

Imaging the cornea

Compte rendu ESCRS, Marrakech, février 2020

Des plus conventionnelles aux plus récentes, les différentes techniques d'imagerie de la cornée ont été abordées dans cette session.

Multimodal analysis of irregular cornea

D'après l'intervention du Dr Nicolàs Alejandre-Alba

Évaluation de la répétabilité des mesures avec différents topographes

La répétabilité des mesures varie d'un topographe à un autre et il faut prendre ce facteur en compte dans la notion d'évolutivité des kératocônes. La variabilité entre 2 mesures d'un même patient peut aller jusqu'à 0,80 D pour le Pentacam et le MS-39, et atteindre 2,89 D pour le CASIA pour la mesure de la kératométrie maximale. En ce qui concerne la face postérieure, on retrouve une meilleure répétabilité (0,36 D pour le MS-39 et 0,33 D pour le Pentacam). Il existe une faible concordance de mesures entre les différentes machines et les topographies d'un même patient ne sont donc pas comparables si elles sont faites sur 2 appareils différents. La répétabilité de mesure du point le plus fin est également variable, allant de 10,13 microns pour le CASIA à 14,18 microns pour le MS-39.

Avenir de l'exploration de la biomécanique cornéenne

La microscopie Brillouin est fondée sur la diffusion Brillouin qui résulte de l'interaction entre la lumière incidente sur un milieu d'intérêt et les phonons acoustiques spontanés au sein du milieu. Comme les vitesses de propagation des phonons acoustiques sont liées aux propriétés mécaniques du matériau, la mesure du décalage de fréquence induit par l'interaction acousto-optique permet de déterminer les propriétés élastiques. Il existe une anisotropie

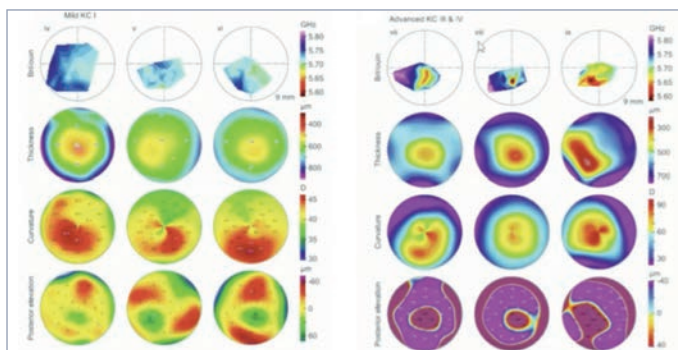


Figure 1. Cartes d'élastographie Brillouin (ligne du haut) pour des kératocônes modérés à gauche et sévères à droite, associés à des cartes de pachymétrie, de courbure et d'élévation postérieure.

élastique dans les cornées kératocôniques, avec une différence d'élasticité entre l'endroit du cône et la périphérie, et la microscopie Brillouin permettrait d'obtenir des cartes d'«élastographie» mettant en évidence cette anisotropie (figure 1).

What's new in biomechanics?

D'après l'intervention du Dr Cynthia Roberts

Mise au point sur les appareils disponibles

Une communication de Cynthia Roberts sur la biomécanique cornéenne a permis une mise à jour sur les derniers indices d'évaluation de la biomécanique. Le Dr Roberts a rappelé le fonctionnement des 2 machines actuellement disponibles sur le marché qui analysent la déformation cornéenne en réponse à un jet d'air :

- l'Ocular Response Analyzer (ORA), qui adapte la pression de son jet d'air selon la pression intraoculaire (PIO) du patient (si la PIO est basse, le jet d'air sera moins puissant) ;

- le Corvis-ST, qui, lui, envoie un jet d'air constant et est équipé d'une caméra Scheimpflug permettant l'analyse vidéo. À noter donc que la comparaison entre les 2 machines n'est

pas possible car la réponse biomécanique dépend en partie de la pression appliquée sur la cornée, mais ces 2 machines apportent des informations complémentaires.

Analyse du graphique fourni par l'ORA

Une étude de Vinciguerra de 2010 étudiant le coefficient d'hystérèse (CH) mesuré par l'ORA avant et après un *cross-linking* (CXL) ne retrouvait pas d'augmentation significative du CH en postopératoire (plus le CH est élevé, plus la cornée est « dure »). En revanche, l'aspect des pics d'aplanation était assez différent (amplitude plus importante et aspect moins « épaté » en post-op), ce qui était en faveur d'une différence de comportement biomécanique des cornées après un CXL malgré l'absence de modification du CH. Il ne faut pas seulement regarder les chiffres, l'aspect du graphique fourni est primordial à analyser également.

Implication de la sclère dans la biomécanique cornéenne

Le Dr Roberts a exposé une piste de recherche intéressante concernant l'implication de la sclère dans la déformation. En 2014, Metzler avait mis en

évidence le rôle de la sclère en biomécanique cornéenne en comparant la déformation d'une cornée sur globe entier vs une cornée montée sur une chambre antérieure artificielle (CAA). La première se déformait nettement plus que la seconde pour les PIO basses, mais pour les PIO plus élevées, la sclère devait devenir plus rigide et la différence était moins importante : une sclère plus rigide limite la déformation cornéenne selon Cynthia Roberts. Nous sommes actuellement incapables d'évaluer la réponse sclérale mais la mesure de la concavité maximale sur le Corvis en serait un reflet et change de façon significative si on durcit la sclère sans modifier la cornée.

Indice de « confinement »

Lorsqu'un jet d'air est appliqué sur un tissu déformable, comme la peau ou la cornée, il est « trappé » au sein de la déformation et s'étend au-delà de la zone où l'air a été appliqué initialement. Forte de cette constatation, l'équipe du Dr Roberts a récemment élaboré un indice appelé « Confinement Index » (indice de confinement ou de restriction) à partir de 2 paramètres disponibles sur le Corvis : la *Deflection Amplitude* (DA) et la *Peak Distance* (PD). Cet indice de confinement est un reflet de la forme de la déformation du tissu à l'endroit où l'air est « trappé » et est égal à DA divisée par la racine carrée de (DA² + PD²). Une étude préliminaire entre 102 patients sains et 26 patients kératocôniques a retrouvé une différence significative de ce paramètre. Cet indice n'a pas encore été publié et est en cours d'évaluation.

Modification de la pachymétrie secondaire à la déformation

Il existe également une modification de la pachymétrie centrale lors de la déformation cornéenne par un jet d'air. De

façon contre-intuitive, Cynthia Roberts et son équipe ont démontré que la cornée déformée était plus épaisse que la cornée non déformée (mesure faite après correction de la distorsion optique secondaire à la concavité cornéenne en phase de déformation). Ce delta de pachymétrie entre cornée déformée et non déformée est fortement corrélé à certains paramètres du Corvis (étude sur 30 yeux *ex vivo*) et serait peut-être donc un nouveau paramètre biomécanique à évaluer *in vivo*.

Ocular Surface Imaging

D'après l'intervention du Pr Marc Labetoulle

Différents patterns de rupture du film lacrymal

Il existe tout un attirail pour imager l'œil sec mais l'examen à la fluorescéine en lampe à fente reste le plus simple et le plus économique. Une publication de l'équipe de Kinoshita en 2017 sur le *pattern* de la rupture du film lacrymal lors du *Break-up-Time* (BUT) a mis en évidence

5 *patterns* principaux évoquant des étiologies différentes (figure 2) :

- *Area* : déficit quantitatif important (syndrome de Gougerot-Sjögren, etc.) ;
- *Spot* : faible mouillabilité de la cornée (déficit en mucines) ;
- *Line* : déficit quantitatif modéré ;
- *Random* : évaporation trop importante (dysfonction des glandes de Meibomius [DGM]) ;
- *Dimple* (fossettes) : *line* + *spot* (DGM + déficit mucinique).

Pour rappel, la moyenne du BUT est de 7,6 à 9,1 secondes et équivaut au temps de rupture de la couche lipidique du film lacrymal. Les mesures automatisées du BUT (*Non-Invasive BUT*) ont une reproductibilité plus faible que le BUT à la fluorescéine (F-BUT).

La mesure de l'épaisseur du film lipidique (LLT pour *Lipid Layer Thickness*) est accessible avec le Lipiview et une LLT inférieure

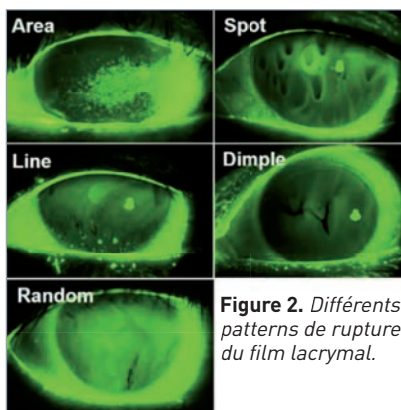


Figure 2. Différents patterns de rupture du film lacrymal.

à 50 ou à 70 nm selon les articles serait anormale. Les articles n'ont pas retrouvé de corrélation entre LLT et F-BUT, signes fonctionnels du patient ou l'imprégnation en fluorescéine.

Meibographie frugale

De nombreuses machines permettent d'analyser les glandes de Meibomius (meibographie) avec en première ligne le Lipiview, mais une photo en lampe à fente permet une cotation des atrophies selon le meiboscore d'Arita tout aussi efficace. La « normalité » est de ne pas avoir

d'atrophie pour les patients de moins de 20 ans et d'avoir moins de 25% d'atrophie chez ceux de plus de 20 ans.

Œil sec et inflammation de surface

L'inflammation souvent présente dans les yeux secs peut elle aussi être quantifiée et imagée. La présence du marqueur biologique HLA-DR sur des empreintes cytologiques ou la recherche de cellules dendritiques en microscopie confocale sont corrélées à l'inflammation s'ils sont retrouvés (surexpression du HLA-DR par les cellules épithéliales dans le cas d'une inflammation). En plus des cellules dendritiques à la confocale, on observe également une diminution de la densité nerveuse et une augmentation de la tortuosité. À noter qu'une réinnervation grâce à la ciclosporine a été démontrée chez des patients atteints de la maladie de Gougerot-Sjögren.

Valentine Saunier

Keratoconus : Current Management and future Perspectives

Compte rendu ESCRS, Marrakech, février 2020

Le symposium intitulé « Kératocône (KC) : gestion actuelle et perspectives » a permis de souligner les différents challenges à relever dans la prise en charge de cette pathologie, ainsi qu'une mise à jour des avancées en 2020 autour de spécialistes européens dans ce domaine.

Adaptation en contactologie

D'après l'intervention du Dr E. Law (Royaume-Uni)

Le symposium a débuté par l'exposé du Dr E. Law qui a présenté les différentes possibilités d'adaptation en contactologie dans le traitement du kératocône (KC). Elle a rappelé qu'il s'agissait d'un challenge du fait de l'hétérogénéité de ces patients (position du cône, sévérité du KC ou existence d'une greffe de cornée).

Il est intéressant de savoir que des lentilles souples (LSH) peuvent être utilisées grâce à un design customisé pour traiter ce type d'ectasie, comme la lentille Kerasoft IC du laboratoire CVE. Cependant, l'adaptation avec ce type de lentilles reste limitée du fait d'intervalles de puissance restreints.

D'autre part, les classiques lentilles rigides perméables aux gaz (LRPG) sont largement utilisées. Le Dr Law a montré que

certaines avaient un design particulier afin de s'ajuster à la forme de l'ectasie, telle la LRPG Rose K2 NC du laboratoire Menicon adaptée pour les cônes les plus centraux de type *Nipple Cone*. Il existe une difficulté majorée d'adaptation de certaines formes d'ectasie, comme l'ectasie périphérique, ou concernant les patients greffés, justifiant une lentille plus large afin d'améliorer la stabilisation de celle-ci ou nécessitant même

le passage en lentille sclérale. Il est également possible d'utiliser des systèmes permettant un meilleur centrage et une meilleure tolérance, tel le système *Piggyback* (superposition d'une LRPG sur une LSH) ou hybride (lentille rigide au centre entourée d'une jupe souple). Les lentilles sclérales n'ont aucun contact avec la cornée et la couvrent entièrement. Elles peuvent être d'une aide précieuse lorsqu'aucune LRPG ne semble convenir, à cause d'un problème de tolérance ou de la présence d'ectasies complexes permettant de reculer le plus tard possible le recours à une éventuelle greffe. Ces lentilles sont toujours à privilégier en

deuxième intention car elles peuvent être génératrices d'hypoxie et d'ischémie cornéenne. En effet, l'épaisseur de la lentille et la hauteur du film lacrymal constituent un rempart à l'oxygénation cornéenne. C'est la raison pour laquelle une hauteur de film lacrymal inférieure à 300 microns est impérative. Dans cette gamme, les minisclérales d'un diamètre de 15 à 18 mm sont très populaires car elles nécessitent moins de clairance lacrymale (environ 120/150 μ). Pour aller plus loin, le Dr Law a présenté des lentilles qui pourraient être guidées par les aberrations optiques. Elles peuvent être souples et fournir une acuité visuelle comparable aux LRPG, ou bien sclérales. Cet exposé a rappelé que la contactologie a toujours une place primordiale et un avenir dans la réhabilitation visuelle des patients atteints de ce type d'ectasie cornéenne et reste l'option à privilégier en première intention avant le recours à une éventuelle chirurgie.

Le recours au cross-linking

D'après l'intervention du Dr Georgios Kymionis (Grèce)
Lorsque le KC devient progressif, la question du recours au *cross-linking* (CXL) est en jeu. Le Dr Kymionis a rappelé son efficacité grâce à un arrêt de l'évolution des KC progressifs. Cependant, il a bien montré que le CXL à lui seul ne permettait pas aux patients d'obtenir une satisfaction visuelle, en particulier lorsqu'ils étaient intolérants aux lentilles rigides. Dans ces cas complexes, le CXL Plus associant un CXL avec la pose d'un anneau intracornéen, une photokératectomie thérapeutique (PTK) ou la mise en place d'un implant phake peut être une solution.

Deux études datant de 2009,

publiées par les Drs Kanellopoulos et Kymionis et portant sur le CXL Plus associant PTK et CXL (protocole d'Athènes), ont montré non seulement une amélioration significative des différents paramètres évalués mais également une régularisation cornéenne. À travers plusieurs exemples, la stabilité de cette procédure après plusieurs années de suivi a été montrée. La principale complication consistait en un haze cornéen (opacité stromale antérieure) majoré en cas de répétition du CXL, mais celui-ci régressait le plus souvent dans le temps. De plus, le Dr Kymionis a rappelé que cette procédure ne pouvait s'appliquer qu'à une minorité de patients, du fait de l'épaisseur cornéenne minimale nécessaire fixée à 400 microns.

La procédure combinée débute par une ablation épithéliale de 45 microns sur un diamètre de 6,5 mm. La PTK transépithéliale était préférable à l'ablation épithéliale manuelle du fait de la capacité naturelle de masquage de l'épithélium. Puis celle-ci était suivie de la PTK topoguidée et d'un CXL accéléré.

À travers un cas de patient, nous voyons que la chirurgie combinée associant une photokératectomie réfractive conventionnelle au CXL peut être utilisée chez les patients atteints d'une dégénérescence marginale pellucide, permettant du fait d'une réduction de leur astigmatisme une possibilité d'adaptation en lunettes.

En conclusion, le Dr Kymionis a rappelé qu'il était possible d'apporter une réhabilitation visuelle ainsi qu'une stabilisation de la maladie aux patients porteurs d'une ectasie cornéenne et intolérants aux LRPG grâce à une procédure combinée efficace et sûre.

Management des patients atteints d'une cataracte

D'après l'intervention du Dr Jorge Alió (Espagne)

Un des autres challenges dans la prise en charge du KC est le management des patients porteurs de cataracte les touchant plus précocement du fait de la présence d'une atopie, de traitements plus nombreux... Ce sujet a été traité par le Dr Alió. Le but de son exposé était de fournir les moyens de minimiser l'erreur réfractive postopératoire fréquente chez ces patients.

Le Dr Alió a indiqué que, dans la décision chirurgicale, il était indispensable de s'assurer de la stabilité de la pathologie depuis au minimum 1 an et de prendre en compte la courbure antérieure et postérieure de la cornée. De plus, la baisse visuelle doit être en lien avec l'opacité cristallinienne et non la composante irrégulière de la cornée. L'enjeu réside donc en amont de l'intervention.

Toutes les formules de calcul prédisent la position effective de l'implant (ELP) basé sur des yeux normaux, mais il existe une incertitude si ces mêmes formules restent applicables à ce type d'ectasie. Dans le cas du KC, l'irrégularité du film lacrymal, la localisation de l'ectasie et la relation de celle-ci avec l'axe visuel sont sources d'erreur... Une longueur axiale plus importante, associée à une kératométrie plus cambrée avec une profondeur de chambre antérieure plus grande, conduit à une prédiction plus postérieure de l'implant et donc à une erreur réfractive hypermétrope fréquente.

Sur le plan des formules de calcul, le Dr Alió et son équipe ont trouvé, comme d'autres, que la formule SRK-T était la plus prédictible. Les autres formules

conduisaient à une erreur hypermétrope. La raison est probablement que la SRK-T est plus adaptée pour des yeux longs et que ces patients présentaient une longueur axiale relativement plus importante que la normale.

Le Dr Alió a évoqué un rapport récent proposant une solution afin de trouver la formule la plus appropriée. En effet, si la kératométrie est inférieure à 47 D, il est intéressant d'utiliser les formules Holladay II ou Hoffer Q avec un objectif réfractif de -1,00 D. Entre 47 et 50 D, le chirurgien peut utiliser la SRK-T avec un objectif de -1,50 D. Pour les cornées de puissance supérieure, aucune formule ne semble donner des résultats appropriés. Dans ces cas, les auteurs proposent de prendre une kératométrie standard de 43,50 D avec une cible de -1,80 D. Pour conclure, avant de décider d'opérer une cataracte chez un patient porteur d'un KC, il est primordial de s'assurer de la stabilité de la pathologie et de prendre en compte le stade du KC et la part de la composante d'irrégularité dans la baisse visuelle.

SRK-T et SRK II sont les formules les plus appropriées pour les KC modérés, mais il n'existe pas de consensus en ce qui concerne les formes sévères.

Conclusion

À travers ces 3 exposés, ce symposium a permis de mettre en lumière une partie des difficultés rencontrées lors de la prise en charge de ces patients. Cependant il existe beaucoup d'outils thérapeutiques permettant de leur apporter une réhabilitation visuelle la plus satisfaisante possible.

Caroline Debono