Revues générales

Avancées dans l'imagerie du myope fort

RÉSUMÉ: L'imagerie du segment postérieur a connu de constantes avancées dans la dernière décennie. L'amélioration de la résolution et de la qualité de la tomographie à cohérence optique (OCT), l'élargissement des champs d'examen en OCT ou en rétinographie, la technologie Swept-Source, l'OCT-angiographie et l'imagerie intraopératoire ont permis une meilleure analyse des structures rétiniennes et ainsi une amélioration du diagnostic, de la compréhension et de la prise en charge des complications rétiniennes et non rétiniennes du myope fort.



E. PHILIPPAKIS Service d'Ophtalmologie, Hôpital Lariboisière, PARIS.

es myopes forts présentent des altérations morphologiques concernant les différentes structures sans pour autant être pathologiques. Par ailleurs, ils peuvent présenter de nombreuses complications rétiniennes, non exclusives l'une de l'autre. L'amélioration constante des appareils d'imagerie, dans leur résolution pour le spectral domain OCT (OCT-SD), les techniques pour l'OCT-angiographie (OCT-A) et la taille du champ analysé (imagerie ultra-grand champ) ont permis une amélioration des pratiques diagnostiques et de prise en charge. En parallèle, les nouvelles imageries permettent de mieux visualiser et comprendre l'anatomie et les rapports anatomiques au sein de l'œil myope fort.

Néovaisseaux choroïdiens myopiques et diagnostics différentiels

Devant une baisse d'acuité visuelle chez le myope fort, on veillera à toujours éliminer dans un premier temps une néovascularisation choroïdienne (NVC). Les NVC myopiques concernent les patients de tout âge, et ce quel que soit le degré d'atrophie choriorétinienne. L'OCT-SD haute résolution, avec un *mapping* de coupes serrées de la zone maculaire, permettra d'identifier la présence d'une hyperréflectivité pré-épithéliale à bords flous, ou "gris pré-épithélial", le plus souvent isolée et de petite taille dans les formes débutantes [1].

Les NVC myopiques s'accompagnent rarement de décollements séreux rétiniens ou de logettes intrarétiniennes, et la lésion peut être localisée en bordure de plage d'atrophie. En cas de larges zones atrophiques, il est parfois difficile d'identifier ces lésions à l'OCT, et de faire la différence entre les remaniements pigmentaires en bordure d'atrophie et un néovaisseau débutant.

Si l'OCT suffit au diagnostic dans 95 % des cas, l'angiographie reste encore le *gold standard*, avec un lacis précoce et une diffusion tardive [2]. Avec l'OCTangiographie couplé à l'OCT, le diagnostic est réalisé de manière non invasive dans 96 % des cas [3]. L'OCT-A sera donc réalisé en première intention si disponible, et l'angiographie en cas de doute. En sus, l'analyse des vaisseaux choroïdiens en EDI (*enhanced depth imaging*) a retrouvé des vaisseaux choroïdiens dilatés dans 28 % des cas avec des NVC myopiques, avec des récurrences plus fréquentes [4].

Une autre équipe a objectivé une augmentation transitoire de l'épaisseur choroïdienne lors des réactivations néovasculaires, fournissant ainsi un biomarqueur supplémentaire en cas de doute [5]. Si le diagnostic a beaucoup progressé, le suivi de l'activité néovasculaire reste basé sur l'OCT et les images en OCT-A ne permettent pas encore de prédire une récidive. Il faut préciser que la qualité des images est nettement moindre que chez l'emmétrope, et la segmentation automatique des couches rétinienne et choroïdienne en OCT-A est souvent erronée, d'autant plus que la longueur axiale augmente.

Les deux diagnostics différentiels d'un NVC myopique sont la rupture de la membrane de Bruch et les NVC inflammatoires sur choroïdite ponctuée interne.



Fig. 1: Jeune femme de 28 ans myope –13D présentant une baisse visuelle de l'œil gauche. Sur la rétinographie (A), on observe une atrophie diffuse et une hémorragie étalée juxta-fovéolaire. Au temps tardif de l'angiographie à la fluorescéine (B), il n'y a pas d'hyperfluorescence ni de diffusion. Le temps tardif de l'angiographie au vert d'indocyanine (C) permettra de visualiser la rupture par un liséré hypofluorescent. L'OCT haute résolution (D) retrouve une hyperréflectivité pré-épithéliale en discontinuité avec un épithélium pigmentaire intact. Sur cette image, on observe une ligne hyporéflective entre le sang et l'épithélium pigmentaire rétinien (flèche blanche).



Fig. 2: Patiente de 47 ans consultant pour métamorphopsies de l'œil gauche. La rétinographie retrouve des lésions jaunâtres rondes au sein d'une atrophie diffuse. À l'OCT initial (**A**), on observe une hyperréflectivité pré-épithéliale avec un signal d'hypertransmission postérieur (**flèche**). Un mois après (**B**), la lésion a disparu avec une atrophie et discrète excavation choroïdienne (**flèche**). On note une nouvelle lésion rétrofovéolaire (**tête de flèche**). Celle-ci va disparaître avec la mise en place d'une corticothérapie orale (**C**).

Les ruptures de la membrane de Bruch se produisent généralement chez les patients jeunes (25-45 ans), en phase évolutive d'élongation du globe oculaire, et s'identifient en imagerie par une réflectivité pré-épithéliale correspondant à l'hémorragie sous-rétinienne avec intégrité de la ligne de l'épithélium pigmentaire. On peut parfois distinguer une ligne hyporéflective entre le sang et l'épithélium pigmentaire (fig. 1). En cas de doute, une angiographie à la fluorescéine pourra être réalisée et ne montrera pas d'image progressivement hyperfluorescente ni de diffusion tardive. L'angiographie au vert d'indocyanine (ICG) permet de visualiser la rupture au temps tardif, si celle-ci est de taille suffisante. L'OCT-A ne trouvera pas de lacis néovasculaire. Ces hémorragies disparaissent en quelques semaines et ne nécessitent pas d'injection intravitréenne.

D'autres hémorragies peuvent survenir dans les mois qui suivent. Une fois les ruptures constituées, elles sont visibles sur le cliché couleur et l'autofluorescence. Elles évoluent progressivement en augmentant de taille et de nombre.

Le diagnostic de choroïdite ponctuée interne pourra être évoqué, notamment chez la femme jeune, en cas de lésion jaunâtre ou d'atrophie en patchs multiples ou encore d'hyperréflectivités pré-épithéliales multiples. Une choroïdite multifocale est observée dans 11 % des cas. En phase active, on voit apparaître un bombement de l'épithélium pigmentaire avec un signal d'hypertransmission postérieur, pouvant être confondu avec une activité néovasculaire. En phase cicatricielle, une excavation choroïdienne apparaît (fig. 2). Néanmoins, des NVC peuvent apparaître dans 80 % des cas en bordure des plages cicatricielles. En cas de phase active, un traitement anti-inflammatoire doit être administré, en association ou non aux anti-VEGF selon la présence de NVC [6].

Toutes ces lésions évoluent à terme vers des plages d'atrophie vouées à augmenter de taille dans le temps.

Revues générales

OCT ultra-grand champ

Avec l'amélioration des OCT et la technologie Swept-Source, la longueur et la profondeur des coupes OCT ont permis de mieux analyser la courbure oculaire dans les yeux myopes forts ainsi que l'interface vitréorétinienne. Certains appareils permettent aujourd'hui d'obtenir des coupes de 23 mm de long et de 5 mm de profondeur, et ainsi de visualiser toute la zone maculaire, les rebords du staphylome, et même d'observer ou de mesurer l'importance de la courbure oculaire [7]. Les bords du staphylome présentent un amincissement choroïdien focal, un amincissement rétinien et souvent des altérations pigmentaires (fig. 3) [8]. Les staphylomes postérieurs sont présents dans 50 % des yeux myopes forts et les staphylomes maculaires larges ou étroits génèrent des contraintes antéropostérieures participant à la pathogenèse de la maculopathie myopique tractionnelle (fig. 4).

L'OCT ultra-grand champ a également mis en évidence les attaches vitréennes pathologiques. Le vitré du myope fort se détache de manière nettement asymétrique avec un décollement du vitré en temporal et en inférieur, ou au sein des zones staphylomateuses, en gardant des adhérences fortes au niveau fovéolaire de la papille et des vaisseaux rétiniens, où on peut observer des kystes intrarétiniens et même des trous lamellaires. Ces adhérences semblent jouer un rôle majeur dans la physiopathologie des fovéoschisis myopiques [9]. Le vitré est également anormal par son degré de liquéfaction. Dans certains cas, un vitréoschisis peut se produire, laissant uniquement le cortex vitréen postérieur à la surface de la rétine qui agit alors comme un élément de traction tangentielle.

L'analyse des adhérences vitréennes a permis d'observer que certains fovéoschisis myopiques pouvaient s'améliorer spontanément (10 %), majoritairement dans les suites des modifica-



Fig. 3: Images OCT grand champ d'un staphylome myopique maculaire étroit. Rétinographie couleur de l'œil gauche montrant un staphylome maculaire étroit avec de l'atrophie au niveau des bords du staphylome (A). Cliché en autofluorescence retrouvant une hyperfluorescence sur les bords du staphylome (B). Coupes OCT grand champ horizontale et verticale montrant les changements abrupts de courbure sclérale (C et D).



Fig. 4: Fovéoschisis myopique au sein d'un staphylome maculaire étroit, compliqué d'un détachement fovéolaire (en haut). Fovéoschisis myopique sans décollement fovéolaire au sein d'un staphylome maculaire large (en has)

tions de l'attache vitréenne, au niveau maculaire ou ailleurs (*fig. 5*).

La choroïde du myope fort

L'imagerie grand champ en OCT, OCT-A ou angiographie a permis d'étudier la configuration des vaisseaux choroïdiens dans la myopie forte. Ceux-ci sont souvent plus visibles sur la rétinographie ultra-grand champ, mais l'interprétation dépend de la pigmentation de l'épithélium pigmentaire. Les vaisseaux choroïdiens sont mieux vus en angiographie au vert d'indocyanine, même si celle-ci reste un examen invasif.

Dans une série de 175 patients myopes forts, l'équipe japonaise du Pr Ohno-Matsui a observé que la morphologie des veines choroïdiennes était fréquemment



Fig. 5: Patient de 25 ans présentant un fovéoschisis myopique avec détachement fovéolaire. On observe à l'OCT grand champ (**A**) une adhérence du vitré pathologique en nasal, générant un schisis intrarétinien périphérique, et une adhérence au niveau d'un vaisseau rétinien en temporal (**flèches**). Sur les coupes OCT B-scan haute définition (**B**), on observe une amélioration du fovéoschisis myopique en l'espace de plusieurs mois, avec une modification de l'aspect qui semble se dédoubler en se décollant (**tête de flèche**).

altérée (59 %). Les caractéristiques suivantes étaient observées : une asymétrie des veines vortiqueuses, notamment en cas de staphylome (43 %), la présence de veines choroïdiennes isolées traversant la macula (56 %) et des veines anastomotiques (24 %). Les auteurs ont également observé dans le suivi longitudinal que les vaisseaux choroïdiens s'amincissaient avec le temps en privilégiant celui de plus grande taille [10]. Ces observations complètent l'observation que des larges vaisseaux pourraient participer à la pathogenèse des NVC myopiques.

De la même manière, le rôle des larges vaisseaux choroïdiens dans les décollements séreux rétiniens associés aux



Fig. 6: Cas d'une macula bombée verticale. L'image en face obtenue par l'OCT-A en 6×6 mm (B) surperposée sur la rétinographie ultra-grand champ en infrarouge (A) montre une prédominance d'un drainage veineux vers la vortiqueuse supéro-temporale (étoile). L'OCT B-scan horizontal (C) montre la courbure convexe de la macula bombée verticale. L'image en face 6×6 mm (D) obtenue par segmentation manuelle (OCT B-scan, E) montre de larges veines choroïdiennes traversant la macula.

maculas bombées a été évoqué. Dans une étude utilisant les images en face fournies par l'OCT-angiographie, l'analyse de la morphologie des veines choroïdiennes a retrouvé que la présence de vaisseaux choroïdiens traversant la macula ne s'associait pas nécessairement à la présence de fluide sous-rétinien mais s'associait à l'axe de la macula bombée (**fig. 6**).

L'imagerie de la choroïde reste difficile chez le myope fort car la diminution de l'épaisseur choroïdienne fausse les segmentations automatiques et rend difficile les cartographies d'épaisseurs. La poursuite d'investigations en imagerie de la choroïde sur des séries de myopes forts avec suivi longitudinal permettra certainement d'élaborer de nouvelles hypothèses physiopathologiques.

Imagerie peropératoire

L'utilisation de l'OCT intraopératoire (iOCT) a enthousiasmé la communauté des chirurgiens vitréorétiniens qui avaient cette technologie à disposition. En pratique courante, son intérêt est limité pour la chirurgie maculaire standard. En revanche, chez le myope fort, la visibilité peropératoire est réduite par l'atrophie et il est parfois difficile de localiser un trou maculaire. L'iOCT permet justement, dans les cas de mauvaise visibilité, d'obtenir une image OCT très nette permettant de visualiser les trous maculaires, les bords d'un flap de limitante interne ou d'un fovea sparing, ou encore la position d'une membrane amniotique. En combinaison avec les systèmes de visualisation non-contact, une image iOCT est également obtenue sous air afin de vérifier un échange. Dans la chirurgie des fovéoschisis myopiques, l'iOCT permet de vérifier l'absence de trou maculaire après pelage de la limitante interne [11].

En parallèle, les systèmes de visualisation 3D permettent d'augmenter la profondeur de champ et l'utilisation

Revues générales

de filtres, notamment noir et blanc, qui aident à la visualisation de la limitante interne lors de la chirurgie du myope fort.

Conclusion

Les avancées en imagerie sont d'autant plus importantes chez le myope fort que la pathologie est complexe. Il existe un réel challenge dans l'obtention d'images de qualité. L'OCT-angiographie a modifié la prise en charge des NVC myopiques, l'OCT grand champ la visualisation du vitré et des staphylomes, et l'ultra-grand champ la compréhension de la morphologie choroïdienne. Enfin, l'iOCT facilite la réalisation des chirurgies maculaires du myope fort.

BIBLIOGRAPHIE

- 1. BRUYÈRE E, MIERE A, COHEN SY *et al.* Neovascularization secondary to high myopia imaged by optical coherence tomography angiography. *Retina*, 2017;37:2095-2101.
- 2. LEVEZIEL N, CAILLAUX V, BASTUJI-GARIN S et al. Angiographic and optical coherence tomography characteristics of recent myopic choroidal neovascularization. Am J Ophthalmol, 2013;155:913-919.
- 3. BAGCHI A, SCHWARTZ R, HYKIN P *et al.* Diagnostic algorithm utilising multimodal imaging including optical coherence tomography angiography for the detection of myopic choroidal neovascularisation. *Eye (Lond)*, 2019;33: 1111-1118.

POINTS FORTS

- L'OCT-A est désormais l'examen de première intention dans le diagnostic des néovaisseaux choroïdiens myopiques.
- L'OCT ultra-grand champ offre une meilleure visualisation du staphylome myopique et des attaches vitréennes, particulièrement utilisée dans le fovéoschisis myopique.
- L'exploration des vaisseaux choroïdiens par l'OCT-A et l'angiographie grand champ permet de visualiser cette structure souvent très fine en OCT.
- L'OCT intraopératoire est particulièrement utile chez le myope fort, en augmentant la précision et la sécurité des techniques opératoires.
- 4. XIE S, DU R, FANG Y, ONISHI Y et al. Dilated choroidal veins and their role in recurrences of myopic macular neovascularisations. Br J Ophthalmol, 2022;106:1429-1435.
- 5. AMOROSO F, MIERE A, EL MATRI K *et al.* Focal choroidal thickness hemodynamics as a sign of macular neovascularization activity in pathologic myopia. *Retina*, 2022;42:2321-2325.
- HADY SK, XIE S, FREUND KB et al. Prevalence and characteristics of multifocal choroiditis/punctate inner choroidopathy in pathologic myopia eyes with patchy atrophy. *Retina*, 2022;42:669-678.
- 7. NAKAO N, IGARASHI-YOKOI T, TAKAHASHI H et al. Quantitative Evaluations of Posterior Staphylomas in Highly Myopic Eyes by Ultra-Widefield Optical Coherence Tomography. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2022;63:20.

- 8. LIU L, FANG Y, IGARASHI-YOKOI T *et al.* Clinical and morphologic features of posterior staphyloma edges by ultra-widefield imaging in pathologic myopia. *Retina*, 2021;41:2278-2287.
- 9. TAKAHASHI H, TANAKA N, SHINOHARA K et al. Importance of Paravascular Vitreal Adhesions for Development of Myopic Macular Retinoschisis Detected by Ultra-Widefield OCT. Ophthalmology, 2021;128:256-265.
- 10. Lu H, Du R, XIE S *et al*. Anomalies of choroidal venous structure in highly myopic eyes. *Retina*, 2022;42:1655-1664.
- 11. BRUYÈRE E, PHILIPPAKIS E, DUPAS B *et al.* Benefit of intraoperative optical coherence tomography for vitreomacular surgery in highly myopic eyes. *Retina*, 2018;38:2035-2044.

L'auteure a déclaré ne pas avoir de liens d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.