REVUES GENERALES

Segment antérieur



D. GATINEL Fondation A. de Rothschild, PARIS.

Imagerie et quantification de la diffusion lumineuse intraoculaire en pathologie du segment antérieur

GENERALITES

La réduction partielle de la transparence des milieux oculaires tels que la cornée, le cristallin ou l'humeur aqueuse s'observe au décours de nombreuses affections oculaires et se caractérise en partie par l'augmentation de la diffusion ou dispersion lumineuse (*"light scattering"*) de la lumière incidente sur la rétine.

La diffusion lumineuse optique peut se concevoir comme l'apparition de rayons lumineux de trajet aberrant lors de la réfraction de la lumière par les dioptres oculaires. La diffusion lumineuse est un phénomène optique qui s'apparente un peu aux phénomènes d'écoulement non laminaires que l'on peut observer en présence d'obstacles sur le trajet d'un fluide. Dans le cas de la lumière, les rayons diffusés par des opacités, des inhomogénéités dans le ou les milieux oculaires dégradent la qualité de l'image rétinienne, en en réduisant la netteté et le contraste. Il existe un seuil de diffusion physiologique, qui, une fois franchi, peut être à l'origine de symptômes visuels tels que l'apparition d'un halo de lumière diffus et potentiellement éblouissant autour de sources lumineuses. Ce phénomène peut réduire puis masquer la visibilité des objets situés dans le périmètre du halo. Dans ces conditions, la conduite automobile est particulièrement pénible [1, 2] quand les véhicules venant à contresens ont leurs phares allumés.

Quand la cause de la diffusion lumineuse est anatomiquement discrète, inhomogène et/ou orientée spatialement (ex.: plis de capot), les symptômes visuels provoqués correspondent à un voile diffus mais variable en fonction de la luminosité ambiante, et l'impression d'un "dépoli" parfois associé à des irisations autour des objets fixés (le terme "*waxy vision*", littéralement "vision cireuse", est utilisé par les Anglo-Saxons pour dénommer de manière imagée l'ensemble de ces phénomènes). La perte de lignes de meilleure acuité visuelle corrigée n'apparaît qu'en cas de diffusion majeure, dont les effets sont généralement majorés par une absorption lumineuse réduisant encore la lumière incidente (ex.: cataracte moyenne à prononcée). 1

L'image d'un point lumineux focalisé sur la rétine est appelée "tache d'éclairement rétinien". C'est un cas particulier de ce que l'on appelle en optique la Fonction d'Etalement du Point (l'acronyme PSF pour "*Point Spread Function*" est souvent employé de manière synonyme). Elle correspond à l'étalement du point image, qui doit idéalement être le plus faible possible pour permettre une représentation fidèle du point source. L'étude de la PSF concerne donc directement la qualité du stigmatisme oculaire. Longtemps cantonnée au domaine des sciences expérimentales, sa mesure est aujourd'hui possible par la technique d'aberrométrie par double passage ("*double-pass aberrometry*") grâce à l'instrument OQAS (*Optical Quality Analyzing System*).

Cette technique permet d'objectiver et de quantifier l'importance de la diffusion lumineuse oculaire [3] de manière reproductible [4]. Cette quantification est très utile en clinique ; par exemple, elle permet d'incriminer ou réfuter la responsabilité d'une opacification débutante du cristallin dans la genèse de symptômes visuels, là ou les aberromètres conventionnels ne "voient" pas les effets produits par une réduction modérée de la transparence oculaire.

Trois cas cliniques sont présentés afin d'illustrer l'intérêt de la mesure objective de la diffusion oculaire. Il existe bien d'autres champs d'étude clinique pour cette technologie, qui peut être appliquée à tous les tableaux cliniques associés à un trouble des milieux oculaires (toutes les causes d'opacités ou d'interfaces cornéennes – dystrophies, greffes, etc., de Tyndall de chambre antérieure et/ou vitréen – uvéites – endop-

Segment antérieur

thalmies, etc.). La relative indifférence du monde ophtalmologique à cette technologie, maintenant disponible depuis quelques années, est malheureuse pour la qualité de la pratique clinique, et pour le moins déconcertante; elle reflète cependant le fossé croissant qui se creuse au fil des ans entre l'ophtalmologie et les disciplines reliées aux sciences optiques comme l'optique physiologique.

Adaptée à l'étude des pathologies responsables d'une réduction de la transparence oculaire, au premier rang desquelles figure la cataracte, la mesure objective de la diffusion oculaire est aujourd'hui devenue incontournable dans notre pratique quotidienne de la prise en charge des affections de segment antérieur.

CAS CLINIQUES

1. – Cristallin: des micro-opacités anatomiquement discrètes mais visuellement gênantes

La gêne visuelle induite par l'apparition d'une cataracte débutante peut se manifester avant et/ou indépendamment d'une réduction de l'acuité visuelle à contraste maximal (*fig. 1 et 2*). Cette gêne est rapportée comme la perception d'un voile asso-



Fig. 1: Patiente présentant une gêne visuelle à type d'éblouissements et de problèmes en contre-jour. L'acuité visuelle maximale est de 10/10. A la lampe à fente, la cornée est claire, le cristallin opalescent (A). En rétro-illumination, on remarque de fines opacités situées dans le tiers postérieur du cortex (flèche) (B).

Noter l'aspect particulier de la tache d'éclairement rétinien (élargissement et "halo" autour du pic central) qui corrobore le score élevé de diffusion optique (OSI = 5.2, normale < 1.5) et les valeurs réduites des seuil d'acuité à contraste réduit de l'image rétinienne (normale = 1 pour les différents contrastes testés).



Fig. 2: Après chirurgie de la cataracte et mise en place d'un implant monofocal, l'acuité visuelle est de 10/10, mais les symptômes visuels gênants ont disparu, la diffusion lumineuse est dans la limite de la normale (OSI < 1.5) et les seuils de contraste rétablis autour de valeurs moyennes.

cié à des halos autour de lumières vives, d'une baisse de la vision dans les situations de contre-jour, avec survenue d'éblouissements lors de la conduite nocturne, etc. La réalisation d'une aberrométrie classique par mesure de front d'onde (système de Hartmann-Shack), ou d'une densitométrie cristallinienne (Pentacam) ne permet pas toujours d'objectiver les effets d'une opacification débutante ou partielle du cristallin.

L'utilisation de l'aberrométrie par double passage (OQAS, Visiometrics, Espagne) est ici l'examen de choix, car il permet de quantifier l'importance de la diffusion lumineuse induite par les opacités grâce à la valeur d'un indice de diffusion optique (*Optical Scattering Index*: OSI). Dans notre expérience, l'aberrométrie par double passage est une technique reproductible qui permet de différencier les chirurgies du cristallin réalisées pour un motif purement réfractif (OSI normal) ou de cataracte (OSI élevé), quand l'acuité visuelle maximale corrigée est préservée.

2. – Plis de capot après Lasik : un modèle clinique de diffusion

Les symptômes visuels engendrés par la survenue de plis de capot de Lasik associent généralement perte de lignes de meilleure acuité visuelle corrigée, réduction de la sensibilité aux contrastes, diplopie binoculaire, halos, etc. L'existence de plis de pleine épaisseur est un modèle clinique de diffusion : l'aberrométrie par double passage (OQAS) permet d'objectiver l'importance de celle-ci et sa réduction après déplissage et repositionnement du capot (*fig. 3 et 4*).



Fig. 3: Aspect biomicroscopique en rétro-illumination, et en lumière bleue après instillation de fluorescéine: avant (A), et 1 mois après (B) déplissage et repositionnement du capot.



Fig. 4: Images obtenues grâce au recueil par aberrométrie double-pass (OQAS, Visiometrics, Espagne) de la tache d'éclairement rétinienne, mettant en évidence la diffusion lumineuse induite pas les plis (**C**) et sa réduction après déplissage et repositionnement du volet stromal (**C**). Le recueil de la tache d'éclairement rétinienne (ou Point Spread Function – PSF) permet le calcul de la courbe de MTF et des valeurs seuil de contrastes de l'image rétinienne (**B**: avant déplissage et **D**: après déplissage).

3. – Micro-plis symptomatiques après Lasik avec dissection laborieuse de l'interface

Après Lasik, la persistance de symptômes à type de "voile", de gêne visuelle, alors que la meilleure acuité visuelle est conservée, doit faire rechercher la présence de microplis (*fig. 5 à 8*).

Dans le cas présenté, le patient se plaignait d'une sensation persistante de réduction de la vision des contrastes et de halos intermittents depuis la réalisation d'un Lasik avec découpe stromale au laser femtoseconde effectué 3 mois



Fig. 5A: Aspect en rétro-illumination après dilatation pupillaire pharmacologique. La pré-découpe optique (laser femtoseconde) a été programmée pour une épaisseur de 100 microns. Elle a été suivie d'un clivage difficile de l'interface, avec tractions répétées depuis la charnière supérieure. Les microplis sont visibles et forment un réseau de fines opacités linéaires d'aspect légèrement réticulé. La distribution de ces micro-plis est particulière : ils prédominent en supérieur et ont une orientation globalement verticale, dans l'axe des tractions effectuées pour le clivage. **B**: Imagerie d'une section cornéenne en OCT : l'épithélium est d'épaisseur variable, car il compense les anomalies du relief de la membrane de Bowman sous-jacente, dont le signal hyperréflectif légèrement irrégulier est perceptible.



Fig. 6: Topographie cornéenne spéculaire; la carte obtenue en mode axial est sans particularités.



rement rétinienne (Point Spread Function : PSF), représentation en niveaux de gris en haut, en fausses couleurs au milieu à droite. La diffusion lumineuse irrégulière est provoquée par micro-plis du volet stromal au niveau de l'interface. L'acuité visuelle prédite à contraste maximal est de 10/10, mais n'est que 5/10 pour un contraste de 20 %, et 2.5/10 pour un contraste de 9 % (voir les planches simulant

Fig. 7: Recueil de la tache d'éclai-

l'image rétinienne obtenue pour des optotypes de résolution correspondante).



Fig. 8: Comparaison des courbes de MTF (Modulation Transfer Function) obtenues après mesure directe de la tache d'éclairement rétinienne (en bleu: OQAS) et recueil du front d'onde (en rouge : aberromètre). Lors de l'acquisition de l'information utile pour la reconstitution du front d'onde, la diffusion lumineuse (ici accrue en raison des micro-plis) est assimilée à un "bruit de fond" par le logiciel de l'aberromètre et éliminée pour la reconstruction du front d'onde. Cela explique la surestimation du contraste de l'image rétinienne (calculé selon le front d'onde "débarrassé" de la diffusion) vis-à-vis de celui prédit par l'OQAS (calculé selon l'image rétinienne qui englobe aberrations et diffusion). Dans le cas présenté, l'image rétinienne est dégradée par les aberrations de haut degré et la diffusion optique engendrée par les micro-plis. L'écart entre les deux courbes représente la dégradation provoquée par la diffusion lumineuse seule.

auparavant. Lors de celle-ci, la survenue de bulles blanches opaques au niveau de l'interface près de la charnière avait provoqué une dissection mécanique difficile de l'interface, selon le chirurgien. L'acuité visuelle à contraste maximal était conservée (10/10 sans correction). Ce patient était adressé pour avis et éventuelle reprise par photoablation personnalisée guidée par le front d'onde. La mesure aberrométrique était pourtant peu évocatrice de l'intérêt d'un traitement personnalisé (absence d'élévation significative des aberrations de haut degré). L'examen de l'interface en rétro-illumination a permis d'évoquer le diagnostic de micro-plis, dont les effets ont pu être objectivés par la mesure à l'OQAS de la tache d'éclairement rétinien et le score de diffusion optique (OSI).

Tout retraitement était en fait contre-indiqué en l'absence d'aberrations de haut degré, risquant en outre d'accroître l'importance des micro-plis. Dans notre expérience, les symptômes liés aux micro-plis tendent à régresser avec le temps (remodelage stromal superficiel ? Adaptation neurocognitive ?). Le meilleur remède contre les micro-plis est le traitement préventif: bien régler l'énergie du laser, éviter les capots inutilement trop fins, réaliser une dissection soigneuse et douce de l'interface en cas de résistance accentuée (ponts tissulaires plus abondants, bulles blanches opaques de l'interface, etc.).

<u>Bibliographie</u>

1. BABIZHAYEV MA, MINASYAN H, RICHER SP. Cataract halos: a driving hazard in aging populations. Implication of the Halometer DG test for assessment of intraocular light scatter. *Appl Ergon*, 2009; 40: 545-53.

2. MICHAEL R, VAN RIJN LJ, VAN DEN BERG TJ *et al*. Association of lens opacities, intraocular straylight, contrast sensitivity and visual acuity in European drivers. *Acta Ophthalmol*, 2009; 87: 666-71.

3. DIAZ-DOUTON F, BENITO A, PUJOL J *et al.* Comparison of the retinal image quality with a Hartmann-Shack wavefront sensor and a double-pass instrument. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2006; 47: 1710-6

4. SAAD A, SAAB M, GATINEL D. Repeatability of Optical Quality Analysis System (OQAS) measurement. *J Cataract Refract Surg*, in press.

L'auteur a déclaré ne pas avoir de conflit d'intérêt concernant les données publiées dans cet article.