

Le dossier – Repenser le kératocône

Le kératocône est-il une ectasie ou une déformation permanente non ectasique de la cornée ?

RÉSUMÉ : L'ectasie est définie en médecine comme la distension progressive d'un organe. Ce terme est couramment utilisé pour décrire la déformation cornéenne dans le kératocône. Or, l'étude des aires de surface cornéennes au cours de cette maladie suggère au contraire l'absence d'augmentation d'aire cornéenne, mais plutôt une redistribution de la surface cornéenne vers le centre. Les cornées kératocôniques présentent un diamètre blanc à blanc en moyenne plus élevé que les cornées saines, ce dernier ayant tendance à diminuer avec l'avancement du kératocône. Cela pourrait suggérer qu'un diamètre cornéen plus important est un facteur de risque de kératocône en augmentant l'impact des agressions mécaniques exogènes.



G. DEBELLEMANIÈRE
Service de Chirurgie réfractive
et du segment antérieur,
Fondation A. de Rothschild, PARIS.

Le kératocône (KC) est-il associé à une ectasie cornéenne ? Il s'agit, à première vue, d'une étrange question à poser. L'ectasie est définie comme "la dilatation, l'élargissement ou l'expansion anormale d'un organe creux", comme par exemple la déformation de l'aorte au cours de la maladie anévrysmale (*fig. 1*). La notion d'ectasie sous-tend celle de fragilité tissulaire et de distension progressive de l'organe lors de son fonctionnement normal.

S'il est bien évident que la cornée se déforme au fur et à mesure de la progression du kératocône, connaît-elle pour autant une expansion ? Autrement dit, l'aire de surface de la cornée augmente-elle lors de la progression de la maladie ?

La question a été soulevée pour la première fois en 2000 par Smolek et Klyce [1], qui ont comparé l'aire de surface de 29 cornées normales à celle de 61 cornées présentant un kératocône à divers stades de gravité, en utilisant les données du



Fig. 1 : Anévrysme de l'aorte (source : *Abdominal Aortic Aneurysm in Computer Tomography*, Michel de Villeneuve).

topographe Placido Tomey TMS-1. Dans cette étude, les aires de surface des cornées normales et kératocôniques étaient identiques, autour de 120 mm², et les auteurs concluaient que le kératocône, plutôt qu'une réelle ectasie, correspondait plutôt à une "forme extrême de déformation (warpage) engendré par une dégéné-

Le dossier – Repenser le kératocône

rescence stromale et des forces externes”. L’hypothèse d’un couplage biomécanique, engendrant un aplatissement périphérique secondaire à l’augmentation de cambrure centrale ou paracentrale, avait alors été soulevée par ces derniers. Kitazawa *et al.* [2] ont, en 2018, décrit l’absence de différence significative entre yeux atteints de KC et yeux sains pour les aires antérieures et postérieures étudiées à différents diamètres en OCT.

Calcul des aires

Des jeux de données topographiques plus importants peuvent-ils permettre d’apporter un nouvel éclairage à ce sujet ? Nous avons réalisé, lors d’une étude préliminaire, le calcul des aires de surface antérieures et postérieures, ainsi que des autres paramètres anatomiques calculés par l’Orbscan II d’un échantillon de 500 yeux sains et de 500 yeux kératocôniques.

Le topographe Orbscan II permet l’exportation de ses cartes d’élévation sous forme de matrice. L’espacement entre chaque point de mesure étant connu, il est possible, selon une méthode décrite initialement pour les cartes topographiques géographiques [3], de calculer la distance géométrique tridimensionnelle entre un point donné et ses voisins, grâce au théorème de Pythagore, puis d’en déduire l’aire des triangles qu’ils composent et donc l’aire de surface de la zone représentée par chaque point localement (*fig. 2*).

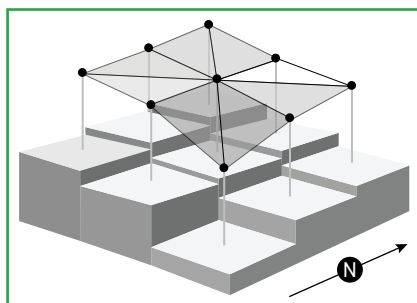


Fig. 2 : Calcul de l’aire de surface locale à partir des données d’élévation.

La somme de ces surfaces permet de déterminer l’aire de surface cornéenne pour un diamètre donné. Cependant, le topographe Orbscan ne permet pas d’acquérir des mesures sur la totalité de la surface de la cornée. Or, il est néces-

saire de déterminer l’aire de surface cornéenne dans sa totalité pour répondre à la question de l’évolution de l’aire cornéenne dans le kératocône. En effet, une étude limitée à la zone cornéenne centrale ne tiendrait pas compte de

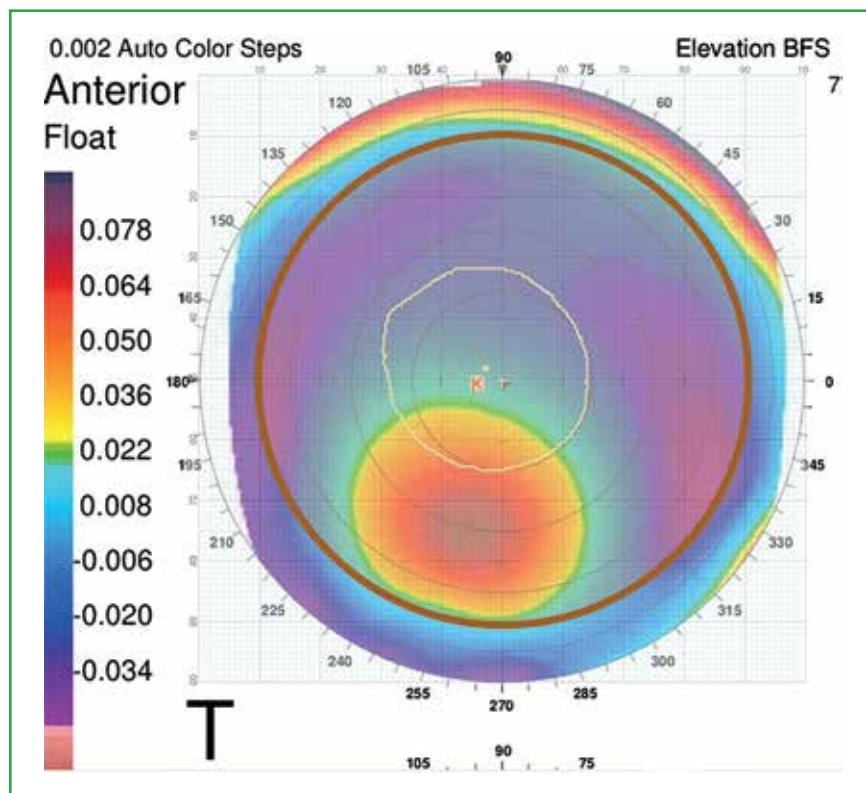


Fig. 3 : L’aire de surface de la cornée est calculée pour des anneaux successifs de 1 mm de large, jusqu’à 8 mm.

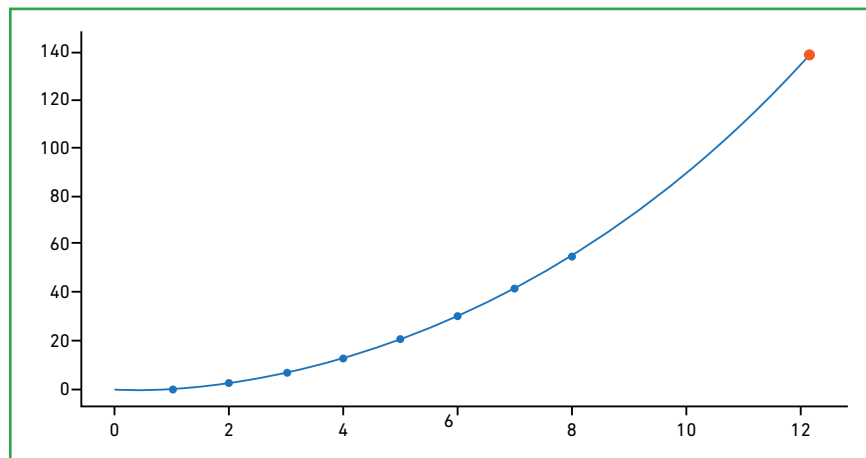


Fig. 4 : L’aire de surface totale est extrapolée en déterminant les paramètres de la courbe décrivant l’évolution de l’aire de surface cumulée jusqu’à 8 mm, puis en extrapolant cette courbe jusqu’au diamètre blanc à blanc de l’œil étudié.

l'aplatissement cornéen périphérique qui induit une redistribution de l'aire de surface vers le centre, ce qui pourrait faussement suggérer une augmentation de l'aire cornéenne.

En divisant la cornée en anneaux successifs de 1 mm de large (**fig. 3**), il est possible de construire une courbe décrivant l'évolution de l'aire par anneaux de diamètre croissant, jusqu'à la fin de la zone de mesure. Il est ensuite possible d'extrapoler cette courbe jusqu'au diamètre blanc à blanc (WTW) mesuré par le topographe (**fig. 4**) afin d'obtenir l'aire cornéenne totale, ce calcul étant réalisé pour chaque cornée individuellement. Les aires calculées avec cette méthode sont cohérentes avec les modèles théoriques présents dans la littérature [4].

Résultats

Dans notre cohorte, nous avons calculé une aire de surface antérieure moyenne de 128 mm² pour les yeux sains et de 134 mm² pour les yeux kératocôniques (t-test : $p < 0,001$), et une aire de surface postérieure moyenne de 138 mm² pour les yeux sains et de 144 mm² pour les yeux kératocôniques (t-test : $p < 0,001$) (**fig. 5**). Cette aire cornéenne plus importante chez les yeux kératocôniques n'est, de manière frappante, pas proportionnelle à l'avancement du kératocône si on l'estime par l'importance du Kmax (**fig. 6**), ce qui suggère donc l'absence de lien entre avancement du kératocône et augmentation de l'aire de surface. Les résultats concernant l'aire postérieure sont superposables.

Le diamètre cornéen (WTW) est, dans notre cohorte, significativement plus élevé pour les yeux kératocôniques que pour les yeux sains (12 *versus* 11,8 mm respectivement, t-test : $p < 0,001$) (**fig. 7**), ce qui pourrait expliquer les aires cornéennes plus élevées dans cette population. L'avancement du kératocône s'accompagnerait-il donc d'une augmentation du diamètre cornéen ? Les

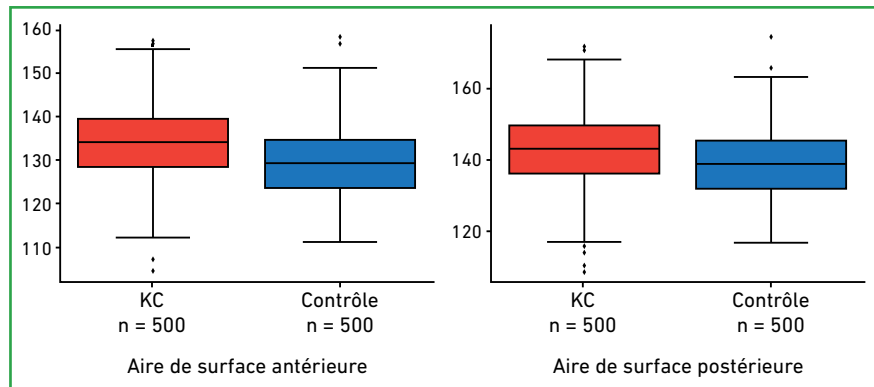


Fig. 5 : Distribution des valeurs d'aires de surface antérieures et postérieures pour les yeux kératocôniques et les yeux sains.

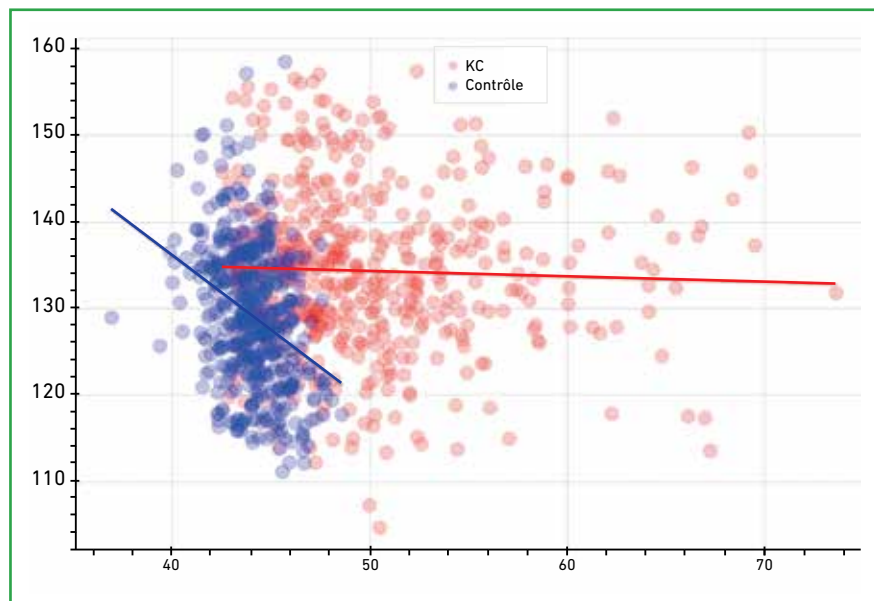


Fig. 6 : Corrélation entre Kmax et aire de surface antérieure, $n = 1000$. Spearman : $p > 0,05$.

données suggèrent au contraire une diminution du WTW quand le Kmax augmente (**fig. 8**) !

Ces résultats, qui seront prochainement publiés avec une cohorte plus importante, objectivent un lien entre importance de l'aire de surface cornéenne et WTW, mais une absence de lien entre aire de surface et avancement du KC. Ceci pourrait suggérer la présence, chez les yeux kératocôniques, d'un diamètre cornéen nativement plus élevé, ce qui pourrait les rendre mécaniquement plus sensibles aux agressions exogènes telles

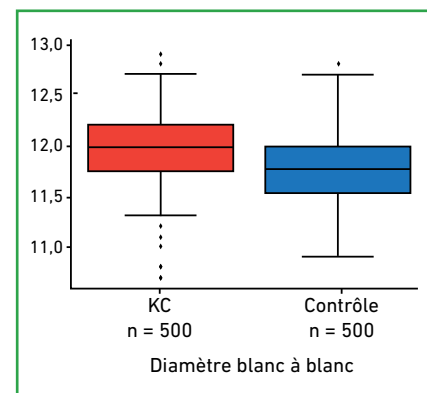


Fig. 7 : Distribution du diamètre blanc à blanc pour les yeux kératocôniques et les yeux sains.

Le dossier – Repenser le kératocône

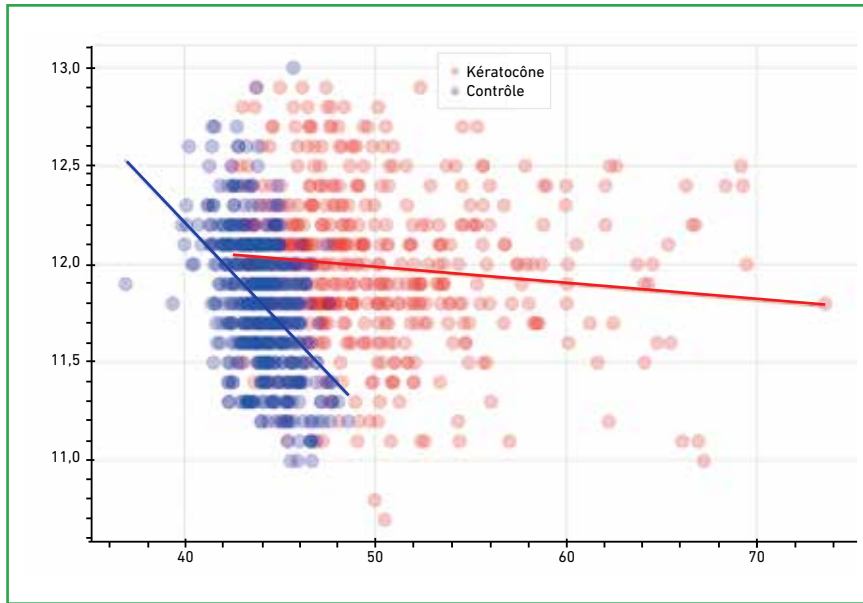


Fig. 8 : Corrélation entre WTW et Kmax, n = 1 000. Spearman: $p < 0,01$.

que le frottement oculaire appuyé ou une position de sommeil vicieuse avec appui sur la main ou le bras.

Le terme “ectasie” est probablement impropre et ne reflète pas la réalité de l’évolution de la surface cornéenne lors

de cette maladie, qui ne se traduit pas par une distension cornéenne mais plutôt par une redistribution de la courbure.

BIBLIOGRAPHIE

1. SMOLEK MK, KLYCE SD. Is keratoconus a true ectasia? An evaluation of corneal surface area. *Arch Ophthalmol*, 2000; 118:1179-1186.
2. KITAZAWA K, ITOI M, YOKOTA I *et al.* Involvement of anterior and posterior corneal surface area imbalance in the pathological change of keratoconus. *Sci Rep*, 2018;8:14993.
3. JENNESS JS. Calculating landscape surface area from digital elevation models. *Wildlife Soc Bull*, 2004;32:829-839.
4. KWOK LS. Calculation and application of the anterior surface area of a model human cornea. *J Theor Biol*, 1984; 108:295-313.

L’auteur a déclaré ne pas avoir de conflits d’intérêts concernant les données publiées dans cet article.