

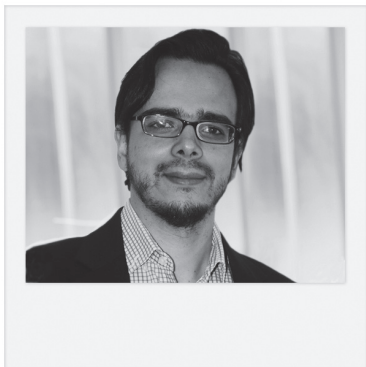
REVUES GÉNÉRALES

Kératocône

Imagerie du kératocône en OCT

RÉSUMÉ : L'amélioration de la résolution des OCT de cornée de dernières générations permettent une évaluation précise de la cornée kératocônique. En étudiant les modifications de l'architecture cornéenne et en mesurant avec précision l'épaisseur des différentes couches cornéennes, l'OCT a permis de décrire une nouvelle sémiologie clinique du kératocône.

Par son caractère non invasif, sa réalisation simple et rapide, ses mesures précises et reproductibles, l'OCT est devenu un outil indispensable pour une prise en charge optimale du kératocône.



→ O. SANDALI, V. BORDERIE,
L. LAROCHE
Hôpital des Quinze-Vingts, PARIS.

Le kératocône est une dystrophie cornéenne se manifestant par une déformation non inflammatoire de la cornée, d'évolution lentement progressive et irréversible, apparaissant généralement pendant l'adolescence. Cette maladie est caractérisée par un amincissement du stroma cornéen, une baisse du nombre de fibrilles de collagène, une apoptose kératocytaire et des anomalies au niveau de la membrane de Bowman [1]. À ce jour, le diagnostic et la prise en charge du kératocône repose principalement sur la topographie cornéenne grâce à la mesure du degré de la déformation cornéenne (kératométrie) et à l'évaluation approximative de l'épaisseur cornéenne (pachymétrie) [2]. Ces deux critères sont certes importants, mais ils ne tiennent pas compte des modifications anatomiques qui surviennent durant les différents stades d'évolution du kératocône.

L'amélioration de la résolution des récents OCT *spectral domain* et *Fourier domain* permettent une étude précise de l'architecture cornéenne, améliorant la compréhension et la prise en charge de cette pathologie qui a avant tout une définition anatomique.

Aspects de la cornée kératocônique en OCT

L'OCT met habituellement en évidence, sur une coupe passant par le cône, un amincissement stromal. La carte pachymétrique de l'OCT est utile au diagnostic du kératocône, en montrant un amincissement cornéen paracentral inférieur et une différence supérieure à 45 µm entre la pachymétrie en nasal supérieur et en temporal inférieur au niveau des 5 mm de la cornée du kératocône [3]. Cependant, il existe des variétés cliniques intéressantes, allant des cas débutants ou frustres aux cas avérés de gravités variables.

1. Kératocônes frustres

Le kératocône s'accompagne de modifications précoces au niveau de l'épithélium qui, par son rôle de "lisseur", rétablit la régularité de la surface cornéenne pouvant masquer les formes infracliniques. L'étude du profil épithélial à l'OCT permet ainsi de fournir des éléments importants pour le diagnostic des formes frustres. Dans une étude récente sur 36 patients ayant un kératocône fruste (yeux adelphe d'un

REVUES GÉNÉRALES

Kératocône

kératocône avéré et ayant une topographie normale : indices négatifs d'Orbscan [$K \leq 47D$ et $I-S \leq 1,4$] et de Pentacam [$KI < 1,03$; $KCI < 1,07$ et TKC]), nous avons montré qu'une localisation inférieure du point épithélial le plus fin ainsi qu'une épaisseur inférieure à $52 \mu m$ de ce dernier étaient suspectes de kératocône frustre [4]. L'aspect en *doughnut* ou en "beignet" épithélial, initialement décrit par Reinstein, est également très évocateur de kératocône : amincissement épithélial localisé à l'apex entouré d'une couronne d'épithélium épaissi [5].

La carte pachymétrique de l'OCT peut montrer aussi un décalage en temporal inférieur du point le plus fin.

2. Kératocône avéré de gravité variable

Dans une étude portant sur 218 patients kératocôniques, nous avons établi une nouvelle classification anatomique basée sur l'OCT (Optovue de $6 \mu m$ de résolution) [6], qui comprend cinq stades (*fig. 1*) :

>>> **Stade 1** : amincissement des couches épithéliales et stromales d'apparence normale au niveau du cône cornéen. Dans ce stade, il existe aussi un amincissement épithélial localisé au niveau du cône entouré d'une couronne d'épithélium épaissi. Dans une étude récente, R. Yadav a démontré, à l'aide d'un prototype OCT de $1,1 \mu m$, qu'il existait un amincissement de l'épaisseur de la membrane de Bowman [7].

>>> **Stade 2** : hyperréflexivité au niveau de la couche de Bowman et épaississement épithélial en regard au niveau du cône ; stade 2A : absence d'opacité stromale ; stade 2B : présence d'opacité stromale.

Dans ce stade 2 OCT de notre classification, l'épaississement épithélial peut masquer un amincissement stromal si on tient compte seulement de la pachymétrie totale. Une pachymétrie minimale de $400 \mu m$ peut correspondre, par exemple, à $70 \mu m$ d'épaisseur épithéliale et $330 \mu m$ d'épaisseur stromale contre-indiquant à un *crosslinking* classique, alors qu'elle ne l'est pas si on

ne tient compte que de la pachymétrie totale (topographie ou pachymétrie ultrasonore).

>>> **Stade 3** : invagination postérieure de structures hyperréflexives au niveau de la couche de Bowman, avec accentuation de l'épaississement épithélial et de l'amincissement stromal ; stade 3A : absence d'opacité stromale ; stade 3B : présence d'opacité stromale.

Dans ce stade, l'épaisseur cornéenne est très fine avec une épaisseur stromale au niveau du cône de $174,5 \pm 54,8 \mu m$ [6], et un traitement par *crosslinking* ou pose d'anneaux n'est plus possible.

>>> **Stade 4** : cicatrice panstromale au niveau du cône.

>>> **Stade 5** : l'hydrops. Stade aigu 5A : rupture de la membrane de Descemet avec œdème cornéen important, dilacération des lamelles de collagène et formation de kystes intrastromaux et intraépithéliaux ; stade cicatriciel 5B : cicatrice panstromale et aspect résiduel de rupture de la membrane de Descemet.

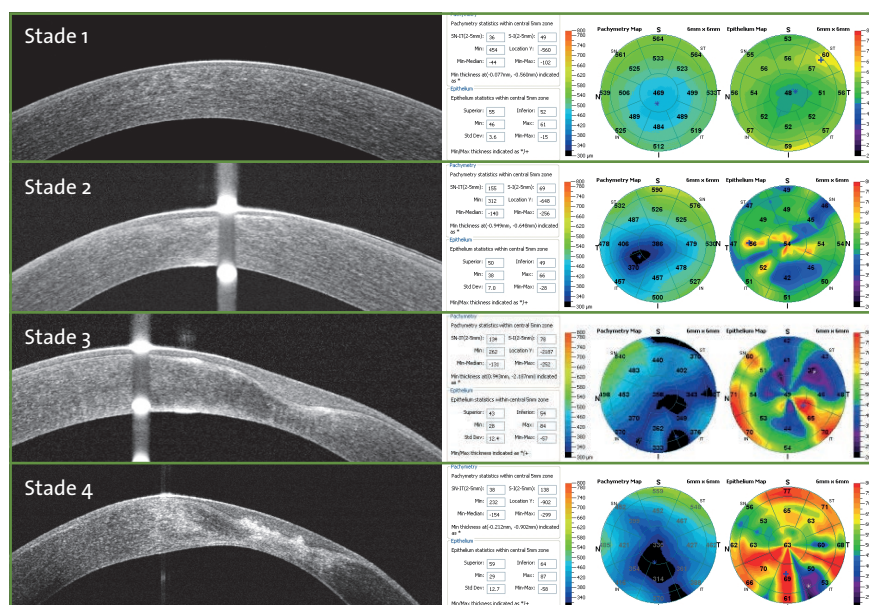


FIG. 1 : Classification OCT du kératocône basée sur les modifications des couches cornéennes au niveau du cône et profils épithéliaux correspondant à chaque stade.

L'étude OCT de l'intégrité de la membrane de Descemet (cicatrices de ruptures) et de la localisation des opacités stromales par rapport à cette dernière sont importants à connaître avant la réalisation d'une greffe lamellaire profonde.

3. Stries de Vogt

Elles apparaissent sous la forme de bandes stromales hyporéflexives parallèles entre elles, partant de la membrane de Descemet vers la couche de Bowman (*fig. 2*). Celles-ci peuvent être localisées au niveau de la partie postérieure du stroma, ou parcourir toute l'épaisseur stromale. Elles correspondent à des lignes de stress stromales induites par l'amincissement et la déformation cornéenne, et non pas à des replis de la membrane descémé-

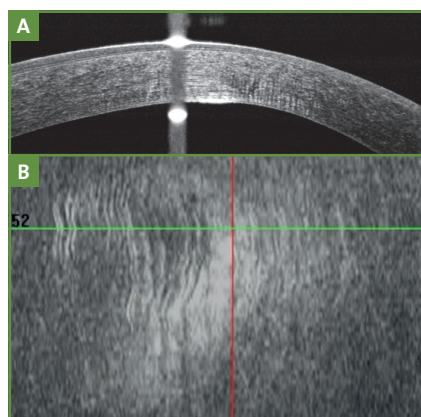


FIG. 2 : Aspects des stries de Vogt en OCT. **A :** coupe axiale; **B :** reconstruction en face.

tique comme suggéré antérieurement. Elles peuvent être observées dans les différents stades OCT (2 et 3 essentiellement).

Évolution OCT du kératocône et histoire naturelle du kératocône

La classification OCT du kératocône a été corrélée de façon significative à des paramètres de gravité clinique croissante, notamment à la topographie cornéenne et l'acuité visuelle. Après une durée de suivi de 24 mois, nous avons observé que les stades 1 évoluent volontiers aux stades 2 puis 3 en OCT. Les stades 3 évoluent vers l'hydrops ou vers des formes cicatricielles (stades 3B ou stade 4) (**fig. 3**).

En effet, nous avons démontré récemment que les kératocônes à épithélium épaissi au niveau du cône et sans opacités stromales (stade 3A OCT) étaient à risque de développer un hydrops [8]. Dans cette série qui comprenait 191 cas de kératocône avancés (> stade 3 selon la classification d'Amsler), les 11 patients qui ont présenté un hydrops avaient un aspect en OCT de stade 3 quelques mois avant la survenue du kératocône aigu. La réalisation d'une kératoplastie lamellaire profonde pourrait être indi-

POINTS FORTS

- ➞ L'OCT permet une étude rapide non invasive, reproductible et précise de l'architecture cornéenne.
- ➞ La classification OCT du kératocône correspond à des stades de gravités croissantes, corrélées à des paramètres cliniques croissants, notamment à la topographie cornéenne et l'acuité visuelle.
- ➞ Les kératocônes à épithélium épaissi au niveau du cône sans opacités stromales (stade 3A OCT) sont à risque de développer un hydrops.
- ➞ L'OCT est devenu un outil indispensable qu'il faudrait associer à la topographie cornéenne dans la prise en charge du kératocône.

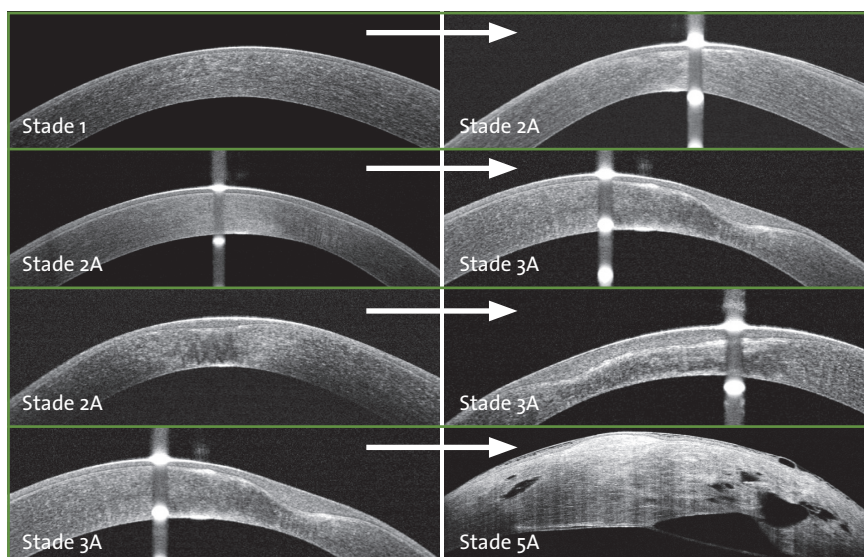


FIG. 3 : Exemples de kératocônes évolutifs en OCT.

quée à ce stade, surtout chez un sujet jeune, avant l'apparition de l'hydrops.

Bibliographie

1. AMSLER M. Kératocône classique et kératocône fruste ; arguments unitaires. *Ophthalmologica*, 1946;111:96-101.
2. LI X *et al.* Keratoconus: classification scheme based on videokeratography and clinical signs. *J Cataract Refract Surg*, 2009;35:1597-1603.
3. LI Y *et al.* Corneal epithelial thickness mapping by Fourier-domain optical coherence tomography in normal and keratoconic eyes. *Ophthalmology*, 2012;119:2425-2433.
4. TEMSTET C *et al.* Corneal epithelial thickness mapping by Fourier-domain optical coherence tomography for detection of forme fruste keratoconus. *J Cataract Refract Surg*, 2015;41:812-820.
5. REINSTEIN DZ *et al.* Corneal epithelial thickness profile in the diagnosis of keratoconus. *J Refract Surg*, 2009;25:604-610.
6. SANDALI O *et al.* Fourier-Domain optical coherence tomography imaging in keratoconus: a corneal structural classification. *Ophthalmology*, 2013;120:2403-2412.
7. YADAV R *et al.* Epithelium and Bowman's layer thickness and light scatter in keratoconic cornea evaluated using ultrahigh resolution optical coherence tomography. *J Biomed Opt*, 2012;17:116010.
8. FUENTES E *et al.* Anatomical predictive factors of acute corneal hydrops in keratoconus: an optical coherence tomography study. (In press) *Ophthalmology*, 2015.

Les auteurs ont déclaré ne pas avoir de conflits d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.