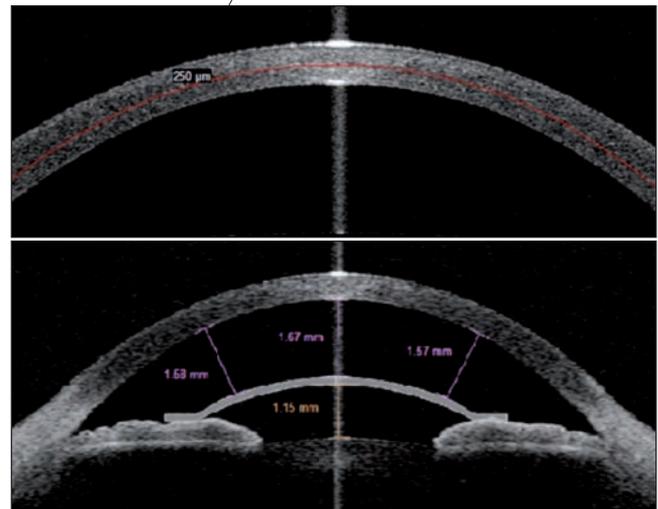


Figure 5. Module réfractif. En haut : ligne délimitant l'épaisseur de stroma résiduel à ne pas dépasser en cas de reprise de lasik. En bas : bilan préopératoire et distances de sécurité avant implantation phaqué.

dans le temps d'autre part. Les conditions anatomiques locales requises [5] avant la pose d'implant phaqué sont : une densité endothéliale supérieure à 2 500 cellules/mm², une profondeur de chambre antérieure supérieure à 3 mm, une flèche cristallinienne inférieure à 600 µm (en moyenne, la flèche cristallinienne augmente de 20 µm/an) et une distance minimale de 1,5 mm entre le bord de l'implant et l'endothélium cornéen.

Points forts

- Mesures réalisables en conditions physiologiques (non-contact, ambiance lumineuse, position assise).
- Reproductibilité des mesures et précision de la biométrie du segment antérieur.
- Module réfractif et analyse préopératoire en cas de reprise de lasik ou d'implantation phaqué.
- Module d'analyse de l'angle irido-cornéen.
- Évaluation postopératoire des chirurgies filtrantes.

Bibliographie

1. Alonso-Caneiro D, Shaw AJ, Collins MJ. Using optical coherence tomography to assess corneoscleral morphology after soft contact lens wear. *Optom Vis Sci.* 2012;89(11):1619-26.
2. Sorbara L, Maram J, Fonn D *et al.* Metrics of the normal cornea: anterior segment imaging with the Visante OCT. *Clin Exp Optom.* 2010;93(3):150-6.
3. Samy El Gendy NM, Li Y, Zhang X, Huang D. Repeatability of pachymetric mapping using Fourier domain optical coherence tomography in corneas with opacities. *Cornea.* 2012;31(4):418-23.
4. Friedman DS, He M. Anterior chamber angle assessment techniques. *Surv Ophthalmol.* 2008;53(3):250-73.
5. Baikoff G. Anterior segment OCT and phakic intraocular lenses: a perspective. *J Cataract Refract Surg.* 2006;32(11):1827-35.