

MISES AU POINT INTERACTIVES

DMLA : nouvelles avancées

L'OCT-angiographie va-t-elle révolutionner la pratique de l'imagerie de la DMLA ?



→ **M. SROUR, O. SEMOUN,
A. MIERE, E. SOUIED**
Centre hospitalier intercommunal
de Créteil, CRÉTEIL.

L' imagerie de la vascularisation rétinienne et choroïdienne a longtemps reposé sur l'analyse de l'angiographie en fluorescence (AF) et en infrarouge (ICG).

L'avènement du *Spectral Domain OCT* (SD-OCT) a permis une visualisation fine des détails micro-architecturaux choroïdiniens, méritant amplement son appellation de "coupe" *in vivo* de la rétine, ou B-scan. Plus récemment, le développement de l'OCT en face, ou C-scan, a offert une visualisation des tissus choroïdiniens dans un plan frontal. L'OCT-angiographie (OCT-A) combine l'imagerie de l'OCT en face à la détection des mouvements au sein des structures vasculaires choroïdiniennes, à partir de coupes OCT B-scan répétées rapidement et grâce

à une "décorrélation" de l'amplitude du signal obtenu [1]. Il devient ainsi possible de visualiser sans injection de produit de contraste les différentes structures vasculaires choroïdiniennes, normales ou pathologiques, en trois dimensions.

À partir de l'ensemble des coupes OCT B-scan acquises, les différents logiciels permettent une reconstruction 3D dans l'axe frontal, avec détection des flux à différentes profondeurs. Par défaut, ces logiciels offrent une segmentation automatique au niveau du réseau capillaire rétinien superficiel, du réseau capillaire rétinien profond, de la rétine externe et de la choriocapillaire. Cette segmentation, ainsi que son épaisseur, peuvent être modifiées manuellement afin d'analyser la couche souhaitée. Enfin, l'examen peut être fait au cabinet sans infirmier, sans service de réanimation à proximité lié au risque de choc anaphylactique. Comment l'OCT-A va-t-elle révolutionner la pratique de l'imagerie de la DMLA exsudative ?

L'OCT-A dans la DMLA exsudative

>>> Les néovaisseaux (NV) de type 2, ou "visibles", sont des NVC qui franchissent la membrane de Bruch, puis l'épithélium pigmentaire, pour se développer dans l'espace préépithélial rétinien.

Aujourd'hui, l'OCT-A permet d'individualiser deux morphotypes caractéris-

tiques des NV de type 2 : en forme de "méduse" ou en forme de "glomérule" [2] (**fig. 1**). Ces images sont retrouvées au sein de la segmentation, passant par la rétine externe ainsi que dans la couche choriocapillaire. Ces lésions sont entourées d'un halo sombre péri-lésionnel, et parfois un tronc nourricier se poursuit dans la choroïde.

>>> Les néovaisseaux de type 1, ou "occultes", sont des néovaisseaux choroïdiens "sous-épithéliaux" qui se développent entre la membrane de Bruch et l'épithélium pigmentaire (EP). Ils représentent le phénotype le plus fréquent de la DMLA exsudative.

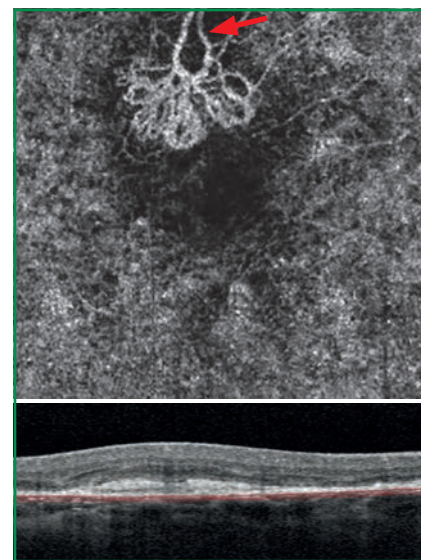


FIG. 1 : Néovaisseau de type 2 en OCT-A avec coupe OCT B-scan correspondante : aspect de glomérule. La segmentation passant par la choriocapillaire montre une lésion hyperréfléctive à flux élevé en forme de "glomérule", bien limitée, avec visualisation du *feeder vessel* (flèche rouge).

En OCT-A, les néovaisseaux de type 1 vont apparaître comme une lésion hyperdense, à flux élevé, au niveau de la segmentation passant par la choriocapillaire. Parfois, il est possible d'identifier le *feeder vessel*, c'est-à-dire le tronc nourricier qui alimente la membrane néovasculaire (**fig. 2**). Nous retrouvons deux aspects de ces NVC en OCT-A :

- l'aspect de méduse dans lequel les petits vaisseaux s'étendent dans toutes les directions, à partir du centre de la lésion ;
- le *sea fan* (aspect de corail) dans lequel les vaisseaux vont dans une direction unique.

Actuellement, une étude dans le service montre une bonne corrélation de la taille des NVC de type 1 en OCT-A comparativement à l'ICG.

>>> La néovascularisation de type 3 est une forme particulière de DMLA néovasculaire. Cette forme de DMLA exsudative est souvent localisée aux bords de la zone avasculaire centrale. Les termes d'anastomose choro-rétinienne (ACR) et de prolifération angiomateuse rétinienne (PAR ou, plus communément, RAP en anglais) ont été utilisés auparavant pour décrire cette prolifération vasculaire intra- et/ou

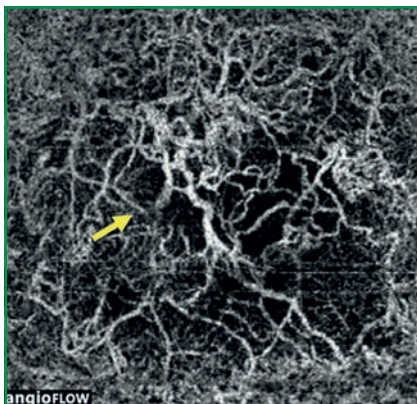


FIG. 2 : Néovaisseau de type 1 en OCT-A : aspect de méduse. La segmentation passant par la choriocapillaire montre le complexe néovasculaire qui se présente comme une lésion hyperdense, à flux élevé, en forme de méduse. Le *feeder vessel* est bien visualisé (flèche jaune).

sous-rétinienne. Le terme de néovascularisation de type 3, proposé par Freund, unifie ainsi les divergences sur l'origine de ce complexe vasculaire.

L'OCT-A permet une analyse de la néovascularisation de type 3 [3], en permettant de visualiser à la fois le trajet et l'origine de cette néovascularisation.

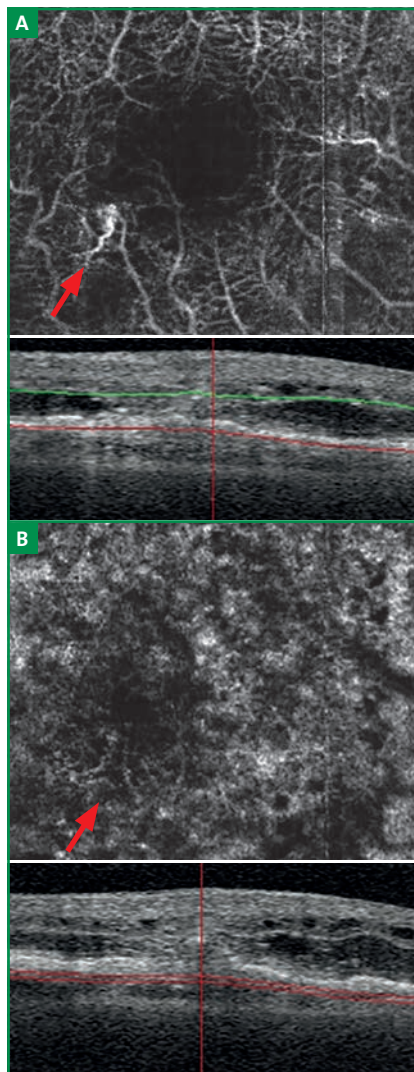


FIG. 3 : Aspect en OCT-A d'une néovascularisation de type 3 avec coupe OCT B-scan correspondante. A : segmentation passant par la rétine externe. Au niveau de la segmentation de la rétine externe, il existe une petite lésion à flux élevé (flèche rouge) en forme de touffe (*tuft*). B : segmentation passant par la choriocapillaire. On visualise une lésion grisâtre sous forme d'une lésion glomérulaire (flèche rouge).

En OCT-A, on visualise un complexe intrarétinien vasculaire à type de mèche (*tuft*) (**fig. 3**) dans la segmentation, passant par la rétine externe. Nous retrouvons aussi la présence d'une lésion glomérulaire dans la segmentation correspondant à la choriocapillaire.

>>> La vasculopathie polypoïdale est caractérisée par des dilatations polypoïdales et la présence d'un réseau choroïdien anormal, bien observé en angiographie en infrarouge (ICG). En OCT, les polypes apparaissent comme des élévations en dôme de l'épithélium pigmentaire (EP) modérément hyperréfléctives. Le réseau choroïdien anormal réalise un soulèvement plan et irrégulier de l'EP (*double-layer sign*).

L'angio-OCT (OCT-A) visualise, au niveau de la segmentation choriocapillaire, le réseau choroïdien anormal comme une lésion hyperdense avec flux (**fig. 4**). Les lésions polypoïdales apparaissent dans la plupart des cas comme des structures rondes hypodenses sans flux, ou comme des structures rondes hyperdenses avec flux entourées d'un halo hypodense [4].

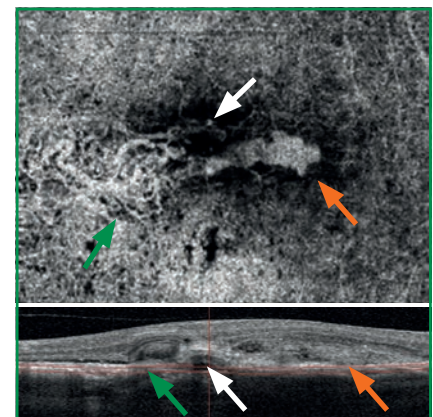


FIG. 4 : Vasculopathie polypoïdale associée à des néovaisseaux choroïdiens de type 2 chez un patient naïf de traitement avec coupe OCT B-scan correspondante. En OCT-A, au niveau de la choriocapillaire, le réseau choroïdien anormal apparaît comme une lésion hyperdense avec flux (flèches vertes), la lésion polypoïdale comme une structure ronde hypodense (flèches blanches) et le néovaisseau comme une structure hyperdense avec flux (flèches oranges).

MISES AU POINT INTERACTIVES

DMLA : nouvelles avancées

Cette absence de signal hyperdense au sein du polype ne signifie pas qu'il n'y a pas d'écoulement de sang, mais plutôt que les caractéristiques du flux sanguin ne répondent pas aux critères de détection de l'OCT-A. Soit le flux est trop élevé ou trop faible, soit une autre explication possible pourrait être le caractère turbulent du flux sanguin à l'intérieur des lésions polypoïdales. L'absence de signal détecté en OCT-A pourrait aussi être expliquée par le flux sanguin circulant seulement à la périphérie du polype, ou que les traitements par photothérapie dynamique ou anti-VEGF entraîneraient une hyalinisation du polype avec obstruction de la lumière et l'absence de flux au sein de ce dernier. En parallèle, le réseau choroïdien anormal, qui est caractérisé par un flux sanguin linéaire, est clairement détecté par l'OCT-A.

>>> L'évolution des lésions néovasculaires choroïdiennes vers la fibrose marque un tournant sur le pronostic visuel. En contraste avec l'aspect des lésions fibrosées visualisées en SD-OCT, on retrouve en OCT-A une persistance de flux vasculaire (*fig. 5*) à l'intérieur de la lésion fibrosée, dans la grande majorité des DMLA fibreuses. Nous avons décrit trois types d'aspect [5]: "arbre mort", "lacs enchevêtrés", ou "boucle vasculaire". Parfois s'y associe un halo sombre. Il est intéressant de noter que, jusqu'à présent, aucune classification intéressante de la fibrose n'avait été publiée. La compré-



FIG. 5 : Lésion fibreuse en OCT-A. En OCT-A, au niveau de la rétine profonde, persistance d'un flux vasculaire avec aspect en "arbre mort".

hension de la fibrose à travers l'OCT-A est un élément important concernant les futures thérapeutiques de la DMLA comme le Fovista.

[Suivi des NVC en OCT-A

L'OCT-A peut également être utile pour le suivi des NVC de manière générale. Après traitement par injection intravitréenne (IVT) d'anti-VEGF, la lésion néovasculaire peut devenir de moins en moins visible dans la segmentation correspondante, en diminuant de taille et de densité avec un aspect plus rétracté de la membrane néovasculaire, une raréfaction de l'arcade anastomotique périphérique et un aspect moins fleuri. Il semble aussi s'imposer que les NVC ne disparaissent jamais malgré les traite-

ment anti-VEGF et l'absence d'activité en SD-OCT (*fig. 6*).

L'analyse quantitative des NVC en OCT-A permet d'évaluer la réponse des anti-VEGF sur la surface des NVC. Le suivi quantitatif des NVC permettrait dans le futur de guider la décision de retraitement à la fois sur l'augmentation de la surface des NVC en OCT-A et sur les signes exsudatifs en SD-OCT, et pourra ainsi devenir une référence en routine clinique pour le suivi des NVC.

[Limites de l'OCT-A

Il existe cependant des limites à cette nouvelle technologie qu'est l'OCT-A. Pour le moment, on utilise une petite fenêtre d'acquisition de 3x3 mm pour

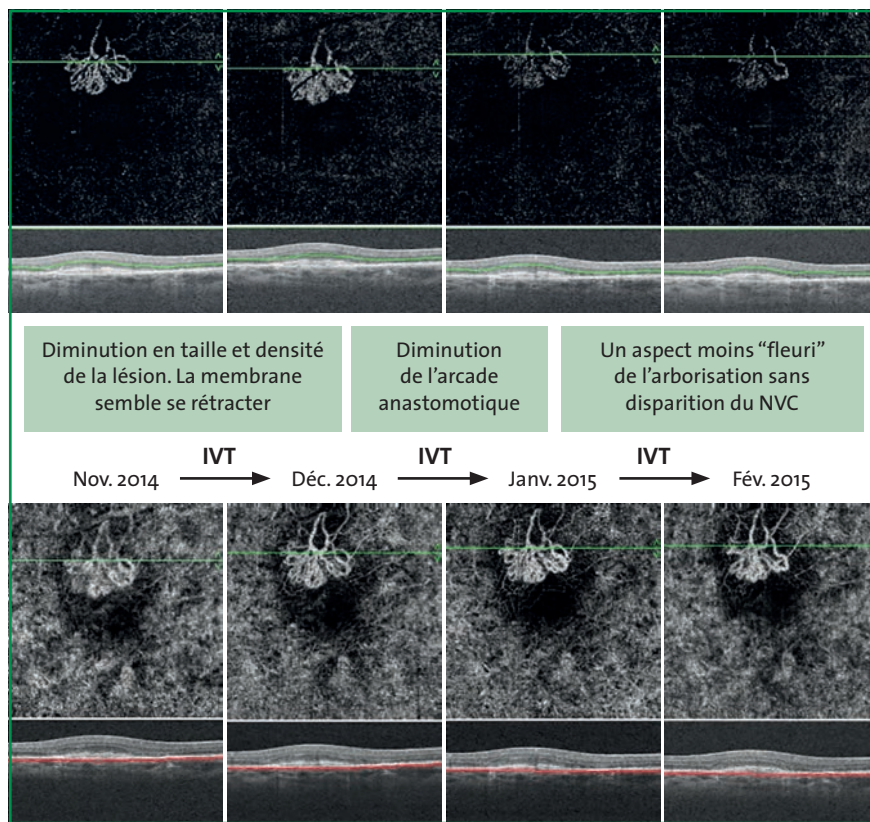


FIG. 6 : Évolution des néovaisseaux de type 2 en OCT-A dans la course du traitement. Diminution en taille et en densité de la lésion, la membrane semble se rétracter. Raréfaction de l'arcade anastomotique périphérique, un aspect moins "fleuri" de l'arborisation sans disparition du NVC.

avoir une bonne définition. La qualité des images dépend du patient: il doit avoir une excellente fixation, une bonne dilatation, sans cataracte importante. Le signal de décorrélation n'est pas proportionnel à la vitesse d'écoulement, et sera identique au-dessus d'une certaine valeur (ce phénomène est connu comme "limite de saturation"). Ainsi, il est possible de ne pas visualiser un flux en OCT-A sur une structure pour laquelle le flux sanguin n'atteint pas le niveau de détection de l'appareil. Enfin, l'OCT-A ne permet pas de révéler la rupture de la barrière hématorétinienne, qui est un signe important d'activité néovasculaire.

Par ailleurs, la possibilité d'artefact ne peut être totalement exclue dans cette nouvelle imagerie. L'artefact de projection en OCT-A a été décrit par Spaide [6], qui a élucidé ce phénomène. En effet, l'EP et les structures antérieures à l'EP sont très réfléchifs avec l'algorithme de

décorrélation. Par conséquent, les flux analysés de manière plus antérieure vont pouvoir se projeter dans les segmentations plus postérieures comme la choriocapillaire, et gêner l'interprétation des flux réellement présents dans cette zone.

Conclusion

Dans la DMLA exsudative, l'OCT-A est une imagerie non invasive, sans risque allergique avec une acquisition rapide, permettant la visualisation des NVC sans colorant. L'OCT-A est une évolution normale de l'AF. Le suivi quantitatif des NVC reste possible, mais avec une nouvelle sémiologie à "apprivoiser". L'interprétation des images reste encore limitée par les artefacts, mais les améliorations rapides de la technologie OCT-A en font un élément incontournable de la prise en charge future de la DMLA exsudative.

Bibliographie

1. JIA Y *et al.* Split-spectrum amplitude-decorrelation angiography with optical coherence tomography. *Opt Express*, 2012;20:4710-4725.
2. EL AMEEN A *et al.* Type 2 neovascularization secondary to age-related macular degeneration imaged by optical coherence tomography angiography. *Retina* (Philadelphia, Pa), 2015;35:2212-2218.
3. MIERE A *et al.* Optical coherence tomography angiography in early type 3 neovascularization. *Retina* (Philadelphia, Pa), 2015;35:2236-2241.
4. SROUR M *et al.* Optical coherence tomography angiography characteristics of polypoidal choroidal vasculopathy. *Br J Ophthalmol*, 2016 Feb 2. doi: 10.1136/bjophthalmol-2015-307892. [Epub ahead of print]
5. MIERE A *et al.* Optical coherence tomography angiography features of subretinal fibrosis in age-related macular degeneration. *Retina* (Philadelphia, Pa), 2015;35:2275-2284.
6. SPAIDE RF *et al.* Image artifacts in optical coherence tomography angiography. *Retina* (Philadelphia, Pa), 2015;35:2163-2180.

Les auteurs ont déclaré ne pas avoir de conflits d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.