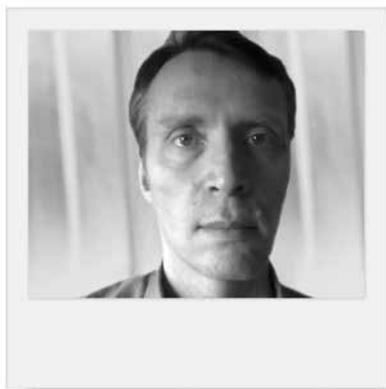


Les applications prochaines de l'optique adaptative à l'imagerie de la rétine

RÉSUMÉ : L'imagerie par optique adaptative du fond d'œil permet une sémiologie quasi microscopique des maladies de la rétine. Plusieurs applications nouvelles se sont révélées ces dernières années, principalement les dystrophies rétiniennes, la dégénérescence maculaire liée à l'âge et les maladies vasculaires dont l'hypertension artérielle et les inflammations.

Bien que d'interprétation plus complexe que la photographie du fond d'œil, les premières études indiquent un potentiel important pour la détection précoce et surtout le suivi thérapeutique des maladies. Les applications extra-ophtalmologiques, en particulier vers la médecine interne, ouvriront un nouveau champ de coopération entre ophtalmologistes et internistes.



→ **M. PAQUES, E. KOCH,
M.H. ERRERA, J. BENESTY**
Centre d'Investigation clinique,
Hôpital des Quinze-Vingts, PARIS.

L'imagerie du fond d'œil utilisant l'optique adaptative (OA) a été développée durant les deux dernières décennies par plusieurs équipes dans le monde. L'OA est essentiellement une technique opto-électronique fondée sur l'adaptation dynamique d'un miroir déformable pour corriger les aberrations optiques des milieux oculaires, ce qui augmente la résolution latérale des images. Les systèmes actuels d'OA permettent une résolution latérale de 1 à 5 μm . La résolution réelle dépend d'un certain nombre de facteurs, parmi lesquels le nombre d'actionneurs du miroir déformable. L'OA a atteint une certaine maturité technologique. On peut donc s'attendre à ce que les systèmes disponibles dans le commerce soient bientôt dans la routine clinique. Ses indications, d'abord confinées au comptage des photorécepteurs, s'étendent progressivement.

La principale contribution de l'OA à l'imagerie de la rétine clinique a été

l'observation de la mosaïque des cônes. Cependant, l'imagerie des photorécepteurs par OA n'est pas encore entrée en pratique clinique courante. Cela est en partie dû au fait que l'interprétation des images d'OA n'est pas encore standardisée. En effet, plus que pour l'OCT, plusieurs facteurs peuvent interférer avec l'image obtenue. Ces facteurs sont le niveau de pigmentation du fond d'œil, la transparence de la rétine, la présence d'autres sources de dispersion de la lumière dans la rétine malade, la variabilité spatiale et temporelle de la réflectance des photorécepteurs et l'orientation variable des segments externes des photorécepteurs.

Il apparaît que d'autres applications de l'OA sont très prometteuses et, d'ores et déjà, utilisables en clinique. La première concerne la DMLA dans sa forme sèche (**fig. 1**). L'imagerie OA des patients atteints d'atrophie géographique permet une cartographie étonnamment précise de la redistribution de mélanine dans la plupart des cas [1]. Dans tous les cas,

POINTS FORTS

- ↳ L'imagerie par optique adaptative a atteint une maturité technologique lui permettant d'être utilisée en clinique quotidienne.
- ↳ Les applications les plus intéressantes concernent la DMLA atrophique, l'hypertension artérielle, les vascularites et les dystrophies rétinienne.
- ↳ D'autres applications comme la toxicologie rétinienne aux antipaludéens de synthèse sont en cours d'évaluation.
- ↳ L'interprétation des images requiert une certaine expérience et la comparaison aux autres modalités d'imagerie.

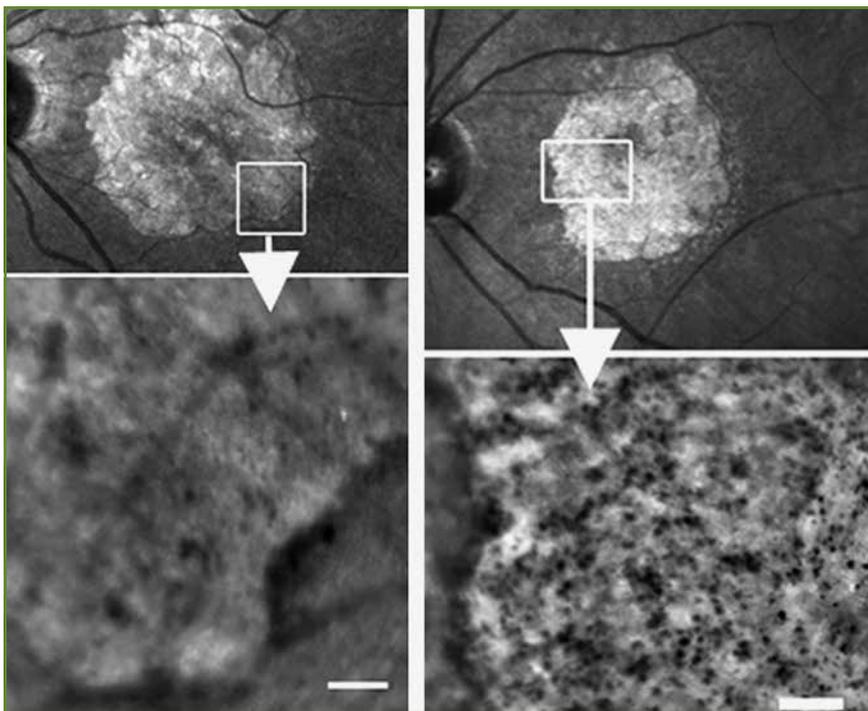


FIG. 1 : Comparaison de l'imagerie SLO (en haut) et par OA (en bas) (barres d'échelle, 200 pm).

l'imagerie OA révèle les détails fins de la dispersion de la mélanine, une caractéristique fondamentale de l'atrophie de l'épithélium pigmentaire de la rétine (EPR). À plus fort grossissement, une telle dispersion apparaît sous forme d'amas de mélanine de tailles variables. Grâce à l'amélioration du contraste obtenu par l'OA, les frontières des

lésions atrophiques sont mieux délimitées que par l'imagerie SLO (*scanning laser ophthalmoscopy*).

Notre expérience préliminaire suggère que l'imagerie OA est d'un intérêt particulier dans deux situations :

- en présence de très petites lésions (inférieures à 100 µm) ;

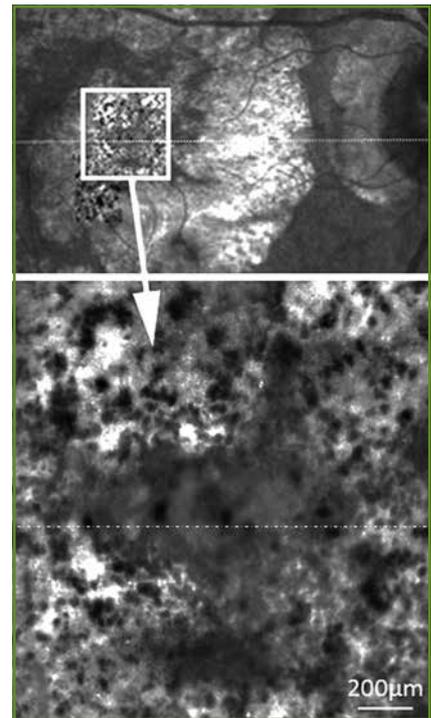


FIG. 2 : Imagerie OA d'un cas d'atrophie géographique avec épargne fovéolaire.

- en présence d'une épargne fovéolaire (fig. 2).

À ce niveau de résolution, l'histologie est une aide importante pour interpréter les images. Un certain nombre de changements phénotypiques se produisent dans les cellules de l'EPR au cours de l'atrophie géographique (GA). Notre expérience montre que l'imagerie OA peut donc documenter les éléments microscopiques de GA, et est donc bien adaptée pour la documentation et le suivi de petites lésions.

Les deux autres applications prometteuses concernent l'**hypertension artérielle** et les **vascularites**. Les patients hypertendus ont en effet une paroi artérielle plus épaisse que les patients normotendus. Cette différence d'épaisseur peut être mise en évidence par imagerie par OA (fig. 3). Notre étude a montré qu'il existait une relation étroite entre pression artérielle et épaisseur

REVUES GÉNÉRALES

Imagerie

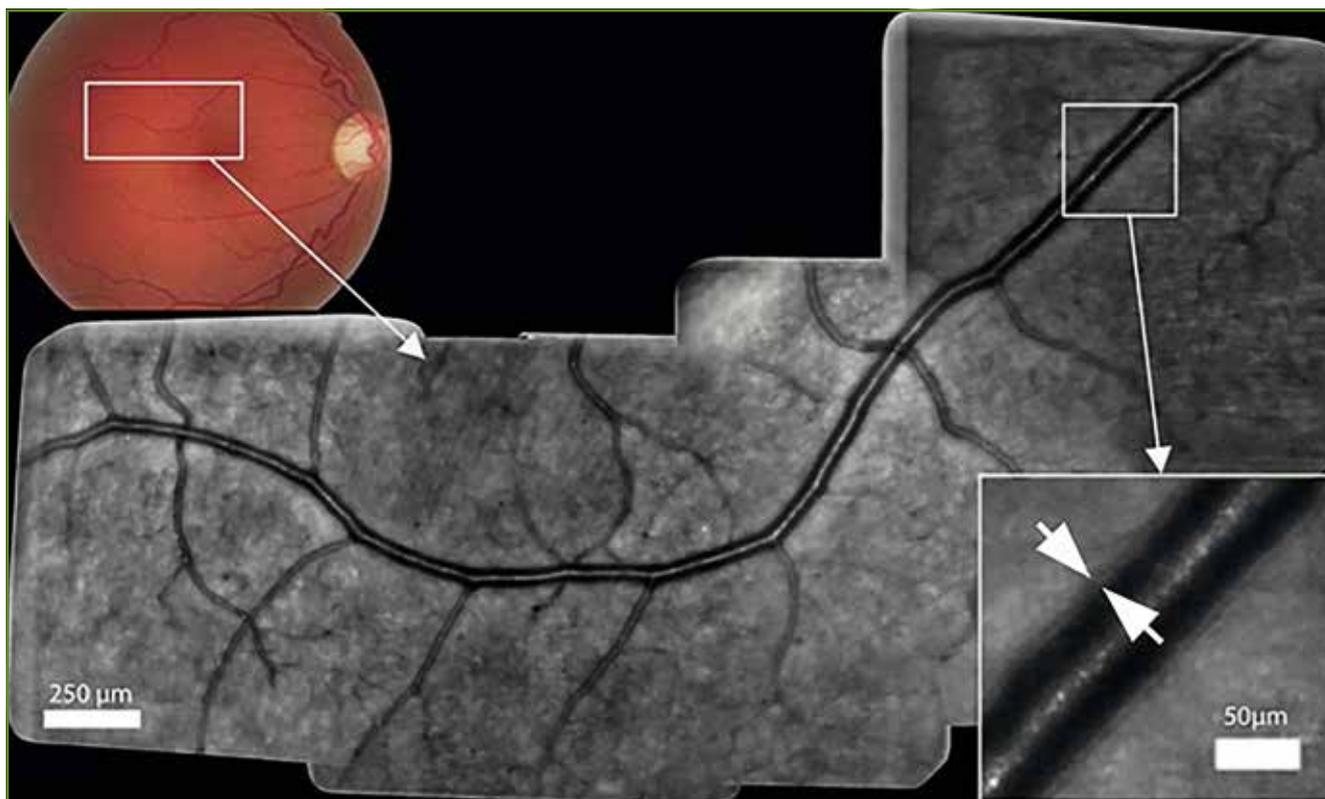


FIG. 3 : Montage d'images d'OA de vaisseaux rétiens normaux. La paroi artérielle est visible sur l'agrandissement en bas à droite (flèches).

pariétale des artérols rétiens. Cela ouvre la voie à une nouvelle approche thérapeutique de l'hypertension artérielle, fondée sur l'effet sur la microcirculation [2].

De plus, nous avons pu explorer les lésions focales associées à la rétinopathie hypertensive telles que les croisements artérioveineux et les rétrécissements artériels focaux. Cela montre en particulier que les croisements artérioveineux ne sont probablement pas dus à une compression par l'artère, mais qu'il s'agit d'un processus pathologique auquel participe la rétine elle-même. Enfin, nous avons également montré que les vasculaires rétiens pouvaient bénéficier de la meilleure résolution offerte par l'OA pour améliorer leur détection ainsi que le suivi thérapeutique (fig. 4) [3].

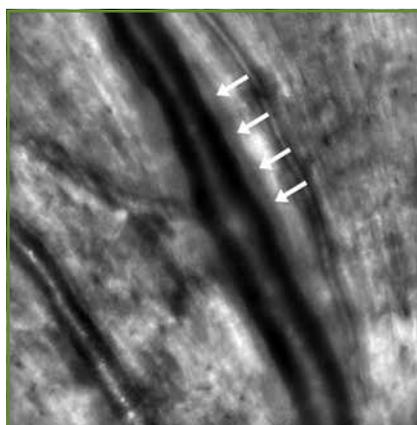


FIG. 4 : Imagerie par OA d'un engainement périveineux inflammatoire (flèches).

D'autres travaux sont en cours pour identifier d'autres structures de la rétine pouvant bénéficier d'une imagerie AO, qui apparaît d'ores et déjà comme un

outil essentiel pour le diagnostic et le suivi de nombreuses maladies affectant la rétine.

Bibliographie

1. GOCHO K, SARDA V, FALAH S *et al.* Adaptive optics imaging of geographic atrophy. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2013;54: 3673-3680.
2. KOCH E, ROSENBAUM D, BROLLY A *et al.* Morphometric analysis of small arteries in the human retina using adaptive optics imaging: relationship with blood pressure and focal vascular changes. *J Hypertens*, 2014;32:890-898.
3. ERRERA MH, COISY S, FARDEAU C *et al.* Retinal vasculitis imaging by adaptive optics. *Ophthalmology*, 2014. [Epub ahead of print]

L'auteur a déclaré être consultant pour la société Imagine Eyes.