

Revue générale

Intérêt de l'imagerie par réflectance en proche infrarouge dans les maladies de la rétine

RÉSUMÉ: L'imagerie par réflectance en proche infrarouge (NIR) permet une image du fond d'œil de bonne qualité. Elle reste néanmoins peu utilisée dans la pratique courante malgré le fait qu'elle puisse souvent être couplée à la tomographie par cohérence optique (OCT).

Elle participe au diagnostic de maladies rétinienne et choroïdiennes présentant des signes cliniques et paracliniques subtils comme la neurorétinopathie maculaire aiguë, la rétinopathie externe occulte zonale aiguë, la maculopathie moyenne aiguë paracentrale et la dystrophie maculaire occulte.

Elle a été récemment ajoutée dans la liste des critères diagnostiques de la neurofibromatose de type 1 et permet un dépistage précoce de la maculopathie liée au polysulfate de pentosan sodique. Elle permet aussi de distinguer la dystrophie cristalline de Bietti des autres maladies causant une atrophie rétinienne accompagnée de dépôts cristallins.



G. SUKKARIEH
Fondation Rothschild, PARIS.

L'imagerie par réflectance en proche infrarouge (NIR) utilise des rayons de longueur d'onde élevée, de l'ordre de 804-805 nm, pour donner une image du fond d'œil. Cela fait que les rayons pénètrent profondément dans les structures oculaires et permettent une bonne visualisation de la rétine externe, de l'épithélium pigmentaire (EP) et de la choroïde.

La qualité des images NIR est généralement très bonne en raison, d'une part, des rayons NIR qui sont peu atténués par les opacités intraoculaires (cataracte, hémorragie rétinienne ou exsudation) et, d'autre part, des images obtenues en utilisant un système de laser à balayage confocal. L'acquisition des images par NIR est rapide parce qu'elle se fait en même temps que l'acquisition des images de tomographie par cohérence optique (OCT). De plus, elle est simple puisque la lumière infrarouge est invisible et donc n'éblouit pas le patient.

L'imagerie par NIR reste peu utilisée dans la pratique clinique malgré tous ces avantages cités et malgré le fait qu'elle peut souvent être couplée à l'OCT. Dans ce qui suit seront présentées quelques entités cliniques dans lesquelles la maîtrise de l'analyse de l'imagerie par NIR facilite énormément l'accès au diagnostic [1].

Neurorétinopathie maculaire aiguë

La neuropathie maculaire aiguë (AMN) est une maladie rétinienne qui reste difficile à diagnostiquer [2]. Cela est dû à la subtilité des signes cliniques et paracliniques qu'elle engendre. Elle atteint préférentiellement les jeunes adultes de sexe féminin, avec comme signes cliniques une installation rapide de photopsies et d'un ou plusieurs scotomes paracentraux. La vision centrale est généralement préservée ou légèrement

Revue générale

diminuée. Plusieurs facteurs peuvent être retrouvés à l'interrogatoire comme un syndrome grippal récent, l'utilisation de contraceptifs oraux, la prise d'adrénaline ou d'épinéphrine et la consommation de caféine.

La lésion rétinienne caractéristique au fond d'œil (FO) est rouge-brun, triangulaire, à sommet dirigé vers le centre fovéolaire. Elle est présente dans 1/4 des cas seulement et est fréquemment très subtile. L'angiographie à la fluorescéine, l'angiographie au vert d'indocyanine et les images par autofluorescence en lumière bleue (BAF) ne montrent pas de signes pouvant confirmer le diagnostic. L'OCT détecte une hyperréflexivité transitoire de la couche nucléaire externe (ONL) et de la couche plexiforme externe (OPL) qui laisse place à un amincissement du segment externe des photorécepteurs, de la zone d'interdigitation (IZ) et de la zone ellipsoïde (EZ).

Les signes cliniques de cette maladie, associés à un FO avec des modifications souvent très discrètes, font que cette maladie est fréquemment prise pour des tractions vitrorétiniennes périphériques ou une neuropathie optique. L'imagerie en NIR aide énormément au diagnostic puisqu'elle détecte précocement dans le cours de la maladie la lésion rétinienne périfovéolaire, avec une meil-

leure pertinence que l'examen du fond d'œil ou les autres types d'imagerie. Cette lésion est visible en périfovéolaire sous la forme d'une tache hyporéflexive à limite bien définie; elle correspond aux anomalies du champ visuel et à l'interruption des zones ellipsoïde et d'interdigitation sur l'OCT (**fig. 1**).

Face à la présence d'une telle lésion, l'ophtalmologiste est orienté à demander/réanalyser l'OCT maculaire en se focalisant sur la région correspondant à la lésion hyporéflexive. Ainsi, l'imagerie en NIR aide considérablement au diagnostic d'AMN. La lésion vue sur l'imagerie en NIR finira par disparaître en quelques semaines parallèlement à la reconstitution des anomalies des couches externes sur l'OCT.

Rétinopathie externe occulte zonale aiguë

La rétinopathie externe occulte zonale aiguë (AZOOR) est une maladie rétinienne caractérisée par une atteinte sectorielle de la rétine qui entraîne la perte d'une partie du champ visuel [3]. Elle touche préférentiellement les jeunes adultes caucasiens, de sexe féminin et myopes. Le deuxième œil est fréquemment atteint au cours de l'évolution de la maladie.

Le diagnostic de cette maladie est facile à poser au stade tardif grâce aux changements détectés au fond d'œil (changement "retinitis pigmentosa-like"), à l'imagerie par BAF (zone centrale d'hypo-autofluorescence [atrophie] entourée par une hyper-autofluorescence aux bords) et à l'OCT (atteinte des couches externes de la rétine).

L'électrorétinographie est anormale durant tous les stades de l'AZOOR. L'ERG globale présente un temps de latence prolongé sur le tracé de flicker 30 Hz et l'ERG multifocale est atténuée au niveau de la région de la rétine responsable du scotome. Le diagnostic au stade précoce est plus difficile. En fait, les patients présentant un syndrome d'AZOOR décrivent un scotome unilatéral et des photopsies avec une acuité visuelle préservée. Le fond d'œil au stade initial apparaît souvent normal. Les seuls changements identifiables précocement sont : la perte de champ visuel (élargissement de la tache aveugle associée ou non à d'autres défauts) et des atteintes non spécifiques des couches externes de la rétine sur l'OCT (irrégularité de la zone ellipsoïde).

Face à cette présentation, il est parfois difficile de penser à demander une ERG. L'imagerie par NIR détecte des zones

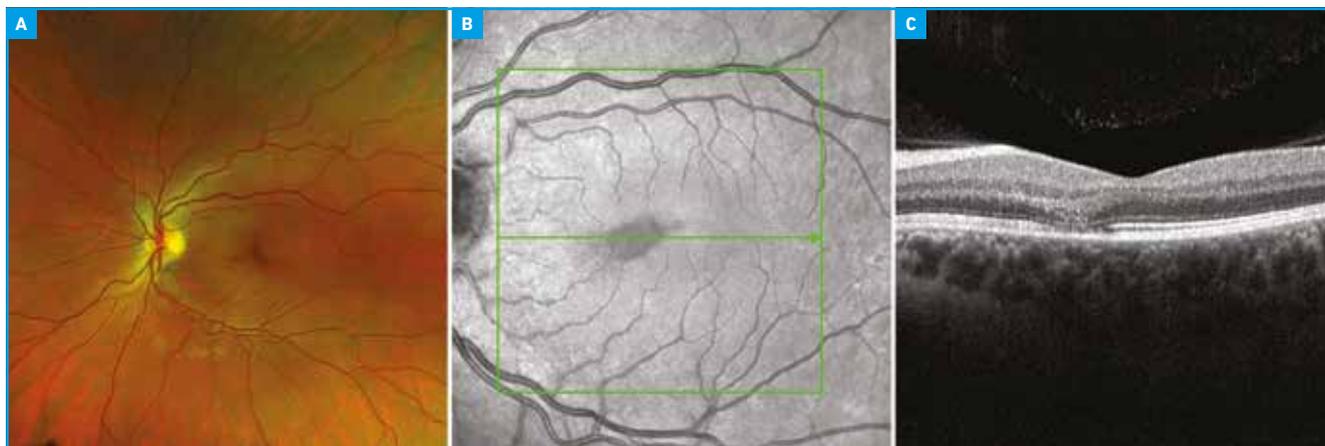


Fig. 1 : Neurorétinopathie maculaire aiguë (AMN). **A :** Rétinographie montrant une tache rouge, triangulaire, périfovéolaire ; **B :** À l'imagerie par réflectance en proche infrarouge, la tache apparaît hyporéflexive ; **C :** La coupe de tomographie par cohérence optique passant par la lésion montre une hyperréflexivité des couches nucléaire externe et plexiforme externe avec une interruption des zones ellipsoïde et d'interdigitation.

hyporéfléctives chez plus de la moitié des patients ayant une AZOOR avec fond d'œil normal. Cette zone correspond à la région de la rétine altérée sur l'OCT. Ainsi, l'imagerie par NIR peut orienter l'ophtalmologiste à réanalyser l'OCT et à demander une ERG, ce qui confirmera le diagnostic.

Maculopathie moyenne aiguë paracentrale

La maculopathie moyenne aiguë paracentrale (PAMM) est associée aux maladies vasculaires rétiniennes telles que l'occlusion de la veine centrale de la rétine et la rétinopathie diabétique [4]. Sa symptomatologie est similaire à celle de l'AMN avec l'apparition rapide d'un scotome paracentral accompagné d'une diminution variable de l'acuité visuelle. L'examen du fond d'œil est plus fréquemment anormal que dans l'AMN, révélant une lésion triangulaire maculaire gris-blanc.

L'OCT montre une hyperréfléctivité des couches nucléaire et plexiforme interne évoluant vers un amincissement de ces couches par la suite. L'imagerie par BAF montre la lésion du fond d'œil sous la forme d'une tache hypo-autofluorescente. L'imagerie en NIR est plus sensible que le fond d'œil

pour détecter la lésion de PAMM qui apparaît comme une tache hyporéfléctive (**fig. 2**). Ainsi, en détectant la zone hyporéfléctive sur l'imagerie en NIR, l'attention de l'ophtalmologiste sera attirée vers la zone rétinienne pathologique qui sera alors investiguée plus minutieusement, en particulier par l'OCT qui permettra de confirmer le diagnostic.

POINTS FORTS

- L'imagerie par réflectance du proche infrarouge (NIR) est très facilement accessible en même temps que les coupes de tomographie par cohérence optique (OCT).
- Chez les pseudo-phaques, l'implant intraoculaire peut être responsable de l'apparition d'une tache hyperréfléctive sur l'imagerie par NIR.
- Les lésions de la neurorétinopathie maculaire aiguë, de la rétinopathie externe occulte zonale aiguë, de la maculopathie moyenne aiguë paracentrale et de la dystrophie maculaire occulte apparaissent hyporéfléctives sur l'imagerie par NIR.
- L'imagerie par NIR rentre dans les critères diagnostiques de neurofibromatose de type 1 et est utilisée dans le dépistage de toxicité rétinienne du polysulfate de pentosan sodique.
- Les cristaux rétiniens de la dystrophie cristalline de Bietti apparaissent sur l'imagerie par NIR plus facilement que sur le fond d'œil comme des points hyperréfléctifs.

Dystrophie maculaire occulte (OMD)

L'OMD est une dystrophie maculaire héréditaire rare, autosomale dominante, touchant les adultes jeunes [5]. Elle est secondaire à une mutation du gène *retinitis pigmentosa 1-like 1 (RP1L1)*. Elle se manifeste par une perte progressive de l'acuité visuelle. Le fond d'œil, les

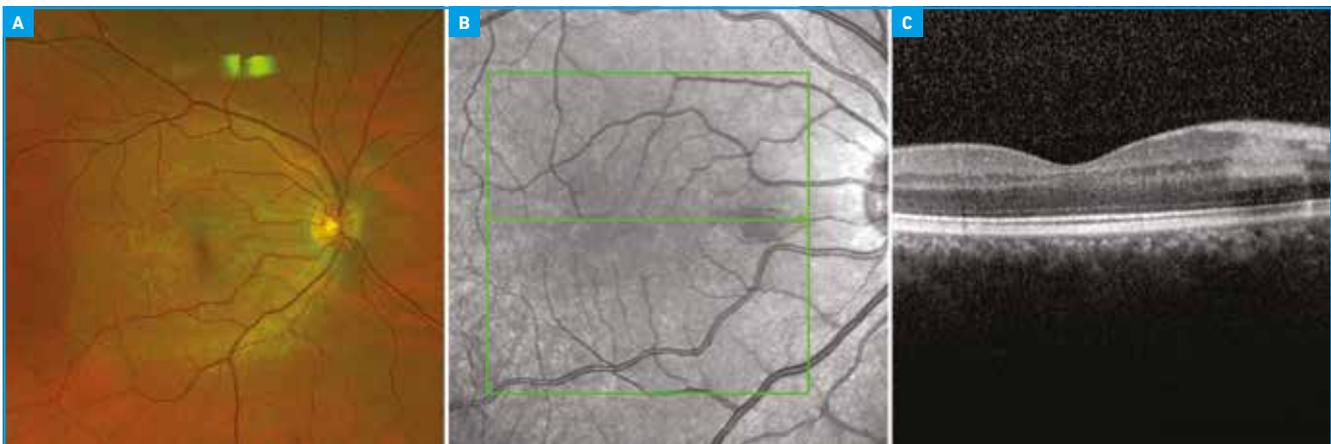


Fig. 2 : Maculopathie moyenne aiguë paracentrale (PAMM). **A :** Rétinographie montrant un fond d'œil dans les limites de la normale; **B :** À l'imagerie par réflectance du proche infrarouge, une tache hyporéfléctive apparaît au centre de la région interpapillomaculaire; **C :** La coupe de tomographie par cohérence optique passant par la lésion montre une hyperréfléctivité des couches nucléaire interne et plexiforme interne.

Revue générale

rétinographies, l'imagerie par BAF, l'angiographie à la fluorescéine et l'ERG globale ne montrent pas d'anomalies. L'OCT maculaire détecte des changements subtils à type d'altération de la zone ellipsoïde et de la zone d'interdigitation. L'ERG multifocale est aussi atténuée.

L'aspect normal du fond d'œil et les changements minimes à l'OCT font que cette maladie est souvent prise pour une amblyopie ou pour une neuropathie optique. L'imagerie par NIR oriente l'ophtalmologiste à penser à l'OMD. En fait, l'imagerie en NIR montre une zone hyporéfléctive circulaire centrée par la fovéa correspondant aux altérations observées sur l'OCT (*fig. 3*). De plus,

il existe une corrélation entre le degré d'hyporéfléctivité sur les images en NIR et l'importance des changements observés sur l'OCT maculaire et sur l'ERG multifocale. Ainsi, face à un patient présentant une baisse de l'acuité visuelle non expliquée par le bilan ophtalmologique initial, l'image en NIR peut orienter l'ophtalmologiste à penser à l'OMD.

Dystrophie cristalline de Bietti

La dystrophie cristalline de Bietti (BCD) est une maladie chorioretinienne dégénérative autosomale récessive secondaire à une mutation du gène *CYP4V2* [6].

Elle se présente par une baisse de l'acuité visuelle et une héméralopie, et évolue vers une perte progressive du champ visuel. Au fond d'œil, on retrouve des cristaux jaunâtres lipidiques au niveau maculaire et des zones d'atrophie de l'EP et de la choriocapillaire débutant au niveau de la région maculaire. Avec la progression de la maladie, les cristaux deviennent moins discernables et les zones d'atrophie s'étendent vers la périphérie.

Sur l'imagerie par NIR, les cristaux apparaissent sous la forme de points hyperréfléctifs et correspondent à des dépôts hyperréfléctifs du complexe EP-membrane de Bruch sur l'OCT maculaire (*fig. 4*). L'imagerie en NIR est

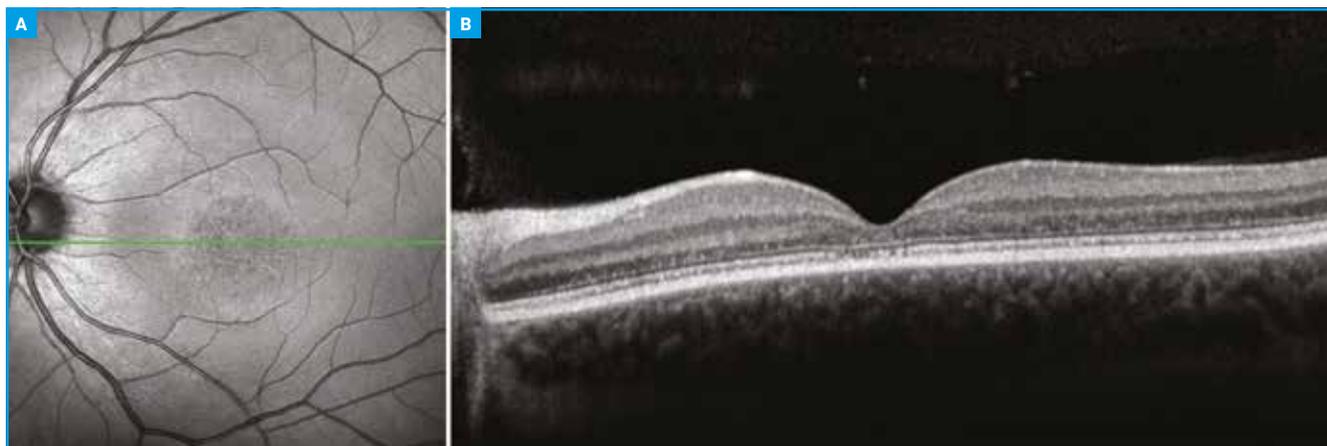


Fig. 3 : Dystrophie maculaire occulte (OMD). **A :** À l'imagerie par réflectance du proche infrarouge, une zone hyporéfléctive centrée par la fovéa est observée ; **B :** La coupe de tomographie par cohérence optique passant par la fovéa montre une interruption des zones ellipsoïde et d'interdigitation.

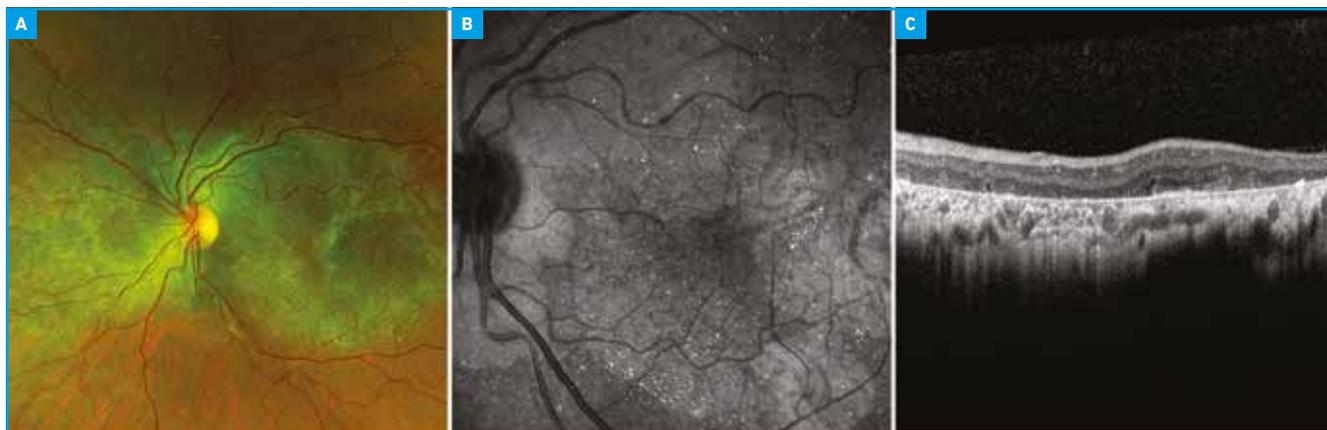


Fig. 4 : Dystrophie cristalline de Bietti (BCD). **A :** Rétinographie montrant une atrophie rétinienne externe en maculaire et en nasal du nerf optique avec la présence de nombreux cristaux jaunâtres ; **B :** À l'imagerie par réflectance du proche infrarouge, les zones d'atrophie apparaissent sous forme de plaques légèrement hyperréfléctives et les cristaux sous forme de points hyperréfléctifs ; **C :** La coupe de tomographie par cohérence optique montre une atrophie des couches externes de la rétine.

plus sensible que le fond d'œil et que les rétino-graphies dans la détection des cristaux, surtout en présence d'atrophie sévère. De plus, au stade d'atrophie avancée, il est difficile de distinguer la BCD des autres maladies associées à des atrophies et à des dépôts cristallins (la rétinite ponctuée albescente, la dystrophie aréolaire centrale, la cystinose et le syndrome de Sjögren-Larsson). L'imagerie par NIR montre les cristaux sous forme de points hyperréflectifs uniquement dans la BCD et permet ainsi d'orienter le diagnostic face à une atrophie maculaire avancée avec cristaux.

■ Neurofibromatose de type 1

La neurofibromatose de type 1 (NF1) est un syndrome autosomal dominant [7] causé par une mutation du gène *NF1* situé sur le chromosome 17. Les manifestations ophtalmologiques classiquement considérées comme critères diagnostiques de ce syndrome sont les gliomes des voies optiques et les nodules de Lisch. Récemment, le protocole national de diagnostic et de soins a rajouté les anomalies choroïdiennes aux critères diagnostiques. Elles correspondent à une agglomération de cellules de Schwann regroupées autour d'un neurone.

Ces anomalies choroïdiennes sont indétectables au fond d'œil, à l'imagerie par BAF et à l'angiographie à la fluorescéine. L'imagerie en NIR détecte ces anomalies chez 3/4 des patients présentant une NF1 sous la forme de taches hyperréflpectives majoritairement localisées au pôle postérieur. À l'OCT maculaire, ces anomalies correspondent à des foyers hyperréflectifs situés en dessous de l'épithélium pigmentaire.

■ Maculopathie liée au polysulfate de pentosan sodique

Le polysulfate de pentosan sodique (PPS) est un médicament utilisé par voie

orale pour traiter le syndrome de cystite interstitielle chronique. Il est associé à une maculopathie dose-dépendante caractérisée par l'apparition de dépôts jaunes pseudo-vitelliformes parafovéaux [8]. Des zones d'atrophie de l'EP sont aussi observées avec la progression de la maladie. Les dépôts apparaissent hyper-autofluorescents au sein d'une zone à autofluorescence variable sur l'imagerie par BAF et correspondent à un épaississement de l'EP sur l'OCT maculaire. Sur l'imagerie par NIR, les dépôts apparaissent comme des lésions hyperréflpectives.

L'imagerie par NIR détecte la maculopathie liée au PPS plus précocement que l'imagerie par BAF. Ainsi, le dépistage de la maculopathie liée au PPS comprend un OCT maculaire, une imagerie par NIR et une imagerie par BAF au début du traitement. Les patients recevront ensuite annuellement une OCT maculaire, une imagerie en NIR et une imagerie par BAF 5 ans après le début du traitement ou lorsque les doses cumulées dépassent les 500 g.

■ Autres pathologies

Sur l'imagerie en NIR, l'hamartome astrocytaire rétinien apparaît hyporéflectif avec une hyperréfléctivité centrale en lacis [9], la lésion de la maculopathie en torpille apparaît hyperréfléctive [10], les pseudodrusen réticulés apparaissent comme des taches hyporéflpectives [11] et les stries angioïdes prennent la forme de lignes hyporéflpectives [12]. L'imagerie en NIR peut être utilisée pour conforter le diagnostic en cas de doute dans les entités sus-citées.

■ Maculopathie fantôme

La maculopathie fantôme est le terme utilisé pour décrire un artefact visible sur l'imagerie par NIR [13]. C'est une tache maculaire hyperréfléctive de taille et de forme variables, nasale ou supéro-nasale

à la fovéa. Cet artefact a cependant une taille, une forme, une localisation et une réflectivité constantes au cours du suivi. Il est dû à la diffraction de la lumière par la lentille intraoculaire chez les patients pseudo-phakes. Il peut parfois être confondu avec une véritable maladie chorio-rétinienne.

Ainsi, l'interprétation de l'imagerie en NIR doit prendre en compte cet artefact et amener le clinicien à toujours corréler l'aspect de l'imagerie en NIR à l'examen clinique et aux résultats des autres imageries rétinienne.

■ Conclusion

L'imagerie en NIR est très facile à obtenir en concomitance avec l'OCT maculaire et apporte des informations complémentaires dans de nombreuses pathologies rétinienne. Son rôle est surtout mis en valeur devant des pathologies rétinienne caractérisées par une discordance anatomo-clinique entre un tableau clinique riche en symptômes et des signes cliniques et paracliniques subtils comme l'AMN, la PAMM, l'OMD et l'AZOOR.

Par conséquent, analyser les images en NIR pourra éviter au patient et au médecin un stress inutile lié à l'absence de diagnostic. Dans d'autres cas, comme pour la NF1 et la maculopathie au PPS, l'imagerie en NIR permet de dépister la maladie précocement. Elle a aussi pour rôle d'aider à orienter le diagnostic vers une BCD face à une atrophie rétinienne accompagnée de dépôts cristallins.

BIBLIOGRAPHIE

1. SUKKARIEH G, LEJOYEUX R, LEMER Y *et al.* The role of near-infrared reflectance imaging in retinal disease: A systematic review. *Surv Ophthalmol*, 2023;68: 313-331.

I Revues générales

2. BHAVSAR KV, LIN S, RAHIMY E, JOSEPH A *et al.* Acute macular neuroretinopathy: A comprehensive review of the literature. *Surv Ophthalmol*, 2016;61:538-565.
3. UENO S, KAWANO K, ITO Y *et al.* Near-infrared reflectance imaging in eyes with acute zonal occult outer retinopathy. *Retina*, 2015;35:1521-1530.
4. RAHIMY E, SARRAF D, DOLLIN ML *et al.* Paracentral acute middle maculopathy in nonischemic central retinal vein occlusion. *Am J Ophthalmol*, 2014;158:372-380.e1.
5. AHN SJ, AHN J, PARK KH *et al.* Multimodal imaging of occult macular dystrophy. *JAMA Ophthalmol*, 2013;131:880-890.
6. OISHI A, OISHI M, MIYATA M *et al.* Multimodal Imaging for Differential Diagnosis of Bietti Crystalline Dystrophy. *Ophthalmol Retina*, 2018;2: 1071-1077.
7. VIOLA F, VILLANI E, NATACCI F *et al.* Choroidal abnormalities detected by near-infrared reflectance imaging as a new diagnostic criterion for neurofibromatosis 1. *Ophthalmology*, 2012; 119:369-375.
8. LINDEKE-MYERS A, HANIF AM, JAIN N. Pentosan polysulfate maculopathy. *Surv Ophthalmol.*, 2022;67:83-96.
9. XU L, BURKE TR, GREENBERG JP *et al.* Infrared imaging and optical coherence tomography reveal early-stage astrocytic hamartomas not detectable by fundoscopy. *Am J Ophthalmol*, 2012;153:883-889.e2.
10. VENKATESH R, JAIN K, PEREIRA A *et al.* Torpedo Retinopathy. *J Ophthalmic Vis Res*, 2020;15:187-194.
11. WIGHTMAN AJ, GUYMER RH. Reticular pseudodrusen: current understanding. *Clin Exp Optom*, 2019;102:455-462.
12. DE ZAETIJD J, VANAKKER OM, COUCKE PJ *et al.* Added value of infrared, red-free and autofluorescence fundus imaging in pseudoxanthoma elasticum. *Br J Ophthalmol*, 2010;94:479-486.
13. PANG CE, FREUND KB. Ghost maculopathy: an artifact on near-infrared reflectance and multicolor imaging masquerading as chorioretinal pathology. *Am J Ophthalmol*, 2014;158:171-178.e2.

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