



INTÉRÊT DE L'OQAS

(OPTICAL QUALITY ANALYSIS SYSTEM) EN CHIRURGIE DE LA CATARACTE.

Dr Damien Gatinel
Service d'Ophthalmologie,
Fondation Rothschild, Hôpital
Bichat-Claude Bernard

CEROC (Centre d'Expertise
et de Recherche en
Optique Clinique).

L'OQAS (Optical Quality Analysis System) est un instrument innovant qui fournit au clinicien des informations indispensables vis à vis de la fonction visuelle. Il permet de mesurer l'effet conjoint des aberrations optiques de haut degré et la perte de transparence des tissus oculaires sur la qualité de l'image rétinienne. A partir de l'analyse de l'image d'un point lumineux focalisé sur la rétine et recueillie dans le plan rétinien, cette technique d'investigation prometteuse et évaluée à la Fondation Rothschild depuis plus d'un an présente l'intérêt majeur d'objectiver l'effet de la perte de transparence des milieux oculaires. Cet article est consacré à la description des principes utilisés par la technologie OQAS pour fournir au clinicien un relevé de la qualité optique de l'œil humain.

Introduction

La vision est la capacité de percevoir la lumière, les couleurs, et les formes. Notre sens le plus précieux est un phénomène complexe qui fait intervenir une cascade d'événements amorcée par la captation par l'œil de photons provenant de la cible observée, et achevée par une sensation visuelle née de l'activation de structures neuronales spécialisées du cortex occipital. La première étape de ce processus peut être qualifiée d'optique, car elle comporte les réfractions successives au travers des interfaces optiques de l'œil (film lacrymal, cornée, cristallin, vitré) des ondes lumineuses jusqu'aux photorécepteurs rétinien. Cette étape conditionne la qualité de l'image rétinienne : son bon déroulement est nécessaire pour l'obtention d'une bonne vision. La seconde étape, dite « sensorielle », débute après réception de l'information lumineuse par le(s) photorécepteur(s) rétinien(s), comporte le codage et le transfert de cette information vers le cortex cérébral spécialisé, et s'achève par une sensation visuelle. La qualité de vision est le fruit de l'exécution de ces deux étapes. Même si la connaissance de la modulation accomplie par le système neuro-cognitif demeure nécessaire pour prédire la qualité de vision, la qualité de l'image rétinienne offre au clinicien la possibilité de vérifier le bon déroulement de l'étape optique de la vision. Les deux

principales causes de réduction de la qualité optique de l'œil humain rencontrées en pratique clinique sont l'existence d'aberrations optiques non corrigées (anomalies réfractives), et la réduction partielle de la transparence oculaire dont le corollaire est l'existence d'une augmentation de la diffusion lumineuse (1). Les principales sources de diffusion oculaire physiologiques et pathologiques sont rappelées dans le Tableau 1.

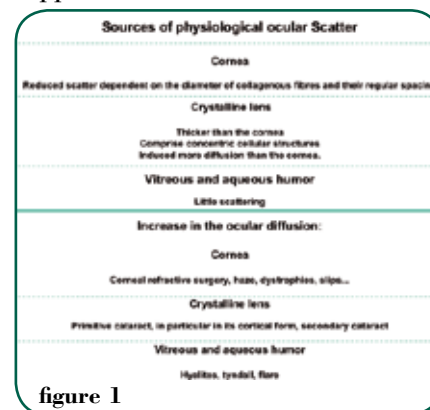


figure 1

Les aberromètres introduits depuis le début des années 2000 permettent la mesure des aberrations optiques de bas et haut degré mais pas de la perte de la transparence oculaire (2). De ce fait, l'estimation de la qualité optique fournie par un aberromètre n'est valable que si la transparence de l'œil n'est pas diminuée de manière significative. L'OQAS (Optical Quality Analysis System) est le seul appareil actuellement disponible qui fournit la mesure directe de l'effet conjugué des aberrations optiques et de la perte de la transparence oculaire sur la qualité optique de l'œil. Les données fournies par cet instrument sont établies à partir de l'étude de l'image rétinienne obtenue après focalisation d'un faisceau lumineux infrarouge. Ce faisceau peut être projeté selon diverses vergences afin de réaliser une série de mesures correspondant à l'image d'un point situé à différentes distances. A partir de cette analyse, il est possible d'estimer l'importance de la diffusion oculaire (réduction de la transparence oculaire), et en prédire l'effet sur la sensibilité aux contrastes et l'acuité visuelle maximale théoriques. Les mesures dynamiques permettent d'apprécier la qualité de l'accommodation et/ou la profondeur de champ.

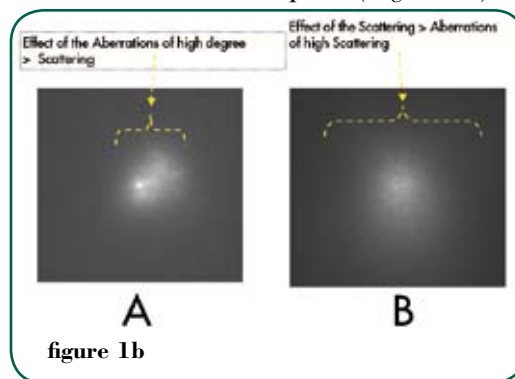


Principes de l'analyse de la qualité optique oculaire avec l'OQAS

La fidélité de tout instrument d'imagerie optique est corrélée à la manière dont cet instrument peut faire d'un point source lumineux une image aussi ponctuelle que possible. L'OQAS permet d'imager la projection rétinienne d'un point source, et d'en analyser les caractéristiques. Les relevés fournis par l'OQAS dérivent tous de l'analyse de l'image rétinienne d'un point. En termes simples, c'est à partir de l'étude de la qualité du stigmatisme oculaire que l'instrument fournit l'ensemble de ses relevés. Les dimensions et la répartition spatiale de l'énergie lumineuse sur la rétine après focalisation d'un point source par les dioptries oculaires dictent l'aspect de la Fonction d'Étalement du Point rétinien (FEP). L'acronyme PSF (pour l'équivalent anglo-saxon « Point Spread Fonction ») est communément usité en optique et sera utilisé dans cet article. La PSF peut être représentée sous la forme d'un diagramme en deux ou trois dimensions, dont le diamètre conditionne le pouvoir séparateur de l'œil et sa sensibilité aux contrastes. L'acuité visuelle maximale est atteinte quand le diamètre de la tâche n'excède pas celui d'un photorécepteur fovéolaire. Elle chute de moitié quand ce diamètre double, etc...

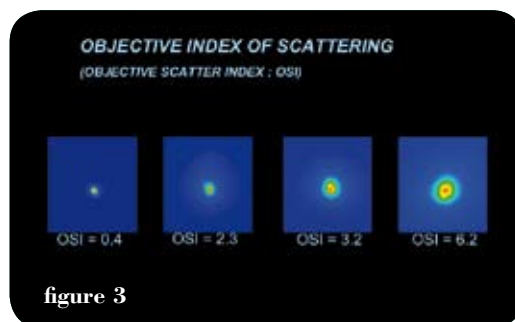
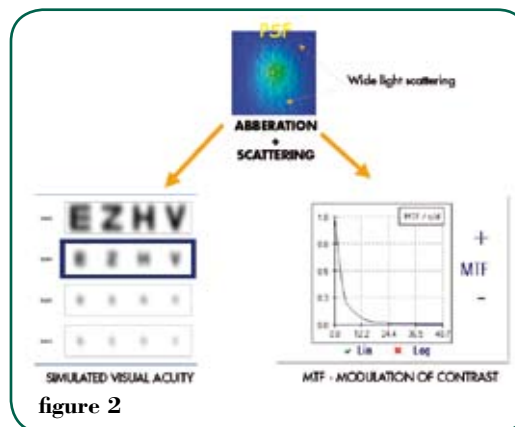
L'OQAS fournit une représentation tri dimensionnelle de la PSF rétinienne sous l'aspect d'un « pic » d'intensité lumineuse à partir d'une image recueillie par le CCD et traduite en niveaux de gris. Ceci permet une interprétation et une comparaison plus aisée des PSF. Dans le cas d'un œil transparent et dépourvu d'aberrations optiques (ou parfaitement corrigé pour celles-ci), l'image focale formée sur la rétine n'est pas un point mais une tâche lumineuse dont le diamètre dépend de celui de la pupille irienne (diffraction pupillaire). La diffraction est une limitation incontournable au stigmatisme absolu ; elle impose nécessairement un certain « élargissement » des dimensions de l'image formée vis à vis de celle du point source. Les aberrations optiques de haut degré (coma, aberration sphérique, etc...) sont délétères pour la qualité optique de l'œil car elles induisent une réduction du stigmatisme qui se surajoute à celle imposée par la diffraction (Figure 1A). Enfin, l'existence

d'un trouble des milieux résulte en une diffusion lumineuse provoquée par les micro opacités totales ou partielles qui provoquent une dispersion d'allure aléatoire des ondes lumineuses. La répartition de l'intensité lumineuse focalisée par les dioptries oculaires est nettement moins compacte (Figure 1B).



Indices de qualité optique de l'OQAS

À partir du recueil de l'image formée d'un point source lumineux sur la rétine, on peut prédire l'aspect d'une image plus complexe, ainsi que le pourcentage de réduction du contraste rétinien. Les principaux indices fournis par le logiciel de l'instrument sont (Figures 2 et 3) :



-L'acuité visuelle maximale prédite pour des objets de contraste de 100%, 50% 20% et 9%. Cette acuité visuelle est calculée en tenant compte des caractéristiques optiques de l'œil analysé : aberrations optiques, et diffusion oculaire.

- La courbe MTF (Modulation Transfer Function) : cette courbe représente le pourcentage d'atténuation du contraste de l'image rétinienne pour différentes résolutions (fréquences spatiales), et intègre également les effets combinés de la diffusion et des aberrations optiques de haut degré.

- un indice de diffusion (scattering index) : cet indice est utile pour quantifier le degré de diffusion causé par la perte de transparence d'une ou plusieurs structures oculaires, tels que le haze et les opacités cornéennes, la cataracte, la hyalite...

Pour ne pas être perturbée par les aberrations sphéro-cylindriques (aberrations du second degré qui sont corrigibles en lunettes), l'analyse de la PSF rétinienne doit être effectuée pour la meilleure correction sphéro-cylindrique. L'appareil effectue un brouillage et grâce à un autoréfractomètre intégré, une compensation du défocus sphérique est effectuée, afin de conjuguer la rétine avec un point situé à une distance définie (l' « infini » par défaut). La vision « de loin » est ainsi étudiée en conjuguant la rétine avec un point situé à l' « infini ». Plusieurs images de la tâche de focalisation rétinienne sont recueillies grâce à un capteur CCD. Le diamètre de la pupille naturelle est mesuré par l'instrument, mais les mesures sont effectuées pour un diamètre pupillaire fixé choisi par l'opérateur (de 3 à 6 mm).

En recueillant une série de mesures effectuée pour des points situés à des distances successivement rapprochées, il est possible d'estimer la profondeur de champ de l'œil étudié.

Déroulement de la mesure avec l'OQAS

L'instrument qui occupe un volume similaire à celui d'un auto réfractomètre est équipé d'une mentonnière, d'une barre frontale et se manie avec un joystick (Figure 4). Il est piloté par un logiciel informatique. En plus de la saisie de données classiques relatives au patient (identité, date de naissance,

etc...), l'utilisateur entre la valeur de l'erreur réfractive (équivalent sphérique) et choisit un diamètre pupillaire donné pour l'analyse. Chez les patients présentant un fort astigmatisme oculaire, il peut être utile de le compenser avec un verre cylindrique avant les mesures. Une fois la pupille oculaire alignée sur un ensemble de réticules lumineux, son diamètre est mesuré, et un brouillage/débrouillage automatique est effectué par l'instrument. Le patient fixe alors une mire représentant un paysage. Une fois la mise au point effectuée sur le plan rétino-fovéolaire, plusieurs captures de la PSF rétinienne sont effectuées puis moyennées. L'exploration de l'accommodation est effectuée en réalisant des mesures itératives de PSF pour des plans situés à des vergences croissantes, ce qui simule optiquement le rapprochement du plan de l'objet fixé.

Quelques exemples cliniques en chirurgie de la cataracte

Les applications cliniques de l'OQAS sont nombreuses: elle regroupent toutes les situations cliniques où il est important d'objectiver et quantifier la réduction de la qualité optique de l'œil mesuré provoquée par une augmentation des aberrations optiques de haut degré et une réduction de la transparence des milieux oculaires. Les opacités cristalliniennes réfractent et diffractent de manière aléatoire la lumière incidente focalisée vers la rétine, mais le parallélisme anatomo-clinique entre le degré d'opacité estimé à l'examen à la lampe à fente et le retentissement de ces opacités sur la qualité optique de l'œil n'est pas toujours très marqué, en particulier pour les cataractes débutantes. Une gêne visuelle permanente (« voile ») peut être compatible avec une baisse d'acuité visuelle modérée, voire absente (Figure 5).

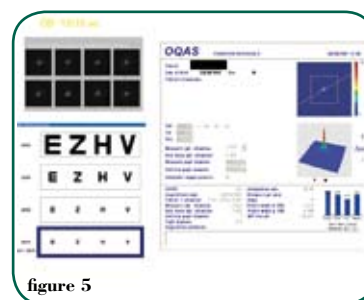


figure 5

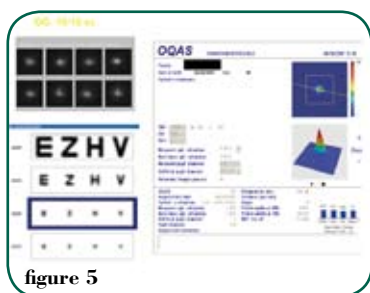


figure 5

Certains instruments voués à l'imagerie du segment antérieur comme le système d'acquisition par caméra Scheimpflug permettent de quantifier le degré d'opacification du cristallin par une technique de densitométrie. Mais l'effet de cette opacification sur la transmission lumineuse n'est pas mesuré avec cet instrument. La mesure directe de la diffusion lumineuse oculaire est plus pertinente car elle traduit l'effet objectif des opacités cristalliniennes sur la lumière incidente. Elle devrait permettre de confirmer ou infirmer la responsabilité d'une cataracte débutante dans la genèse de symptômes visuels, et d'établir une classification fonctionnelle de la cataracte à partir des valeurs d'OSI (Figure 3). Les mesures par OQAS permettent de confirmer ou infirmer la responsabilité d'une opalescence diffuse ou d'opacités biomicroscopiques discrètes dans la genèse de troubles visuels. Cette capacité à objectiver l'effet d'une réduction de la transparence du cristallin laisse augurer d'un rôle médico-légal potentiel dans la chirurgie cristallinienne (distinction objective entre chirurgie du cristallin clair et chirurgie de la cataracte). La visualisation directe de l'altération de la PSF rétinienne permet de confirmer la responsabilité d'une opacification capsulaire postérieure en cas de doute diagnostique dans le cadre du bilan d'une baisse de l'acuité visuelle chez le pseudophaque. L'amélioration de la PSF après capsulotomie reflète la réduction de la diffusion consécutive à l'ouverture capsulaire (Figure 6).

Les méthodes aberrométriques classiques (ex ; Hartmann - Shack) ne permettent pas de mesurer avec précision la qualité de vision après insertion d'optiques multifocales diffractives (3). Le principe de reconstruction du front d'onde présuppose une optique

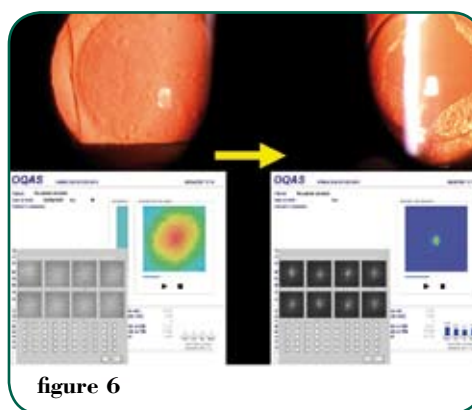


figure 6

monofocale, et ne peut interpréter correctement les variations provoquées par le réseau diffractif de l'implant. Les mesures l'OQAS sont plus pertinentes dans ce contexte, car elles sont effectuées à partir du recueil de l'image rétinienne qui contient toute l'information optique (effet conjugué de l'optique monofocale et du réseau diffractif) (Figure 7).

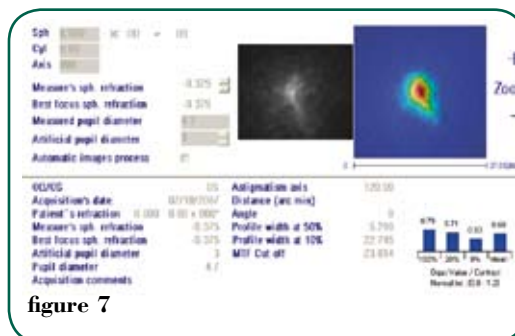


figure 7

La possibilité d'explorer la profondeur de champ devrait faire de l'OQAS un instrument particulièrement adapté pour objectiver les effet pseudo accommodatif des lentilles multifocales, et les effets accommodatifs des implants dits accommodatifs.

Conclusion

L'OQAS fournit des informations précieuses pour le clinicien impliqué dans l'étude et le traitement des pathologies responsables d'une réduction de la transparence oculaire au premier rang desquelles figure la cataracte. Il est aujourd'hui devenu incontournable dans notre pratique quotidienne de la prise en charge des affections de segment antérieur.

Références

- 1) Díaz-Doutón F, Benito A, Pujol J, Arjona M, Güell JL, Artal P. Comparison of the retinal image quality with a Hartmann-Shack wavefront sensor and a double-pass instrument. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2006;47(4):1710-6.
- 2) In "Principles and Practice of Ophthalmology, 4rd Edition". Daniel M. Albert and Frederick A. Jakobiec, Saunders, Elsevier, USA, 2007. Gatinel D. Corneal Topography and Wavefront analysis.
- 3) Gatinel D. The low accuracy of Shack-Hartman wavefront sensing in eyes with diffractive multifocal intra ocular lenses. *J Cataract Refract Surg*, in press